REPUBLICA DEL PERU

SECTOR ENERGIA Y MINAS

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

DIRECCION GENERAL DE GEOLOGIA

BOLETIN N° 10
SERIE C: GEODINAMICA E INGENIERIA GEOLOGICA

ESTUDIO GEODINAMICO DE LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE

DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

ING. LIONEL FIDEL SMOLL
ING. PEDRO OLIVARES BALLENA

LIMA - PERU

DIRECCION DE GEOTECNIA
MARZO 1994

Página en blanco

ING. DANIEL HOKAMA TOKASHIKI
Ministro de Energía y Minas

ING. JUAN MENDOZA MARSANO
Presidente del Consejo Directivo del INGEMMET

ING. HUGO RIVERA MANTILLA
Director Técnico (e) del INGEMMET

Página en blanco

CONTENIDO

RESUMEN

1.0 INTRODUCCION 01

1.1 UBICACION Y ACCESIBILIDAD 01
1.2 CLIMA Y VEGETACION 03
1.2.1 REGION COSTERA 03
1.2.2 REGION ARIDA COSTERA 03
1.2.3 REGION ANDINA 03
1.2.4 REGION ANDINA SUPERIOR 03

2.0 MARCO GEOLOGICO 04

2.1 RESUMEN 04
2.1.1 PROVINCIA TECTONICA DE PACASMAYO 04
2.1.2 PROVINCIA TECTONICA CHIMU 04
2.2 ESTRATIGRAFIA 05
2.2.1 PALEOZOICO INFERIOR 05
2.2.2 CRETACEO 06
2.2.3 TERCEARIO 09
2.2.4 CUATERNARIO 10
2.2.5 ROCAS INTRUSIVAS 11
2.3 MAPA LITOLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE 11
2.3.1 UNIDADES SUPERFICIALES 12
Unidad Ifg: Depósitos Fluvio-glaciares 12
Unidad Imo: Depósitos Morrénicos 12
Unidad Ia : Depósitos Aluviales 12
Unidad If : Depósitos Fluviales 14
Unidad Ic : Depósitos Coluviales 14
Unidad Ip : Depósitos Proluviales 14
Unidad Ie : Depósitos Eólicos 14
Unidad Im : Depósitos Marinos 14
2.3.2 SUBSTRATO 15
Unidad II : Rocas Volcánicas 15
Unidad III: Rocas Volcánico-Sedimentarias 15
Unidad IV : Rocas Sedimentarias 16
Unidad V : Rocas Intrusivas 17
Unidad VI : Rocas Metamórficas 17

3.0 MARCO FISIOGRAFICO 18

3.1 LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE 18
3.2 UNIDADES GEOMORFOLOGICAS 19
3.2.1 UNIDAD I : PAMPA COSTANERA 19
3.2.2 UNIDAD II : VALLE 19
3.2.3 UNIDAD III: ESTRIBACIONES ANDINAS 20
3.2.4 UNIDAD IV : CORDILLERA 20
3.2.5 UNIDAD V : ALTIPLANICIE 21
3.2.6 UNIDAD VI : MESETA VOLCANICA 21
3.3 MORFOMETRIA 21
3.3.1 SUPERFICIE DE LA CUENCA 21
3.3.2 FORMA DE LA CUENCA 23
3.3.3 RELIEVE 23
3.3.4 DRENAJE 24

4.0 MARCO HIDROLOGICO 26

4.1 SISTEMA FLUVIAL DEL RIO JEQUETEPEQUE 26
4.2 PLUVIOMETRIA 28
4.2.1 INTERPRETACION DE LAS CURVAS DE FRECUENCIA DE PRECIPITACION 28
4.3 CAUDALES 28
4.3.1 CURVAS DE FRECUENCIA DE LAS DESCARGAS MEDIA Y MAXIMAS 40
4.3.2 ANALISIS DE TENDENCIA DEL RIO JEQUETEPEQUE 46
4.4 VOLUMEN ESCURRIDO MEDIA ANUAL 46

5.0 GEODINAMICA EXTERNA 49
5.1 FACTORES NATURALES CONDICIONANTES 49
5.2 ACCION ANTROPICA 49
5.3 PROBLEMAS DE GEODINAMICA EXTERNA EN LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE 50
5.3.1 HUAYCOS 50
5.3.2 DESLIZAMIENTOS 54
5.3.3 EROSION DE LADERAS 54
5.3.4 EROSION FLUVIAL 55
5.3.5 DERRUMBES 58
5.3.6 DESPRENDIMIENTO DE ROCAS 58
5.3.7 INUNDACIONES 59
5.3.8 ARENAMIENTOS 59
5.3.9 ALUVIONES 60
5.3.10 REPTACION DE SUELOS 60
5.3.11 HUNDIMIENTOS 60
5.4 ACCION ANTROPICA 60

6.0 SISMICIDAD 61
6.1 SISMICIDAD HISTORICA 61
HISTORIA SISMICA DEL AREA DE ESTUDIO 61
6.2 EVALUACION DE FUENTES SISMOGENICAS 65
6.3 DISTRIBUCION DE PROFUNDIDADES HIPOCENTRALES 66
6.4 ANALISIS ESTADISTICO DE RECURRENCIA 69
6.5 PERIODOS MEDIOS DE OCURRENCIA 72
6.6 PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UNA CIERTA MAGNITUD 75

7.0 ZONIFICACION DE RIESGO GEODINAMICO 78
7.1 MAPA DE ZONACION DE RIESGO GEODINAMICO 78
7.2 AREAS CRITICAS 79

8.0 INTERPRETACION GEOTECNICA. ALGUNAS CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS 81
8.1 PROBLEMAS INVESTIGADOS 81

9.0 INGENIERIA GEOLOGICA 83
9.1 ANALISIS BASICO DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN MACIZOS ROCOSOS 83
9.1.1 CLASIFICACION GEOMECANICA 90
9.1.2 ANALISIS CINEMATICO 92
9.1.3 COMENTARIOS 92

9.2 RESUMEN DE LA EVALUACION GEODINAMICA Y SEGURIDAD FISICA DE LOS CENTROS POBLADOS Y OBRAS DE INGENIERIA MAS IMPORTANTES DE LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE 92
9.2.1 EVALUACION DEL SISTEMA VIAL DE LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE 93
CAUSAS DEL DETERIORO 93
CONDICIONES DE LOS CAMINOS 93
BUENAS CONDICIONES 93
MEDIANAS CONDICIONES 93
MALAS CONDICIONES 93
EVALUACION DEL SISTEMA VIAL EN LA CUENCA 95
A: CARRETERA PACASMAYO-CAJAMARCA 95
TRAMO: CIUDAD DE DIOS-TEMBLADERA 95
TRAMO: TEMBLADERA-CHILETE 95
TRAMO: CHILETE-MAGDALENA 95
TRAMO: MAGDALENA-SAN JUAN 96
TRAMO: SAN JUAN-EL GAVILAN 96
B: TROCHA: YONAN-TRINIDAD 96
C: TROCHA: CHINDEN-LIVIS 97
D: CARRETERA: CHILETE-SAN PABLO 97
TRAMO: CHILETE-LOMADO DE CHILETON (MINA) 97
TRAMO: LOMADO DE CHILETON-SAN PABLO 97
E: TROCHA: CHILETE-SAN MIGUEL 97
TRAMO: SANGAL-RIO LLAPA 97
TRAMO: RIO LLAPA-SAN MIGUEL 97
TRAMO: SANGAL-SAN LUIS-LOS PALTOS 98
F: TROCHA: CHILETE-CONTUMAZA-SANTA CRUZ DE TOLEDO
TRAMO: CONTUMAZA-CATAN 98
TRAMO: CONTUMAZA-SANTA CRUZ DE TOLEDO 98
G: TROCHA: ASUNCION 98
9.3 EVALUACION GEODINAMICA Y DE SEGURIDAD FISICA DE LOS CENTROS POBLADOS 99
9.4 PAUTAS PARA LA EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL 106
9.4.1 MANEJO DE BOSQUES 107
9.4.2 CONSERVACION DE LOS RECURSOS AGUA Y SUELO 108
ORDENACION PARA EL USO RACIONAL DEL AGUA Y DEL SUELO. 108
MANEJO DE LOS RECURSOS AGUA Y SUELO. 108
PROTECCION DE LAS ESTRUCTURAS Y RECURSOS. 108
RECUPERACION DE TIERRAS. 108
9.5 PLANEAMIENTO GENERAL PARA LA PREVENCION Y CONTROL DEL MATERIAL CAIDO POR ACCION DE LOS HUAYCOS 108
9.5.1 PLANEAMIENTO 108
CANTIDAD DE MATERIAL QUE PUEDA ACARREAR UN HUAYCO. 108
CANTIDAD DE MATERIAL QUE FLUYEN CON EL HUAYCO. 108
OBRAS A CONSTRUIR. 108
9.6 PLAN DE TRATAMIENTO Y MEDIDAS CORRECTIVAS 112
9.6.1 RESUMEN DE TRATAMIENTO POR FENOMENO. 112
HUAYCOS Y EROSION INTENSA CON CAMBIO DE CURSO EN LOS CONOS DE DEYECCION. 112
DESPRENDIMIENTO DE BLOQUES. 114
DESLIZAMIENTOS. 114

9.6.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCION 115
A) PROBLEMATICA DE LAS MARGENES. 115
ESTRUCTURAS LONGITUDINALES. 115
ESTRUCTURAS TRANSVERSALES. 115
EMBALSES MEDIANOS. 119
B) LADERAS DE LA CUENCA 120
1) SUELOS AGRICOLAS. 120
2) SUELOS NO AGRICOLAS. 120
TECNICAS AGRICOLAS DE CONSERVACION. 121
TECNICAS MECANICAS DE CONSERVACION. 121
9.6.3 TECNICAS DE CONTROL Y TRATAMIENTO DE LADERAS 122
CONSTRUCCION Y USOS DEL NIVEL EN "A". 122
CONSTRUCCION DE TERRAZAS (ANDENES), TERRAZAS DE BANCO O BANCALES. 126
CONSTRUCCION Y USOS DE LAS ACEQUIAS DE INFILTRACION. 128
SURCOS EN CONTORNO O SURCOS A NIVEL. 130

10.0 MATERIALES DE CONSTRUCCION 132
10.1 ROCAS 132
10.2 ARENAS 132

CONCLUSIONES 134

RECOMENDACIONES 138

RESUMEN

Situada al Norte del País, la Cuenca del Río Jequetepeque, con sus 4,971 km² es una de las más importantes cuencas de la región, tanto por su potencial agrícola, como por sus carretera asfaltada, importante vía de comunicación, de uso turístico, minero y comercial.

El estudio comprende la elaboración del Mapa Litológico (en base a la Carta Geológica), el estudio morfométrico de la cuenca, el análisis hidro-metereológico: frecuencias de precipitaciones y caudales, así como el análisis de tendencia (caudales) del río Jequetepeque; elaboración del Mapa Geodinámico en base a la observación de campo y fotografías aéreas. Se presenta también el análisis de la sismicidad del área de estudio, la zonificación de riesgo geodinámico, la interpretación geotécnica de los terrenos y un análisis de estabilidad de taludes en el corte de carretera cerca a la Represa de Gallito Ciego.

La Cuenca, según el Riesgo Geodinámico se ha zonificado en cuatro Zonas:

ZONA A: De Muy Alto Riesgo Geodinámico: En esta zona se localizan las áreas más críticas de la cuenca: Sector Chilete (huaycos y erosión de riberas, Sector El Mirne-Guana Guana, El Cardo-Cuzcuden, Choten-EL Gavilán (deslizamientos), etc.

ZONA B: De Alto Riesgo Geodinámico: Esta zona se localiza en los principales valles y quebradas de la cuenca, con riesgos de inundaciones y huaycos.

ZONA C: De Riesgo Geodinámico Medio: Localizada restringidamente en las partes altas de la cuenca con problemas de reptación de suelos, solifluxión y erosión por cárcavas. También comprende algunos sectores de la pampa aluvial con problemas de arenamiento (dunas).

ZONA D: De Riesgo Geodinámico Bajo: Localizada principalmente en las partes altas de la cuenca y en la pampa aluvial.

Los poblados de Chilete, LLallan, Platanar, San Juan y Tembladera son los más afectados por fenómenos de geodinámica externa, principalmente por huaycos y deslizamientos.

Asimismo se presentan alternativas de solución, de bajo costo, para enfrentar los problemas de geodinámica externa localizados en la cuenca, así como la evaluación geodinámica de los principales centros poblados y la evaluación del sistema vial de la cuenca.

Página en blanco

ESTUDIO GEODINAMICO DE LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE

I INTRODUCCION

Dentro del programa de actividades que realiza la Dirección de Geotécnia, de la Dirección General de Geología del INGEMMET, con respecto al conocimiento sistemático del Comportamiento Geodinámico y Geoambiental de las principales cuencas hidrográficas del país, el "Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Jequetepeque", constituye uno de ellos.

La Cuenca del Río Jequetepeque, toma mayor importancia con la Construcción de la Represa de Gallito Ciego, que ha incorporado más de 63,000 hectáreas de nuevas tierras agrícolas.

La carretera asfaltada a Cajamarca es otra de las importantes obras de ingeniería en la cuenca, tanto por su significado económico como turístico, encontrándose deteriorada por los fenómenos de geodinámica externa que la afectan y, la falta de un adecuado mantenimiento.

1.1 UBICACION Y ACCESIBILIDAD

La Cuenca del Río Jequetepeque con una superficie de 4,971 Km², se emplaza en el flanco occidental de la Cordillera Occidental de los Andes, entre la Cuenca del Río Cajamarca y el Oceáno Pacífico.

Geométricamente presenta 195 Km de largo, 26 Km de ancho promedio y una altura promedio de 2,158 msnm. Limita por el Sur con las Cuencas de lo Ríos Higuerón y Chicama, por el Este con la Cuenca del Río Cajamarca, por el Norte con las Cuencas de los Ríos Chaman, Saña y Chancay-Lambayeque y por el Oeste con el Oceáno Pacífico (fig. 1).

Políticamente, se ubica en los Departamentos de la Libertad (Región V.R. Haya de la Torre) y Cajamarca (Región Nor Oriental del Marañón), entre las siguientes coordenadas geográficas.

Paralelos : 6°49'00" - 7°39'00" Latitud Sur
Meridianos : 78°21'00" - 78°36'00" Longitud Oeste.

La ciudad de Pacasmayo es el centro poblado más importante de la cuenca, cuenta con todos los servicios básicos y un puerto de embarque y desembarque.

El acceso a la cuenca desde la ciudad de Lima, se realiza por la Carretera Panamericana Norte, hasta Pacasmayo, con un recorrido de 667 Km de longitud. Luego es

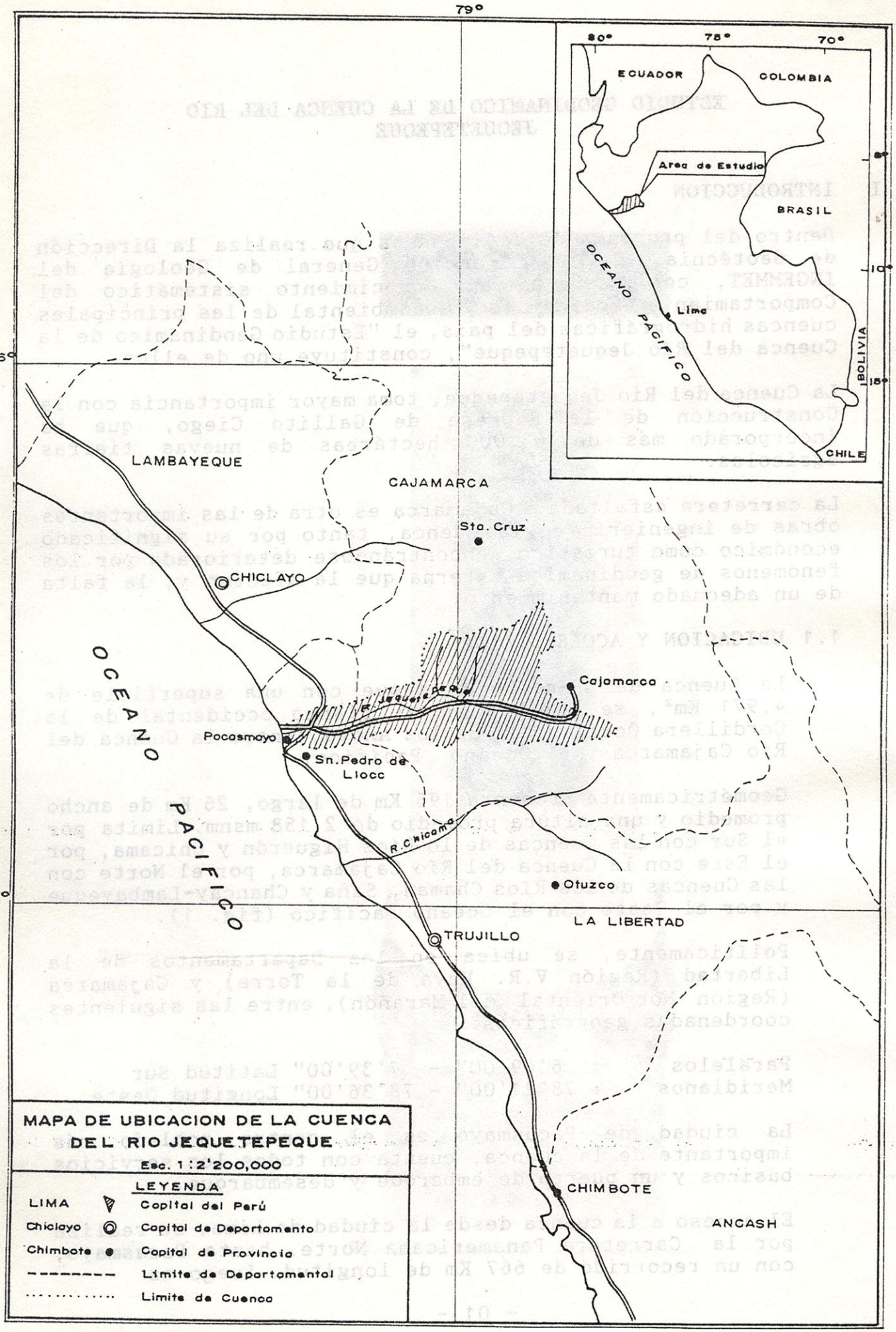

79°
80°
75°
70°
ECUADOR
COLOMBIA
Area de Estudio
BRASIL
OCEANO PACIFICO
Lima
BOLIVIA
CHILE
5°
10°
15°
6°
8°
LAMBAYEQUE
CAJAMARCA
Sta. Cruz
CHICLAYO
OCEANO PACIFICO
Cajamarca
R. Jequetepeque
Pocosmayo
Sn. Pedro de Llocc
R. Chicama
Otuzco
LA LIBERTAD
TRUJILLO
CHIMBOTE
ANCASH
MAPA DE UBICACION DE LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE
Esc. 1:2'200,000
LEYENDA
LIMA Capital del Perú
Chiclayo Capital de Departamento
Chimbote Capital de Provincia
Limite de Departamental
Limite de Cuenca

Fig. 1

atravezada longitudinalmente por una carretera asfaltada de aproximadamente 189 Km que llega hasta Cajamarca.

1.2 CLIMA Y VEGETACION

1.2.1 REGION COSTERA:

Precipitaciones escasas e irregulares, la humedad relativa media varía entre 70 y 80%, la oscilación de la temperatura es entre 8.2 y 7.0°C con una máxima 25.8°C (Febrero), y la mínima 14°C en Julio; encontrándose en esta zona rezagos de un desierto subtropical. Foto 2

1.2.2 REGION ARIDA ANDINA:

De los 1000 a 2000 msnm, se caracteriza por la sequedad del aire durante la mayor parte del año, humedades relativas muy bajas, térmicas más adecuadas con días relativamente cálidos, entre 20° a 27°C y noches frescas 12°C. Foto 3

1.2.3 REGION ANDINA:

De los 2000 a 3500 msnm, con un clima templado con temperaturas anuales entre 11° y 16°C, máximas entre 22° y 29°C y mínimas entre 7° y 4°C (Mayo a Agosto). En esta zona los valles generalmente se oponen a altas cumbres y desniveles de 500 a más de 1000 m., la sequedad del aire y la transparencia de la atmósfera se incrementa con la altitud. Las precipitaciones son estacionales y se producen de Diciembre a Marzo. Foto 4

1.2.4 REGION ANDINA SUPERIOR:

Entre los 3500 y 4000 msnm, comprende las altas vertientes y punas andinas. En la cuenca se localiza en la parte NE, con un clima frio-templado, con temperaturas medias entre 7° y 10°C, con máximas absolutas entre 16° y 24°C, las minimas entre 13°C y 0°C. Las lluvias se producen durante el Verano y son siempre superiores a los 400 mm. anuales. Foto 5.

En cuanto a la vegetación natural observada se tiene:

<u>Cuenca Alta</u>: Pastos como el ichu, bosques de quinuales y quishuares.

<u>Cuenca Media</u>: Molles, sauces, álamos, huarangos, pajaro bobo, carrizo, cactáceos, etc.

<u>Cuenca Baja</u>: Algarrobos, zapote, ceibos, huarango, palo verde, etc.

II MARCO GEOLOGICO

2.1 RESUMEN

En la cuenca de estudio se incluyen terrenos desde el Paleozoico Inferior, afectados por 3 fases de deformación (J. Wilson), a Mesozoicos y Cenozoicos (L.Reyes), y materiales cuaternarios rellenando algunas cubetas y valles.

En cuanto a la estructura del área debe señalarse que existen hasta 2 Provincias Estructurales reconocidas (J. Wilson, L. Reyes).

2.1.1 PROVINCIA TECTONICA DE PACASMAYO:

Dentro de esta provincia se localizan las filitas de la Formación Salas, orogenizadas en el Paleozoico Medio con un rumbo NE-SO y posteriormente en el Paleozoico Tardío, dando un rumbo NNE-SSO.

En el Mesozoico y Cenozoico dentro de la Provincia Tectónica de Pacasmayo se reconocen las siguientes fases de movimiento: Plegamiento de las formaciones cretácicas en el sector meridional con un rumbo ONO-ESE, cerca del Cretáceo terminal, levantamiento de la Provincia Tectónica de Pacasmayo a fines del Cretáceo, seguido por erosión de las formaciones cretáceas y deposición de los volcánicos del Grupo Calipuy y Volcánicos LLama, levantamiento de la Provincia Tectónica de Pacasmayo en el Terciario Temprano, seguido por deposición del Volcánico Porculla y movimientos menores.

2.1.2 PROVINCIA TECTONICA CHIMU:

Esta provincia consiste en una faja plegada de rocas mesozoicas (Grupo Gollarisquizga, Formaciones Chulec, Pariatambo, Grupos Pulluicana, Quilquiñan y la Formación Cajamarca), con un rumbo general ONO-ESE.

En la parte baja del valle se encuentran rocas filíticas y tobáceas de la Formación Salas de posible edad Ordoviciana (Paleozoico inferior). Posteriormente durante el Neocomiano-Aptiano se depositaron lutitas, areniscas y algunas calizas que se agrupan en las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. El Albiano esta representado por una secuencia calcárea que reune a las Formaciones Inca, Chulec, Pariatambo y parte de Pulluicana (Este).

Sobre ésta base, descansa un paquete de calizas y margas, formados por los Grupos Pulluicana, Quilquiñan (lutitas) y la Formación Cajamarca, en el Turoniano (Cretáceo Superior), señalando ésta, la culminación de la sedimentación marina del cretáceo en esta área.

El levantamiento del Cretáceo terminal dió origen a la formación de los depósitos de acumulación conglomerádica de la Formación Chota (aflorante sólo en algunos sectores de las cuenca). Sobre ésta, se acumuló la serie volcánico-clástica (andesita, tobas, areniscas, aglomerados, lutitas tobaceas, etc.) del Grupo Calipuy (Volc. LLama: J.Wilson); cubierto discordantemente por el Volcánico Porculla (dacitas y andesitas), que infrayacen en igual relación a las tobas ácidas de la Formación Huambos del Terciario Superior.

Como subproducto de la glaciación Plio-Pleistocénica se acumuló por acción fluvial en las partes bajas, una serie de materiales fluvio-glaciares y depósitos en las innumerables lagunas que progresivamente han ido desaguándose. Finalmente, a lo largo de la faja costanera y de las estribaciones andinas abundan los depósitos aluviales y fluviales; localizándose en la línea costanera se localizan mantos irregulares de arenas eólicas.

2.2 ESTRATIGRAFIA

Las unidades lito-estratigráficas que se encuentran en la Cuenca del Río Jequetepeque, comprenden un rango entre el Paleozoico Inferior (Formación Salas) hasta el Cuaternario reciente.

La Fig. N°2, ilustra la litología, grosor y edad de las unidades que afloran. La descripción de estas unidades se detallan a continuación:

2.2.1 PALEOZOICO INFERIOR:

Formación Salas(Pi-s): Aflora en la zona costera de los cuadrángulos de Pacasmayo y Chepen. Consiste en una secuencia de rocas metamórficas (filitas tobáceas, cuarcitas y conglomerados), laminadas o en capas delgadas, formando cerros bajos y disectados. Es común observar vetas de cuarzo lechoso. Se estima que alcanza alrededor de 1,000 metros de espesor como máximo.

2.2.2 CRETACEO:

Grupo Goyllarisquizga (Ki-g): Aflora en casi toda la Cuenca del Río Jequetepeque, distinguiéndose las siguientes formaciones.

Formación Chimú (Ki-Chim).- La secuencia se extiende ampliamente en la cuenca, principalmente en el Cuadrángulo de Cajamarca. Su litología consiste en una alternancia de areniscas cuarcitas y lutitas en la parte inferior y una potente secuencia de cuarcitas blancas, en bancos gruesos en la parte superior, con un grosor superior a los 600 m. Se presentan formando grandes estructuras y farallones profundos. Infrayace a la Formación Santa con discordancia paralela.
Se le asigna edad Cretáceo Inferior.

Formación Santa (Ki-Sa).- Aflora restringidamente en la parte central y Sur del Cuadrángulo de Cajamarca. Consiste en una intercalación de lutitas y calizas margosas y areniscas, con un grosor que oscila entre los 100 y 150 m. Hacia el Sur esta secuencia consiste en lutitas y areniscas. Intemperiza con un tono gris marrón, localmente contiene nódulos calcáreos. Topográficamente, forman depresiones que generalmente estan cubiertos por suelos, razón por la cual sólo es observable en cortes de quebradas y carreteras. Los suelos que generan son siempre blandos, deleznables y fangosos.

Infrayacen a la Formación Carhuaz con discordancia paralela. Se le asigna edad Cretáceo Inferior.

Formación Carhuaz (Ki-ca).- Esta formación aflora principalmente en la parte central y Sur del Cuadrángulo de Cajamarca y en los Cuadrángulos de Chepen y Pacasmayo. Consta de una alternancia de areniscas (con matices rojizos, violetas y verdosas) y lutitas grises. Hacia la parte superior contiene bancos de cuarcitas intercaladas con lutitas y areniscas. Presenta una topografía con escarpas altas con cumbres agudas. Edad: Cretáceo inferior.

Formación Farrat (Ki-f).- Se localiza en los Cuadrángulos de Chepen, Cajamarca, Chota y Pacasmayo. Consiste en cuarcitas y areniscas de

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD				POTENCIA	DESCRIPCION
CENOZOICO	Cuaternario							
	Terciario	Superior	Volcán Huambos			Ts-vh	300m.	Tobas
		Inferior	Grupo Callipuy	Volc. Porculla	Volcán San Pablo	Ti-vsp	900	brech - dac are lut brech are
				Volc. llama (Ti-vll)	Volc. Chilete	Ti-vch	800	Tob and are cong are
					Volcán Tembladera	Ti-vt	1000	Tob are Tob and brech
MESOZOICO	Cretaceo	Superior	For. Cajamarca			Ks-Ca	700	Clz lut Clz
			Gpo. Quilquiñan			Ks-q	200	lut Mar lut Mar Clz
			Grupo Polluicana	For. Majorrum		Ks-p: Ks-m	700	Mar Clz Mar lut clz are
				For. Yumagual		Ks-p: Ks-yu		lut clz are lut
		Inferior	For. Pariatambo			Km-pa	100-300	lut -tob Clz lut tob
			For. Chulec			Km-ch	200-250	Mar - lut lut - are Clz Clz Mar
			For. Inca			Km-i	100	qtz - Clz lut - Clz are qtz are
			Grupo Jollarisquizga	For Farrat		Ki-f	500	are qtz
				For. Carhuas		Ki-c	±200	qtz lut are lut
				For. Santa		Ki-sa	100-150	are - Mar lut - Mar are Clz lut
				For. Chimu		Ki-chim	600	qtz are lut are
Paleozoico		Inferior	For. Salas			Pi-s	?	qtz ph cong

Fig. 2

grano medio, tiene un grosor aproximado de 500 m., mientras que en los Cuadrángulos de Chepen y Pacasmayo alcanza sólo 300 m. Conforman escarpas y altas cumbres agudas y alargadas. Suprayace en concordancia con la Formación Inca y es de edad Cretáceo inferior.

Formación Inca (Ki-i).- Esta formación consiste en areniscas y lutitas ferruginosas con intercalaciones calcáreas y lechos de cuarcitas. Aflora prácticamente en toda la cuenca, alterándose con una coloración rojiza que es característica de ésta formación. Su grosor no pasa de los 100 m con una topografía escarpada y concordante con la Formación Chulec. Edad Cretáceo Medio.

Formación Chulec (Km-ch).- Aflora en los Cuadrángulos de Cajamarca, Chepen, Chota y San Marcos. En el Cuadrángulo de Chepen esta representado por menos de 50 m de lutitas con escasas capas calcáreas y contiene material tobáceo. En los demás cuadrángulos consta de una secuencia fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, con grosores de 200 a 250 m. Las margas se alteran dando una coloración crema amarillento de aspecto terroso, siendo además estas nodulares. Infrayace concordantemente con la Formación Pariatambo. Su topografía es de lomadas de pendientes suaves. Edad: Cretáceo medio.

Formación Pariatambo (Km-pa).- Esta formación aflora en muchos lugares de la cuenca, consta de 100 a 300 m de caliza bituminosa de color negro (olor fétido) con intercalaciones de lutitas negras y bituminosas, de estratificación delgada y uniforme. En el Cuadrángulo de Chepen y Chota se notan intercalaciones de tobas. Forma escarpas prominentes. Infrayace concordantemente al Grupo Pulluicana.
Edad: Cretáceo medio.

Grupo Pulluicana (Km-p).- Este grupo generalmente consiste en algunos cientos de metros de calizas, margas, lutitas y areniscas, aflora en muchas áreas de la cuenca y en algunas zonas es divisible en las Formaciones Yamagual y Mujarrún. Forma escarpas altas.

Formación Yumagual (Ks-ym).- Consiste en una secuencia de margas y calizas en bancos uniformes, con un miembro lutáceo margoso que altera de color amarillo. Se presenta con

escarpas elongadas. Tiene una potencia estimada de 100 m infrayace concordante con la Formación Mujarrún.
Edad: Cretáceo Superior.

Formación Mujarrún (Ks-mp).- Consiste en calizas nodulares con margas y lutitas, con una potencia de alrededor 250 m.
Edad: Cretáceo Superior.

Grupo Quilquiñan (Ks-q).- Este grupo está representado por 100 a 200 m. de lutitas y margas con algunas intercalaciones calcáreas. Forman sedimentos blandos y ocupan terrenos bajos, alteran a suelos de color marrón oscuro. En algunas zonas se considera como una sola unidad con la Formación Mujarrún. Infrayace con discordancia paralela a la Formación Cajamarca con un máximo de potencia conocida de 281 m.
Edad: Cretáceo Superior.

Formación Cajamarca (Ks-ca).- Esta formación aflora en menor proporción en el Cuadrángulo de Chepen, principalmente en el área del pueblo de Tembladera, donde se explota como materia prima para la elaboración del cemento. Así como también aflora en la región NE del Cuadrángulo de Cajamarca. Consiste en calizas gris oscuras, marrones, fina y pura, bien estratificada en capas delgadas a mediana con lechos de lutitas y margas principalmente al Este de la cuenca. Esta formación forma escarpas prominentes, con una topografía cárstica. Alteran a colores blanquesinos o gris claros. En la cuenca se localiza infrayaciendo con discordancia angular con el Grupo Calipuy.
Edad: Cretáceo Superior.

2.2.3 TERCIARIO:

Grupo Calipuy (Ti-vT, Ti-vch, T-sp, Ti-Vll, Tim-vp): Este grupo se localizan en toda la parte central de la cuenca, es decir al Este del Cuadrángulo de Chepen y al NW del Cuadrángulo de Cajamarca. Es el producto de un vulcanismo post-tectónico y representa el magmatismo efusivo que siguió al emplazamiento definitivo del batolito costanero. La deposición volcánica se presenta en forma continua, con algunos períodos de inactividad. Este grupo está dividido en el Cuadrángulo de Chepen en las Formaciones Llama (Ti-vll) en la parte inferior (andesitas con algunas intercalaciones de dacitas) y Porculla (Tim-vp)

en la parte superior (dacitas y andesitas). En el Cuadrángulo de Cajamarca esta dividido en 3 Formaciones: Tembladera (Ti-vt) en la parte inferior (brechas, andesitas, tobas, areniscas y lutitas tobaceas), Chilete (Ti-vch) en la parte media (tobas, areniscas tobáceas, conglomerados) y San Pablo (Ti-vsp) en la parte superior (dacíticas, andesitas, piroclásticos). Resumiendo: Consiste en una potente secuencia volcánico-sedimentaria de alrededor de 2,700 m de conglomerados basales, tobas andesíticas, piroclastos y derrames andesíticos, bien estratificados hacia la parte inferior dacitas, andesitas y piroclastos. Se presentan en escarpas y farallones pronunciados. Edad: Terciario Inferior a Medio.

Volcánico Huambos (Ts-vh).- Estos volcánicos están localizados al NE de la cuenca en el Cuadrángulo de Chota. Esta compuesto por tobas y brechas dacíticas, con un grosor irregular, con un promedio de 50-100 m. y un máximo de 400 m. Su topografía es bastante característica, forma llanuras delimitadas por farallones o escarpas. Edad: Terciario Superior.

2.2.4 CUATERNARIO

Depósitos morrénicos: Conformados por gravas y cantos angulosos con matriz limo-areno-arcillosa, encontrándose en las partes más elevadas de la cuenca, con diversos grados de erosión. Se localizan al NE de la Cuenca: Pampa de Huacarume, Pampa Lagunas Secas, Pampa el Lirio, etc.

Depósitos Fluvio-glaciares: Estos depósitos están constituidos por cantos y gravas angulares a subangulares, relacionados íntimamente con los depósitos morrénicos y se localizan al NE de la Cuenca (al Sur del Cuadrángulo de Chota).

Depósitos Aluviales y fluviales: Se hallan en las laderas de los valles, formando terrazas y áreas planas, los fluviales se localizan en el lecho de los ríos y su área de inundación. Constituidos por bloques, cantos, gravas subredondeadas a redondeadas, heterogéneas con matriz generalmente areno-limosa. En estos depósitos, están emplazados los principales centros poblados y áreas agrícolas de la cuenca.

Depósitos Coluviales: Estos depósitos se localizan en las faldas y laderas de los cerros, están conformados por gravas angulares a subangulares, heterogéneos, inconsolidados, generalmente en matriz limo-arenoso.

Depósitos Proluviales: Se ubican en la desembocadura de las quebradas y están formados por bloques, cantos, gravas angulares a subangulares en matriz areno-limosa. Estos depósitos tienen su origen, principalmente en los huaycos y flujos de barro.

Depósitos Eólicos: Están localizados en la llanura costera, formando mantos irregulares de arena y dunas que son transportadas por los vientos que soplan constantemente.

2.2.5 ROCAS INTRUSIVAS

Se localizan principalmente en la parte Oeste de la cuenca, en el valle intermedio (Cuadrángulo de Chepén). Encontrándose también algunos cuerpos al SE de la cuenca. Estas rocas pertenecen al Batolito de la Costa, con edades que van del Cretáceo al Terciario Inferior.

Granodiorita-Tonalita: La mayor parte de los intrusivos son de esta litología, se presentan de color gris blanquecino, equigranular, formando escarpas altas de bordes redondeados.

Dioritas: Son rocas de textura granular a microgranular color gris oscuro, afectados por un diaclasamiento de dirección NO-SE y alto ángulo. Aflora principalmente al Este de Trinidad y al Sur de San Juan.

2.3 MAPA LITOLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE

Después de analizar el contexto geológico de la cuenca, es necesario profundizar nuestro conocimiento en cada una de las unidades litológicas existentes, tanto en su composición petrográfica, grado de meteorización, situación, fracturamiento, clasificación geomécanica, etc., que influyen en su comportamiento geotécnico.

Las unidades litológicas se han subdividido en dos grandes grupos: Las unidades superficiales que comprenden los materiales cuaternarios: Aluviales (terrazas), coluviales, eólicos, rellenos artificiales y la Unidad

Sustrato Rocoso que comprende materiales paleozoicos, cretáceos, terciarios y las rocas intrusivas.

Este criterio de división, tiene una clara incidencia geotécnica, como consecuencia de la formación de unos y otros materiales.

Los procesos geológicos anteriores al Cuaternario, han sometido a los materiales a un proceso de diagénesis que les da un caracter de rocas y como consecuencia un comportamiento geotécnico distinto a las formaciones superficiales, que están poco o nada consolidados. Ver Mapa N°1.

2.3.1 UNIDADES SUPERFICIALES

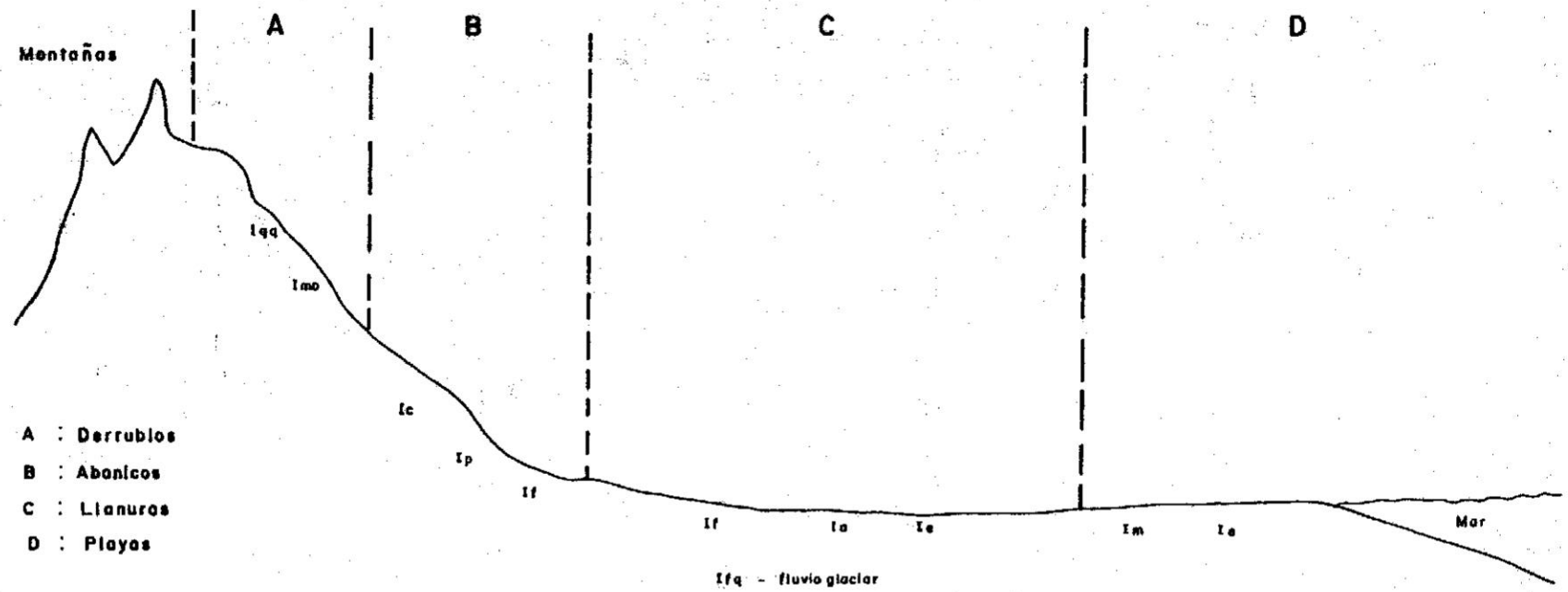
Se incluye aquí, materiales de edad reciente, pertenecientes al Cuaternario, poco consolidados, de morfología generalmente plana y próximos a cursos de agua; estas dos últimas características han provocado que los principales asentamientos humanos se ubiquen sobre estos materiales que además presentan mayores problemas geodinámicos y geotécnicos.

En la cuenca se han localizado hasta 8 subunidades.
En la Fig. N°3 se muestran el medio y la ubicación de los depósitos superficiales en la cuenca.

Unidad Ifg: Depósitos Fluvio-glaciares.- Estos depósitos se localizan principalmente al N-NE de la cuenca sobre la cota 3,500 y están constituidos por cantos y gravas sub-agulosas con matriz limo-areno-arcilloso de granulometría heterométrica, medianamente a bien consolidada, permeabilidad baja a media. Estables en zonas de pendientes suaves.

Unidad Imo: Depósitos Morrénicos.- Se localizan en la Pampa de Huancarume, Lagunas Secas y Pampa de Lirio al NE de la cuenca. Estan constituidos por: bolos, gravas y cantos subangulosos con matriz limo-areno-arcillosa, anisotrópicos, de granulometría heterométrica, baja permeabilidad, compactos, estables.

Unidad Ia: Depósitos Aluviales.- Localizados, en su mayor extensión, en el abanico aluvial del Río Jequetepeque, están formados generalmente por: bolos, cantos y gravas redondeadas a subredondeadas, de potencia variable, medianamente a bien consolidados con



A : Derrubios

B : Abanicos

C : Llanuras

D : Playas

Zonas A y B : Materiales gruesos muy poca arcilla suelos colapsables.

Zonas C y D : Zonas muy llanos acción eólica
Suelos bien graduados (arenas y limos)
Evaporitas

Ifq - fluvio glaciar
Imo - morrenas
Ic - coluvial
Ip - profuvial
If - fluvial
Ia - aluvial
Ie - eólico
Im - marino

Medio y Ubicación de las Unidades Superficiales : UNIDAD I

Figura Nº 3

matriz areno-limosa, localmente se presentan lentes areno limosos, permeabilidad media a alta, pendientes naturales menores de 10°. Generalmente estables, pueden haber problemas por sismos, inundaciones y afloramiento de la Napa freática. Se les halla también en las márgenes de los ríos en formas de terrazas, donde son menos consolidados.

Unidad If: Depósitos Fluviales.- Estos depósitos están localizados en el lecho mayor o de inundación del Río Jequetepeque, litológicamente están formados por bolos, cantos y gravas subredondeados, en una matriz areno-limosa, de granulometría variable, poco consolidada, permeabilidad alta, presencia de lentes arenosos y suceptible a inundaciones.

Unidad Ic: Depósitos Coluviales.- Se trata de depósitos fragmentados y parcialmente descompuestos por la meteorización, depositados en depresiones y obstaculos en las laderas y en los piedemontes. Litológicamente formados por: bolos, cantos y gravas angulosas en una matriz areno-limosa, heterométrica poco compacto, de permeabilidad media a alta. Depósitos en pleno proceso de formación y arrastre, pueden tener diferentes grados de movilidad, pudiendo presentar fenómenos de reptación en la parte superior o ser inestables con presencia de agua.

Unidad Ip: Depósitos Proluviales.- Se trata de una mezcla de bolos (generalmente de grandes dimensiones), cantos y gravas angulosas a sub-angulosas en una matriz areno-limosa. Estos depósitos estan localizados generalmente en la desembocadura de las quebradas y torrenteras. Son de granulometría heterométrica, mediana a bien compactas, pendientes naturales menores de 12° permeabilidad media a alta. Estables, salvo en áreas cercanas a huaycos.

Unidad Ie: Depósitos Eólicos.- Localizados en la pampa costanera formando dunas y médanos. Son arenas de grano fino a medio, no consolidados, de permeabilidad alta. Sujetos a fenómenos de licuefacción y asentamientos diferenciales por efectos dinámicos de sismos; en sectores donde la napa freática es superficial, fenómenos de arenamiento.

Unidad Im: Depósitos Marinos.- Localizados en el borde litoral, de reducida extensión,

litológicamente formados por arenas de grano medio a fino, gravas y cantos subredondeados, con lentes de arena fina a media, presencia de sales. Zonas afectadas por el oleaje y mareas.

2.3.2 SUBSTRATO

En el Mapa Litológico (Plano Nº1), se muestra las Sub-Unidades litológicas que conforman ésta unidad, las cuales describiremos a continuación.

UNIDAD II: ROCAS VOLCANICAS

Sub-Unidad IItb: Tobas.- Se trata principalmente de tobas y brechas dacíticas, con contenido de fragmentos de pomez, bien estratificados en capas medianas a gruesas parcialmente compactas, con un espesor máximo de 400 m. Estas tobas son porfiríticas, porosas de permeabilidad media a alta, resistencia baja a muy baja (< 500 Kg/cm²). Su uso como canteras es poco recomendable. Se muestran en el área formando superficies, más o menos onduladas, con erosión de aspecto uniforme y pendientes < 10°.

Sub-Unidad IIda: Dacitas.- Se incluye aquí rocas volcánicas dacíticas y, andesíticas en menor cantidad, se presentan en capas medianas a gruesas, masivas, porfiríticas; roca sana con resistencia media a alta (500-2,250 Kg/cm²), medianamente a muy alterada superficialmente, fracturada. Constituyen planicies más o menos extensas limitadas por escarpas pronunciadas. Buenas condiciones de cimentación para obras de Ingeniería (sólo se necesita excavar la zona alterada), permeabilidad por fisuras. De manera general estables. Localmente se presentan tobas, conglomerados y capas areno-lutaceas, materiales que le bajan la competencia a la roca, provocando derrumbes y deslizamientos.

UNIDAD III: ROCAS VOLCANICO-SEDIMENTARIAS

Se trata de una serie muy potente (1,200 m.) de rocas volcánicas (cuya litología más común es una brecha andesítica, compacta, dura, pobremente estratificada, también se encuentran dacitas, derrames andesíticos, porfiríticos y tobas andesíticas) y rocas sedimentarias (conglomerados lenticulares, areniscas, lutitas tobáceas y volcánicos retrabajados) bien

estratificadas en capas medianas a gruesas. Esta unidad generalmente es resistente a la erosión y forma escarpas y farallones con pendientes promedio de 40°. En sectores donde el intemperismo es profundo se han generado colinas suaves. Buenas condiciones como cimentación, laderas generalmente estables, localmente se ubican pequeños derrumbes y deslizamientos. Rocas de regulares a malas condiciones geomecánicas.

UNIDAD IV: ROCAS SEDIMENTARIAS

Sub-Unidad IVc:Calizas.- Esta Sub-Unidad está formada por calizas intercaladas con margas, lutitas, areniscas y tobas en menor proporción, con una potencia aproximada de 1500 m., generalmente duras, perdiendo competencia con la presencia de margas y lutitas, se presentan generalmente con escarpas pronunciadas y elongadas. De mediana a muy fracturadas y diaclasadas, medianamente alteradas. Taludes rocosos inestables (según su dirección de buzamiento) en los cortes de carretera, se hallan derrumbes y desprendimiento de bloques, presencia de Karts (Formación Cajamarca Ks-ca), su permeabilidad depende del fracturamiento. Se le utiliza para materia prima del cemento (Ks-ca) y como cantera, condiciones geotécnicas generalmente favorables.

Sub-Unidad IVl:Lutitas.- Esta Sub-Unidad trata principalmente de lutitas, margas y calizas en menor proporción, con una potencia aproximada de 600 m. formando topografías de pendientes suaves o depresiones rellenas de suelos arcillo-arenosos, incompetentes, fracturados a muy fracturados, con taludes de corte inestables, casi impermeables. Su competencia y capacidad portante, bajo el punto de vista constructivo, no son favorables.

Sub-Unidad IVq:Cuarcitas.- Se trata de una serie de cuarcitas, areniscas y lutitas en menor proporción de grano medio a grueso, metamorfizadas, con una potencia aproximada de 1,300 m. Se presentan con una topografía abrupta con grandes farallones. Su estratificación es en bancos medios a gruesos, de resistencia dura a muy dura (>1000 kg/cm²), laderas naturales más o menos estables, taludes de corte algo inestables. Presentan elevada resistencia mecánica, medianamente fracturadas, poco alteradas. En los sectores en donde se encuentran intercalaciones de lutitas, disminuyen sus condiciones geomecánicas.

UNIDAD V: ROCAS INTRUSIVAS

Se localiza principalmente al Oeste de la cuenca (valle intermedio), pertenecen al Batolito Costanero, presentan una topografía de moderada a muy abrupta (pendiente 20°-55°) de bordes generalmente redondeados. Generalmente son rocas macizas, medianamente a poco alteradas, fracturadas, su permeabilidad depende del grado de fracturamiento, elevada resistencia mecánica (>1000 kg/cm²). Laderas naturales estables, taludes de corte inestables puntualmente debido a bloques sueltos originados por la intersección de fracturas y por eventuales zonas cizalladas. Estos intrusivos son de litología granodiorítica-tonalítica (V gd) equigranular de color gris blanquecino. Adyacentes a éstos, por el Este, se localizan cuerpos porfiríticos de andesitas (V an). Al SE de la cuenca son de litología diorítica-tonalítica (V di) equigranular de color gris claro, de mediana a muy alteradas, fracturadas.

UNIDAD VI: ROCAS METAMORFICAS

Se trata de filitas pelíticas y tobáceas, laminadas o en capas delgadas, intercaladas en algunos afloramientos con conglomerados deformados, con vetas irregulares de cuarzo lechoso, algunas de ellas hasta de 1 m. de ancho y 100 m. de largo. Se presentan, formando cerros bajos y disectados, esporádicamente en la cuenca baja del Río Jequetepeque, medianamente alterados a alterados, foliados y fracturados, de resistencia media a baja (280-500 kg/cm²).

III MARCO FISIOGRAFICO

3.1 LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE:

Todas las cuencas de drenaje constituyen un sistema natural abierto, donde materia y energía estan en contínuo flujo con el exterior. Este sistema depende de diversos factores (suelo, vegetación, morfología, geología, clima, etc.) que se modifican constantemente pero siempre interrelacionados. Este sistema durante determinados periodos de tiempo llega a alcanzar el equilibrio entre todos sus factores. Cualquier alteración en algunos de estos parámetros (aumento de precipitación, cambio de usos del suelo, etc.) produce una variación en el sistema que se traduce automáticamente en una modificación de la dinámica y la morfología de los cauces (Mozisaure 1985).

Dentro de este contexto, la Cuenca del Río Jequetepeque, ha sido labrada geológicamente siguiendo el eje de un sinclinal y constituye un valle de control estructural, sus cambios de pendiente en las laderas pueden ser asociados a episodios de deformación (Mc.Laughlin 1925). El episodio "Chacra" representado por la amplitud del valle (5-6 Km.) con suaves pendientes, y el episodio "cañón" con secciones angostas y fuertes pendientes.

Notándose que los lechos labrados en rocas duras, forman escarpas muy acentuadas (vertientes occidentales), que contrastan con las zonas del límite oriental con pendientes más o menos moderadas.

Los ríos y quebradas constituyen en sus niveles superiores, un sistema de drenaje mayormente dendrítico, teniendo algunos de los tributarios una tendencia lineal.

Es importante mencionar la tendencia de los ríos a la captura de cuencas, principalmente en los límites sur y oriental de la cuenca.

En cuanto a los factores de clima y vegetación éstos han sido descritos en el Capítulo I, así como las condiciones de precipitación y escorrentía, serán analizadas en el Capítulo IV.

La interacción entre la morfología y el clima, hace que esta cuenca, se diferencie de otras cuencas de la vertiente del Pacífico, por: perfil longitudinal y laderas con pendientes suaves, encañonamientos reducidos localizados en los ríos tributarios, Superficie Puna restringida con cotas menores de 4000 msnm., caudales más regulares, presencia de mayor vegetación (arbustiva), fenómenos de geodinámica externa relacionados principalmente a la acción de ríos y quebradas, así como a la del hombre (taludes de corte en carretera, mal uso del agua de regadio).

3.2 UNIDADES GEOMORFOLOGICAS:

De la evaluación de las geoformas más resaltantes y los procesos geomorfológicos que predominan en la cuenca del Río Jequetepeque, se han definido las siguientes Unidades Geomorfológicas (Ver plano N°2).

3.2.1 UNIDAD I: PAMPA COSTANERA

Esta Unidad en general presenta pendientes suaves y esta formada por el extenso abanico aluvial de material conglomerádico del cono de deyección del río Jequetepeque con elevaciones máximas de 200 m, principalmente desértica, equivalentes a las terrazas altas del río y quebradas adyacentes con profundidades hasta 20 metros.

Dentro de esta Unidad es importante mencionar la morfología costera que consiste en una línea casi continua de acantilados bancos, con alturas de hasta 50 m., formando playas angostas, al Sur de Pacasmayo prácticamente los barrancos disminuyen y la pampa pasa a playas más abiertas.

También es importante mencionar la barrera de arena y conglomerados producidos por la falta de capacidad del río para limpiar la obstrucción de su cauce, así como la migración de arenas desde el sur funcionando como pequeñas represas pequeñas que dan origen generalmente a zonas pantanosas.

Las dunas y acumulaciones irregulares de arena son parte importante de esta unidad, depositadas tanto en la pampa como en los flancos de los cerros adyacentes; se encuentran algunas de ellas ya estabilizadas por la vegetación (San Pedro de Llocc).

En esta Unidad se producen fenómenos de geodinámica externa como desbordes e inundaciones en las zonas adyacentes al Río Jequetepeque.

3.2.2 UNIDAD II: VALLE

Esta unidad se ha desarrollado en la superficie de erosión entre 2,000 - 2,900 msnm. (Wilson y Corzano, 1970), representando un valle maduro con lechos poco inclinados, valles amplios y de pendiente moderada (5 a 20%), las terrazas formadas en esta etapa de erosión, han servido para el asentamiento de algunos poblados y

áreas de cultivo. En esta unidad se producen fenómenos de erosión, huaycos, deslizamientos.

En el fondo del valle, los rangos de pendientes muy bajas hacen que el área sea anegable en la temporada de fuertes precipitaciones, produciéndose desbordes e inundaciones así como erosión lateral.

3.2.3 UNIDAD III: ESTRIBACIONES ANDINAS

Se localizan en los flancos bajos de la cordillera occidental, representada por cumbres concordantes, coincidente con las superficies de erosión de 1,100 y 400 msnm (Wilson y Corzano 1970). La superficie de 1,100 msnm es más amplia, tiene un relieve moderado (10-20%), pero es característica la presencia de escarpas (30-50%) debido a la destrucción por erosión de la superficie de 2000 msnm.

La superficie de 400 msnm. se presenta como pequeñas lomadas concordantes y cerros aislados en la Costa, y ha sido afectada por la etapa actual de erosión. Los fenómenos geodinámicos quedan restringuidos principalmente a desprendimientos de rocas y derrumbes en caso de sismos.

3.2.4 UNIDAD IV: CORDILLERA

Esta unidad comprende principalmente las superficies de erosión de 3,500 msnm y 2,900 msnm. Desarrollándose en la Cordillera Occidental, en algunos sectores constituye la divisoria de cuencas. Sus características indican una etapa madura de erosión con un desarrollo prolongado; con pendientes promedio entre 30° a 50° y cadenas de cerros contínuos, que se incrementan en altitud de Oeste a Este y de Sur a Norte; su drenaje es generalmente dendrítico. El material que compone esta unidad es generalmente rocoso. Los fenómenos de geodinámica externa más comunes se producen por la socavación y acarreo profundo, desprendimientos y deslizamientos los que se desarrollan en función directa con la pendiente e intensidad de la precipitación, principalmente, siendo el factor litológico un factor secundario. Fotos 3 y 4.

3.2.5 UNIDAD V: ALTIPLANICIE

Esta unidad esta ligada a la "Superficie Puna": (Mc Laughlin 1924), (superficie de erosión 3,900), tiene la mayor altitud en la cuenca y se presenta con colinas redondeadas, topografía suave (5-10%), con restos de pequeños valles maduros de sección abierta poco profunda, bastante pantanosa, la acción glacial no se conoce, reducida, los fenómenos de geodinámica quedan muy restringidos. Foto 5.

3.2.6 UNIDAD VI: MESETA VOLCANICA

Esta unidad es también una Altiplanicie de erosión ligada a la "Superficie Puna", pero que se desarrolla generalmente sobre rocas volcánicas tobáceas (Volc. Huambo), modelando superficies llanas a ligeramente onduladas con pendientes de 5-10%, los materiales fluvioglaciares son más abundantes, presencia de lagunas pequeñas y áreas de bofedales. Es importante mencionar la topografía cárstica asociada a rocas calcáreas, siendo comunes las dolinas. Los fenómenos de geodinámica externa, son restringidos y puntuales, dependiendo básicamente de la pendiente y el espesor del manto superficial.

3.3 MORFOMETRIA

Aparte de los factores climáticos, geológicos y vegetación, las características físicas de la cuenca influyen de diversa manera en la formación de las avenidas, condicionante estas, de los fenómenos de desbordamientos, inundaciones, erosiónes, etc.

Las características físicas de la cuenca, entre otras, están dadas por los índices morfométricos y los factores morfológicos; conocidos estos como parámetros geomorfológicos. En la Cuenca del Río Jequetepeque, el análisis de la morfometría nos dió los siguientes resultados (Ver figura 4).

3.3.1 SUPERFICIE DE LA CUENCA

Area Total	: At= 4,971 Km^2
Area de la cuenca de recepción	: Ar= 4,182 Km^2
Area de la cuenca húmeda	: Ah= 3,341 Km^2
Perímetro	: P = 441 m.

FORMA DE LA CUENCA

Ic = 1.75
F = 0.18
Re = 0.23
Cc = 0.33

RELIEVE

H = 2,158 msnm
Tm = 9 horas
S = 1.21%
Pt = 15%
Cm = 0.43 m/Km²
Co = 936.54 m./Km²

AREA

AR = 4,182 Km²
AH = 3,341 Km²

DRENAJE

G = 8vo orden
Dd = 20.01 Km./Km²
Es = 13 met.
Fr = 5.03 rios/Km²

Cmc = 0.05
Des = 0.02 Km.
CT = 3.2 rios/Km²

PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE

Esc. 1 : 500,000

Fig. 4

Los datos nos revelan que la cuenca es de extensión media, con un tiempo de concentración menor de 6-12 horas. Las lluvias de duración semejante a ese intervalo, serán los que caucen las crecidas y los problemas que estos acarrean.

3.3.2 FORMA DE LA CUENCA

Determina la distribución de los caudales a través de todo el Río Jequetepeque, y condiciona el tiempo de concentración.

. Indice de compacidad : Ic = 1.75
. Factor de forma : F = 0.18
. Elongación : Rc = 0.23
. Circularidad : Cc = 0.33

Los valores de los índices estudiados nos reflejan el alargamiento (forma alargada) de la cuenca y lo quebrado y sinuoso de su contorno, teniendo un tiempo de concentración alto [illegible] condiciona que las crecidas sean de [illegible] importancia en la cuenca alta y media, concentrándose sus efectos en la cuenca baja.

3.3.3 RELIEVE

Este factor determina la velocidad de circulación de la escorrentía y así mismo condiciona el tiempo de concentración de la cuenca.

.Altitud media de la cuenca : H=2,158 msnm
.Tiempo medio de traslado :TM=9 horas
.Declive equivalente constante: S=1.21 %
.Pendiente de los terrenos :PT=15 %
.Coeficiente de masividad :Cm=0.43 m/Km²
.Coeficiente orográfico :Co=936.54 m²/Km²

También se ha gráficado el poligono de frecuencia de altitudes, la curva hipsométrica, el rectángulo equivalente (Fig. N°5), el perfil longitudinal del Río Jequetepeque en el plano N°2.

De acuerdo con los valores obtenidos, se puede resumir que la cuenca tiene un relieve (pendientes) entre accidentado medio y accidentado. También se puede deducir que hay un equilibrio entre los terrenos erosionados y los que faltan erosionar, con tendencia a una erosión mayor, esto se refleja con el bajo valor de la altura media de la cuenca, para un río de la vertiente del pacífico.

En el perfil longitudinal no se reconocen saltos, lo cual nos indica, la suceptibilidad de las rocas a la erosión.

3.3.4 DRENAJE

El drenaje es el sistema colector de las precipitaciones y es el factor de mayor influencia en las crecidas y sus consecuencias. A continuación presentamos algunos valores obtenidos.

- Grado de Ramificación : Gr = 8vo orden
- Densidad de Drenaje : Dd = 20.01 Km/Km²
- Extensión media de escurrimiento superficial : Es = 13 m
- Frecuencia de ríos : Fr = 5.03 ríos/Km²
- Constante de mantenimiento de cauce : CMC= 0.05
- Distancia de escorrentía : DES= 0.02 Km.
- Coeficiente de Torrencialidad : Ct = 3.2 rios/Km²

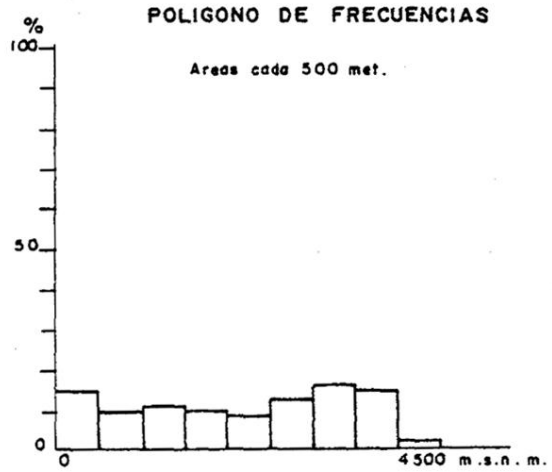
La cuenca tiene una torrencialidad moderada, relacionada con la erosión, facilitada por litologías algo blandas, terrenos mayormente áridos con permeabilidades moderadas a bajas. Las precipitaciones encontrarán en corto recorrido un cauce, lo cual facilita la erosión y el lavado del terreno por carcavamiento.

Este es uno de los principales factores de ocurrencia de los huaycos, principalmente en la cuenca media.

POLIGONO DE FRECUENCIA DE ALTITUDES

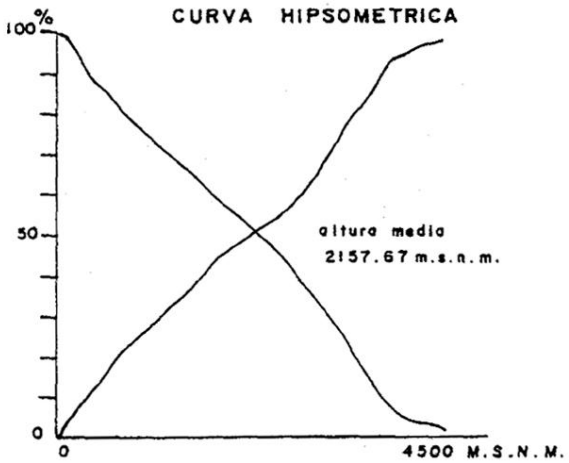
X (m.s.n.m.)	Y (%)
0 - 500	14.76
500 - 1000	9.19
1000 - 1500	10.98
1500 - 2000	10.29
2000 - 2500	8.47
2500 - 3000	12.45
3000 - 3500	16.33
3500 - 4000	14.89
4000 - 4500	2.65

Y = % del area entre cotas



CURVA HIPSOMETRICA

m.s.n.m. X	% area sobre Y	% area debajo Y
0	100	0
500	85.24	14.76
1000	76.05	23.95
1500	65.08	34.92
2000	54.79	45.21
2500	46.32	53.68
3000	33.87	66.13
3500	17.54	82.46
4000	2.65	97.35
4500	0.	100



RECTANGULO EQUIVALENTE

Lado Mayor (L) = 195.12 Km.
Lado Menor (l) = 25.48 Km.
L según areas parciales (desde cota mas baja :

L (1) 28.81 Km.
L (2) 17.92 Km.
L (3) 21.42 Km.
L (4) 20.07 Km.
L (5) 16.52 Km.
L (6) 24.29 Km.
L (7) 31.86 Km.
L (8) 29.05 Km.
L (9) 5.17 Km.

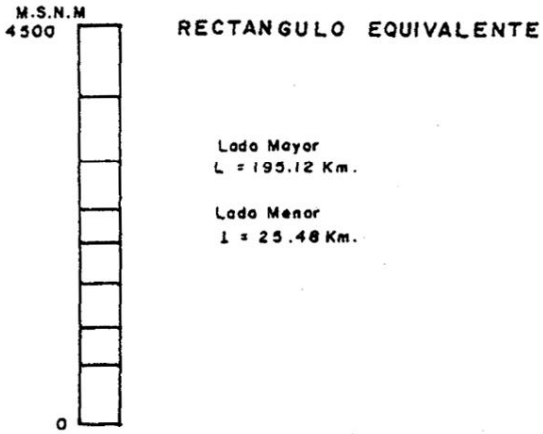


Figura Nº 5

IV MARCO HIDROLOGICO

4.1 SISTEMA FLUVIAL DEL RIO JEQUETEPEQUE

Un sistema fluvial debe de analizarse integralmente, estudiando los tres componentes principales: morfología, dinámica de los ríos y laderas. Considerando también el análisis de los materiales depósitados, para el conocimiento de la dinámica fluvial del sistema (Schumm, S. 1977). De todo lo anterior, la cuenca se divide en partes ligadas al sedimento: zona de producción, zona de transferencia y zona de sedimentación (Ver figura N°6).

En este contexto la Cuenca del Río Jequetepeque, de forma más evolucionada que las cuencas del Sur del país, ocupa una superficie aproximada de 4,971 Km^2, donde el Río Jequetepeque efectúa un recorrido de 160 Km., desde su nacimiento en el paraje Agua Colorada (4,000 msnm) hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, denominándose en su recorrido: Qda. Agua Colorada, Río Huacraruco, Río Magdalena, Río Chilete y Río Jequetepeque.

Los caudales máximos calculados para la zona de depósito son: (Ver fig. 6)

$Q5 = 370\ m^3/seg$
$Q10 = 600\ m^3/seg$
$Q50 = 1600\ m^3/seg$

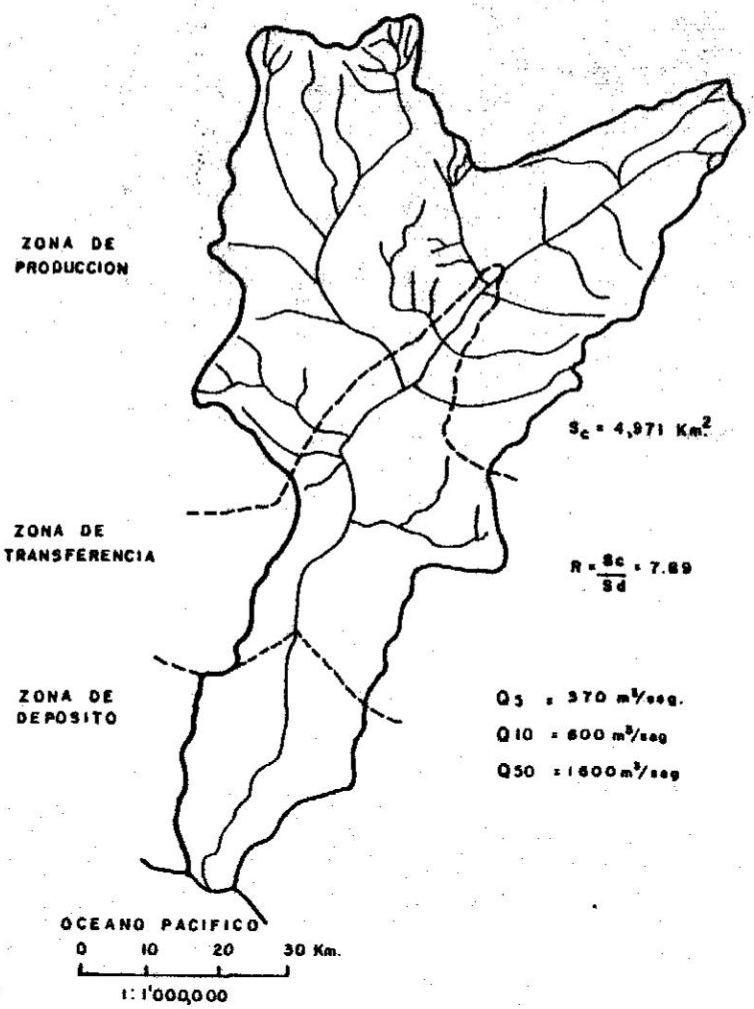
La dinámica fluvial presenta un canal activo con una ramificación principal: Río San Miguel y otras laterales de menor importancia como los Ríos Contumaza, Huertas, Laninchan y Pallac.

Los depósitos en la Plánice (llanura aluvial-zona de depósitos), han dado lugar a una superficie casi triangular de 630 Km^2, dejados durante el Cuaternario Reciente, la zona de transición está generalmente sobre depósitos intrusivos y sedimentarios (cuarcíticos, lutáceos y calcáreos). Son comunes los depósitos proluviales y coluviales en las laderas.

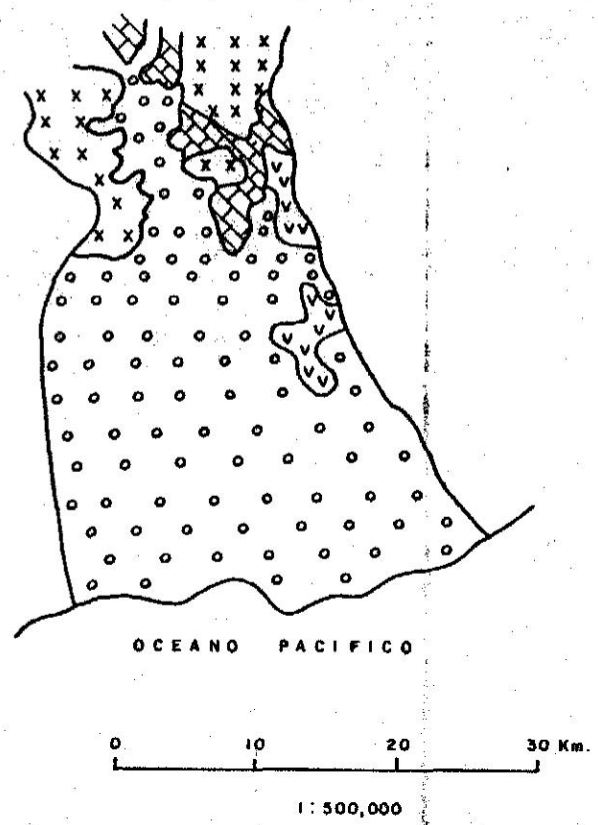
Un estudio preliminar nos muestra que el abanico está formado por terrazas sobreimpuestas, con elevaciones máximas de 200 m, con un espesor entre 1 a 3 m.

Hay que resaltar además la existencia de una barrera de gravas y arena que rodea la desembocadura, este cordón formado por las corrientes marinas, con los propios aportes fluviales, llega a generar una barrera natural de cantos de más de 2 m de altura, que dificultaría el desague del río en una crecida excepcional, hoy regulada por la Presa Gallito Ciego. (Foto 21).

CUENCA HIDROGRAFICO DEL RIO JEQUETEPEQUE



AREA DEL DEPOSITO



SISTEMA DEL RIO JEQUETEPEQUE
RELACION SUPERFICIE DE LA CUENCA- SUPERFICIE DEL DEPOSITO

Figura Nº 6

4.2 PLUVIOMETRIA

Para el estudio pluviométrico de la Cuenca del Río Jequetepeque se han tomado en cuenta 16 estaciones registradas en la cuenca y 3 estaciones fuera de ella. Se han ordenado estas de acuerdo a su altitud y clima: Cuenca Baja, media y alta (Ver fig. N° 7).

El resultado del análisis de los datos de precipitación total mensual y anual se muestran en el cuadro N°1, en la figura N°8 se presenta las precipitaciones totales anuales registradas en la Cuenca del Río Jequetepeque desde los años 1963-1986.

La precipitación total promedio en la cuenca es de 409 mm., en la cuenca baja de 20.3 mm., en la media 326 mm. y en la cuenca alta 887.6 mm. Promedios calculados con el Método de Thiessen.

Se presentan los mapas de isoyetas totales y máximas de la cuenca (Figuras 9 y 10). En las cuales se muestran 2 áreas de concentración de lluvias, Contumaza (por razones meteorológicas y climáticas: Fenómeno de El niño, las precipitaciones aumentaron los últimos 12 años) y LLapa. En la Costa, las precipitaciones máximas ocurren en los meses de Mayo, Junio, Julio y en la Sierra en los meses de Enero, Febrero y Marzo, esporádicamente en Diciembre.

La máxima precipitación registrada en la cuenca se da en Febrero de 1983 en el área de Contumaza (412 mm), éste registro se anota a las anormalidades climáticas producidas por la el Fenómeno de El Niño.

Las precipitaciones totales mayores se concentran en el área de Llapa, en la Subcuenca del Río San Miguel, siendo una de las razones para que este rio tenga un caudal casi constante todo el año.

4.2.1 INTERPRETACION DE LAS CURVAS DE FRECUENCIAS DE PRECIPITACION

Para el análisis de frecuencia de las precipitaciones se ha tomado 3 estaciones representativas de la cuenca; LLapa: precipitaciones totales anuales; Chilete: precipitaciones máximas y totales anuales (cuenca media) y San José: precipitaciones máximas y totales anuales (cuenca baja). Los resultados se muestran en las figuras N° 11, 12, 13, 14.

4.3 CAUDALES

Como todos los ríos de la costa, el Río Jequetepeque

CUADRO Nº 1

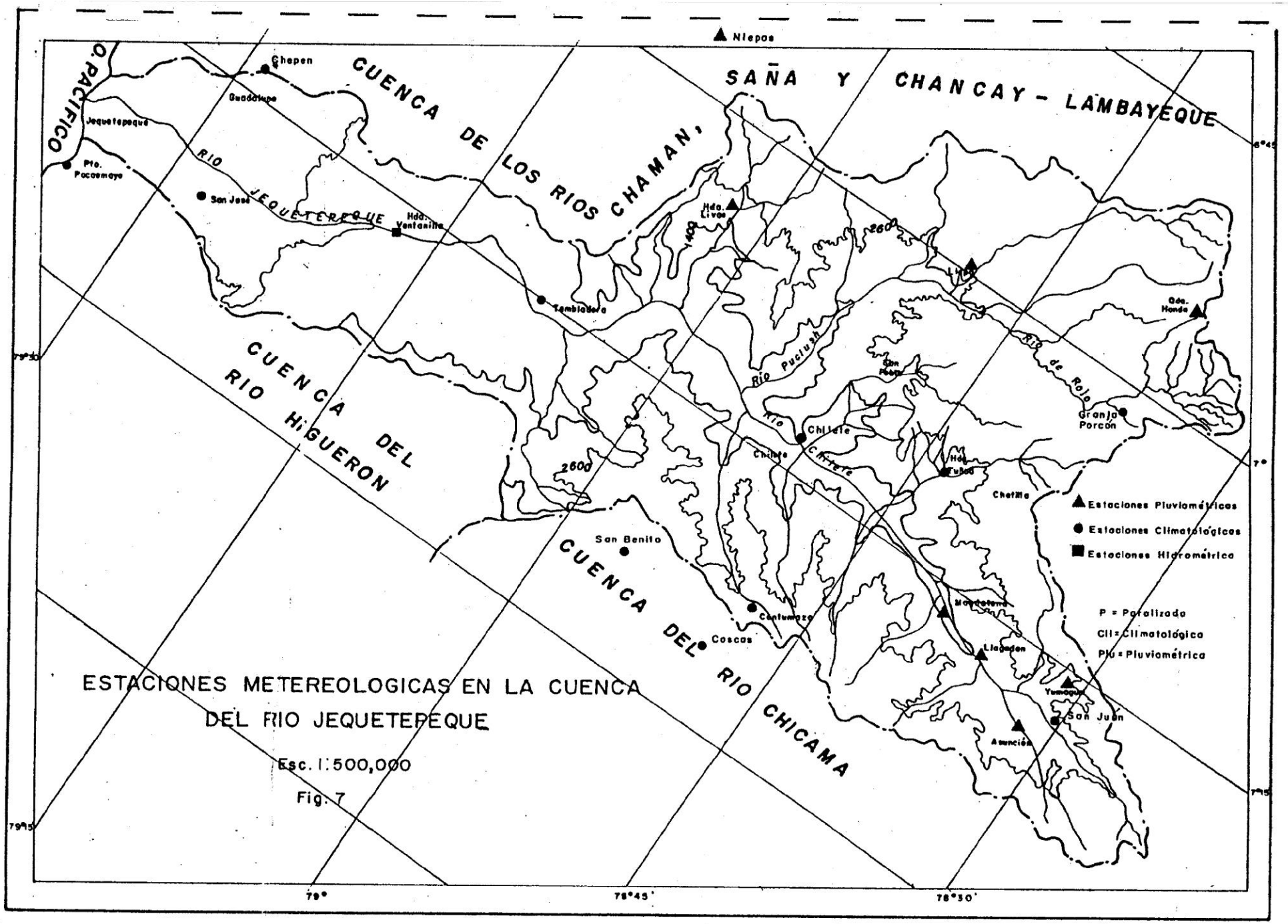
RESULTADO DEL ANALISIS ESTADISTICO DE LAS PRECIPITACIONES TOTALES, MENSUALES, ANUALES EN LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE

ESTACION:	ITEMS	ENE:	FEB:	MAR:	ABR:	MAY:	JUN:	JUL:	AGO:	SET:	OCT:	NOV:	DIC:	ANUAL:
PACASMAYO	Nº de datos	5.00	6.00	4.00	4.00	4.00	4.00	5.00	4.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00
	Med. Arit.	0.04	0.28	2.43	0.02	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.43	3.12
	Rango	0.20	1.30	8.80	0.10	0.00	2.10	0.00	0.00	0.00	1.60	0.00	2.60	13.40
	Desv. Stand.	0.08	0.47	3.69	0.04	0.00	0.86	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.97	4.80
	Med. Geomet.	0.72	0.58	1.12	0.56	0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	1.08	0.00	1.17	1.90
	Coef. Var. %	200.00	168.00	153.00	200.00	0.00	123.00	0.00	0.00	0.00	222.00	0.00	226.00	154.80
	Max.	0.20	1.30	8.80	0.10	0.00	2.10	0.00	0.00	0.00	1.60	0.00	2.60	13.40
	Min.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SAN JOSE	Nº de datos	17.00	17.00	17.00	18.00	17.00	18.00	16.00	17.00	15.00	17.00	18.00	18.00	20.00
	Med. Arit.	3.59	4.22	10.49	5.07	0.85	0.29	0.00	0.18	0.19	1.13	0.82	0.97	23.90
	Rango	27.00	13.10	51.80	59.50	5.80	2.60	0.00	1.50	1.10	5.70	5.50	5.80	119.40
	Desv. Stand.	6.35	4.23	15.20	13.33	1.63	0.66	0.00	0.39	0.36	1.56	1.47	1.54	26.80
	Med. Geomet.	1.70	2.43	4.18	2.01	1.21	1.03	0.00	0.91	0.19	1.04	1.08	1.05	14.30
	Coef. Var. %	177.00	100.00	145.00	263.00	192.00	228.00	0.00	217.00	189.00	138.00	179.00	159.00	111.70
	Max.	27.00	13.10	51.80	59.50	5.80	2.60	0.00	1.50	1.10	5.70	5.50	5.80	120.00
	Min.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70
CHEPEN	Nº de datos	13.00	14.00	15.00	14.00	14.00	13.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	15.00	15.00
	Med. Arit.	4.53	4.47	20.24	2.36	0.91	0.38	0.36	0.24	0.65	1.19	0.62	0.61	35.20
	Rango	22.20	14.00	160.00	9.60	6.90	2.50	2.60	1.60	4.40	8.80	2.90	3.90	159.80
	Desv. Stand.	6.44	4.64	40.42	2.66	1.95	0.74	0.75	0.46	1.18	2.40	1.02	1.08	37.80
	Med. Geomet.	2.19	2.32	5.04	1.43	1.26	0.95	1.10	0.88	0.99	1.21	0.97	1.04	21.30
	Coef. Var. %	142.00	104.00	200.00	113.00	214.00	195.00	208.00	192.00	182.00	202.00	165.00	177.00	107.50
	Max.	22.20	14.00	160.00	9.60	6.90	2.50	2.60	1.60	4.40	8.80	2.90	1.90	160.90
	Min.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10
TEMBLADERA	Nº de datos	13.00	12.00	16.00	13.00	10.00	12.00	11.00	10.00	13.00	12.00	12.00	12.00	16.00
	Med. Arit.	13.44	14.57	47.91	6.60	0.66	0.03	0.39	0.21	0.57	1.82	2.87	2.49	81.80
	Rango	43.50	36.10	347.60	21.20	2.70	0.40	4.30	1.70	2.80	15.60	10.30	6.70	383.50
	Desv. Stand.	11.63	13.58	83.16	6.39	0.99	0.11	1.24	0.51	0.85	4.19	3.42	2.39	87.80
	Med. Geomet.	8.89	7.71	15.04	4.09	0.89	0.93	1.14	0.96	0.78	0.91	2.01	1.55	54.00
	Coef. Var. %	87.00	93.00	174.00	97.00	150.00	367.00	318.00	243.00	149.00	230.00	119.00	95.98	107.40
	Max.	45.20	36.60	347.60	21.20	2.70	0.40	0.43	1.70	2.80	15.60	10.30	6.70	391.00
	Min.	1.70	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50
CHILETE	Nº de datos	22.00	22.00	21.00	20.00	21.00	20.00	19.00	16.00	19.00	21.00	19.00	21.00	22.00
	Med. Arit.	33.18	40.69	56.08	27.22	4.33	0.76	0.75	1.23	3.79	10.37	6.24	12.28	189.40
	Rango	95.10	142.00	142.90	102.80	15.40	7.30	12.70	7.20	10.10	18.80	16.90	34.20	284.70
	Desv. Stand.	29.40	35.36	42.06	25.68	4.32	1.90	2.83	2.03	3.19	18.77	5.73	9.21	78.10
	Med. Geomet.	15.96	25.33	36.55	18.61	3.03	1.27	1.12	1.44	2.86	6.34	3.67	8.60	78.10
	Coef. Var. %	89.00	86.90	75.00	94.34	99.80	250.00	377.00	165.00	84.00	104.00	91.00	75.00	41.20
	Max.	95.40	142.00	143.80	102.80	15.40	7.30	12.70	7.20	10.10	18.80	16.90	39.20	336.80
	Min.	0.30	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.10
MAGDALENA	Nº de datos	21.00	21.00	21.00	21.00	20.00	21.00	20.00	15.00	20.00	22.00	21.00	20.00	21.00
	Med. Arit.	44.00	82.50	86.72	44.92	15.86	2.93	1.13	2.39	10.21	26.22	17.10	32.74	380.90
	Rango	132.60	282.00	178.50	139.30	100.80	16.40	14.60	10.50	30.30	81.90	42.30	119.10	450.90
	Desv. Stand.	35.67	66.32	55.52	35.05	21.70	4.39	3.20	3.33	6.44	20.86	9.95	26.11	126.30
	Med. Geomet.	28.67	62.95	70.70	29.69	8.01	1.70	1.19	1.98	6.57	16.33	13.32	23.17	359.40
	Coef. Var. %	81.00	80.35	64.00	78.00	137.00	150.00	223.00	139.00	83.00	80.00	58.00	79.75	32.60
	Max.	133.00	291.60	204.10	140.50	100.80	16.40	14.60	10.50	30.30	81.90	42.30	121.60	625.70
	Min.	0.00	9.40	25.60	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	174.80
CASCAS	Nº de datos	20.00	19.00	20.00	19.00	19.00	16.00	14.00	13.00	18.00	17.00	18.00	19.00	20.00
	Med. Arit.	34.56	54.17	87.78	19.84	4.35	1.71	1.06	1.27	3.53	9.07	5.92	15.59	230.80
	Rango	84.30	168.20	301.30	43.10	10.70	10.80	7.30	9.30	7.80	36.80	23.50	46.00	505.40
	Desv. Stand.	26.78	42.75	101.61	12.92	3.18	2.70	2.36	2.38	2.68	9.42	5.57	13.75	129.90
	Med. Geomet.	21.56	33.43	47.93	14.37	3.44	1.58	1.34	1.01	2.53	6.12	3.70	9.02	197.55
	Coef. Var. %	77.00	78.92	115.76	65.00	73.00	158.00	223.00	187.00	76.00	104.00	94.00	88.00	56.30
	Max.	86.30	173.10	395.90	45.60	10.70	10.80	7.30	9.30	7.80	36.80	23.50	47.00	561.50
	Min.	2.00	4.90	4.60	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	56.10

LIVIS	Nº de datos	23.00	23.00	23.00	23.00	22.00	15.00	15.00	20.00	20.00	23.00	21.00	22.00	23.00
	Med. Arit.	65.84	97.47	124.43	59.63	16.45	13.66	5.29	7.65	15.71	33.52	19.74	34.15	479.90
	Rango	166.20	247.60	312.00	244.60	46.60	38.40	12.40	27.80	42.50	112.20	83.60	132.20	778.10
	Desv. Stand.	47.08	67.88	91.66	56.72	14.78	10.63	3.89	7.98	11.10	29.49	17.40	29.71	182.30
	Med. Geomet.	47.96	78.73	93.02	40.70	9.49	8.64	3.76	4.43	9.72	20.33	13.63	23.33	448.40
	Coef. Var. %	72.00	69.64	73.66	95.12	89.85	78.00	74.00	104.00	70.66	87.98	88.00	87.00	37.90
	Max.	173.90	274.10	330.60	254.00	46.60	38.40	12.40	27.80	42.65	112.20	84.80	132.20	1,000.70
	Min.	7.70	25.60	18.60	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	222.60
LLAGADIN	Nº de datos	20.00	22.00	22.00	22.00	19.00	22.00	17.00	19.00	21.00	20.00	20.00	19.00	22.00
	Med. Arit.	71.25	98.01	106.21	33.54	9.40	4.85	1.41	3.31	13.83	35.65	27.35	48.01	455.80
	Rango	182.90	251.90	325.60	187.80	45.50	18.10	16.80	20.40	51.90	77.10	118.80	126.80	533.50
	Desv. Stand.	51.21	61.24	78.78	45.49	11.94	6.02	4.06	6.02	14.06	22.94	26.70	32.96	143.90
	Med. Geomet.	49.16	76.71	63.09	28.54	4.26	2.74	1.35	1.90	7.06	23.67	14.27	30.92	430.50
	Coef. Var. %	72.00	62.00	74.00	85.00	127.00	124.00	288.00	182.00	102.00	64.00	97.62	69.00	31.60
	Max.	182.90	257.50	325.60	187.80	45.50	18.10	16.80	20.40	51.90	77.10	118.80	126.80	727.30
	Min.	1.00	5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	193.20
ASUNCION	Nº de datos	20.00	21.00	21.00	19.00	18.00	0.00	14.00	17.00	17.00	19.00	20.00	22.00	22.00
	Med. Arit.	75.60	90.67	124.30	74.28	15.48	5.35	2.37	5.26	15.66	54.56	32.52	43.70	488.60
	Rango	226.00	328.00	302.80	224.10	51.40	28.00	14.30	21.10	38.10	130.30	137.00	238.00	630.50
	Desv. Stand.	63.35	74.51	83.27	57.89	13.65	8.50	3.98	7.91	12.66	41.76	36.71	53.04	238.30
	Med. Geomet.	46.00	51.65	94.87	47.45	9.50	253.00	1.41	2.14	8.29	29.12	14.74	20.02	429.40
	Coef. Var. %	84.00	82.18	67.00	77.93	88.00	159.00	168.00	150.00	81.00	76.54	113.00	121.00	48.80
	Max.	231.00	328.00	313.40	224.10	51.40	28.00	14.30	21.10	38.10	130.30	137.00	238.00	1,001.90
	Min.	5.00	0.00	10.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	171.40
CADENA-TUNAC	Nº de datos	6.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	7.00	7.00	6.00	6.00	9.00
	Med. Arit.	60.50	120.22	145.08	57.62	11.69	3.04	3.94	11.08	13.27	50.06	50.17	53.00	354.40
	Rango	96.80	169.60	438.30	175.50	26.20	9.80	16.50	31.20	34.00	121.80	195.40	124.40	930.20
	Desv. Stand.	35.04	57.89	158.36	67.03	9.19	3.86	6.40	13.75	12.93	35.22	67.23	49.00	276.20
	Med. Geomet.	48.71	99.97	74.78	31.53	7.51	2.23	2.21	3.76	7.46	29.47	16.98	26.80	273.20
	Coef. Var. %	58.00	48.00	109.00	116.00	77.00	127.00	162.00	124.00	97.00	70.00	134.00	92.30	77.90
	Max.	109.80	197.00	449.10	187.40	26.20	9.20	16.50	31.20	34.00	121.80	195.40	127.00	1,024.90
	Min.	13.00	27.40	10.80	11.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.60	94.70

SAN JUAN	Nº de datos	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	22.00	22.00	23.00
	Med. Arit.	117.50	168.10	165.60	33.83	22.20	86.00	3.33	7.80	21.40	61.10	45.31	78.63	813.30
	Rango	267.40	372.90	336.80	191.00	59.30	35.30	21.50	52.00	68.40	141.80	126.00	149.40	1,004.70
	Desv. Stand.	73.70	94.30	80.11	55.90	18.10	11.50	5.10	11.50	18.90	43.20	27.80	38.60	230.70
	Med. Geomet.	94.30	145.40	153.83	62.40	13.80	3.50	2.10	4.00	11.00	34.00	30.90	67.00	776.70
	Coef. Var. %	62.80	56.10	43.17	56.60	81.60	133.60	152.60	147.60	88.20	70.70	61.30	49.20	28.40
	Max.	283.70	423.40	357.50	216.00	59.30	35.30	21.50	52.00	68.40	141.80	126.00	162.50	1,293.30
	Min.	15.30	50.50	20.70	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.10	288.60
CONTUMAZA	Nº de datos	22.00	23.00	23.00	23.00	21.00	21.00	22.00	21.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
	Med. Arit.	94.00	191.10	151.00	93.60	21.50	3.20	4.20	8.60	25.70	64.00	38.93	46.20	742.80
	Rango	374.20	1,393.90	613.60	443.60	161.00	12.00	20.00	93.00	188.40	525.00	289.00	127.00	2,720.10
	Desv. Stand.	87.90	297.50	148.20	100.00	34.30	4.20	6.70	21.30	42.40	106.60	61.60	38.20	593.60
	Med. Geomet.	61.20	105.40	97.85	51.70	8.80	2.20	2.10	2.20	8.70	27.80	16.10	32.50	610.40
	Coef. Var. %	93.50	155.70	98.17	106.80	159.70	133.10	160.00	248.80	164.70	166.40	158.20	82.60	79.90
	Max.	383.20	1,406.50	616.80	446.60	161.00	12.00	20.00	93.00	188.40	525.00	289.00	135.00	3,008.30
	Min.	9.00	12.60	3.20	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	287.60
LLAPA	Nº de datos	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	22.00	22.00	22.00	23.00
	Med. Arit.	118.50	142.90	190.20	109.20	50.20	21.00	12.80	22.50	46.34	98.50	62.30	84.90	934.00
	Rango	273.60	338.60	360.60	226.50	96.30	61.50	62.80	58.50	96.00	169.60	108.80	158.10	851.60
	Desv. Stand.	78.20	74.30	96.10	46.80	25.80	19.20	13.60	18.70	25.40	44.90	26.30	45.90	226.60
	Med. Geomet.	93.90	126.00	166.50	97.90	44.00	10.80	7.60	12.20	32.10	79.70	55.70	66.20	907.20
	Coef. Var. %	66.00	55.00	50.50	42.80	51.30	91.38	106.00	83.10	54.80	45.60	42.20	54.00	24.30
	Max.	294.10	380.80	424.30	245.00	112.40	61.50	62.80	58.50	96.00	172.60	119.30	162.40	1,432.70
	Min.	20.50	42.20	64.20	18.50	16.10	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	10.50	4.30	581.10
PORCON	Nº de datos	16.00	16.00	16.00	17.00	16.00	15.00	17.00	17.00	16.00	17.00	17.00	16.00	18.00
	Med. Arit.	126.90	130.90	176.60	125.70	60.00	31.10	17.60	33.60	47.90	114.80	117.60	110.60	1,014.50
	Rango	229.00	270.80	470.50	196.50	99.00	70.60	72.00	124.40	137.20	225.20	198.10	162.50	1,474.80
	Desv. Stand.	59.70	78.30	98.90	56.80	27.50	23.00	20.50	29.00	37.30	64.80	60.10	45.10	355.30
	Med. Geomet.													
	Coef. Var. %	47.10	59.80	56.00	45.20	45.90	74.00	116.50	86.40	77.90	54.10	51.10	40.70	35.00
	Max.	269.00	290.00	476.50	229.10	117.50	70.60	72.00	124.40	139.40	247.20	221.10	182.50	1,818.00
	Min.	40.00	19.20	6.00	32.60	18.50	0.00	0.00	0.00	2.20	22.00	23.00	20.00	343.20

YUMAGUAL	Nº de datos	12.00	12.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	11.00	12.00	12.00	12.00	14.00
	Med. Arit.	119.30	155.40	196.20	120.20	61.80	22.00	18.20	24.60	66.50	115.40	84.60	128.50	980.80
	Rango	154.40	159.30	210.20	185.30	166.50	68.20	61.90	79.10	126.30	170.30	106.80	183.90	1,277.60
	Desv. Stand.	52.10	40.50	66.50	43.50	45.50	20.70	21.65	20.50	46.80	51.10	34.20	63.70	350.30
	Med. Geomet.	105.80	149.60	183.20	111.50	42.30	10.20	6.60	15.60	46.80	102.10	76.90	106.80	875.70
	Coef. Var. %	43.70	26.00	33.90	36.20	73.70	93.90	118.80	82.70	70.40	44.30	40.50	49.60	35.70
	Max.	198.20	240.00	290.00	220.60	168.20	68.20	61.90	79.10	136.20	203.40	135.60	211.30	1,478.40
	Min.	43.80	80.70	76.80	35.30	1.70	0.00	0.00	0.00	9.90	33.10	28.80	22.40	200.80
QDA. HONDA	Nº de datos	21.00	21.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	23.00	23.00	23.00	22.00
	Med. Arit.	98.30	86.10	96.70	86.80	47.10	25.10	17.80	11.50	30.10	80.30	73.80	70.20	700.80
	Rango	498.00	406.40	321.40	199.70	184.60	194.40	120.10	58.40	83.80	213.00	180.90	171.50	1,484.40
	Desv. Stand.	104.20	83.80	73.00	56.30	41.70	44.00	30.40	16.20	23.90	69.80	43.40	49.10	400.90
	Med. Geomet.													
	Coef. Var. %	106.00	97.40	75.50	64.90	88.70	175.10	171.50	140.20	79.40	86.90	58.80	70.00	57.20
	Max.	512.80	422.00	343.10	233.00	184.60	194.40	120.10	58.40	84.00	213.60	192.70	192.60	1,711.50
	Min.	14.80	15.60	21.70	33.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.60	11.80	21.10	227.10
SAN BENITO	Nº de datos	20.00	20.00	20.00	19.00	18.00	15.00	15.00	14.00	19.00	19.00	19.00	18.00	21.00
	Med. Arit.	51.60	79.20	140.40	51.30	4.70	2.70	1.23	2.20	3.59	10.85	10.90	7.90	349.30
	Rango	179.80	240.80	648.30	441.70	11.40	11.90	5.50	9.60	10.20	47.50	47.30	26.40	1,434.80
	Desv. Stand.	49.90	64.90	176.90	95.30	3.50	3.80	1.80	2.60	3.20	10.98	10.90	6.40	310.40
	Med. Geomet.	27.50	56.50	65.90	23.10	3.60	1.90	1.30	1.60	2.60	6.82	6.80	5.60	250.80
	Coef. Var. %	96.90	62.10	126.10	185.80	74.60	138.40	143.90	118.60	87.70	100.37	100.40	81.00	88.90
	Max.	181.00	252.20	665.50	443.90	11.40	11.90	5.50	9.60	10.20	17.30	47.30	26.40	1,447.80
	Min.	1.20	11.40	4.20	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.00
NIEPOS	Nº de datos	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	22.00	23.00	23.00	23.00	22.00	22.00	23.00
	Med. Arit.	86.80	100.50	160.70	108.90	48.00	27.30	17.20	29.70	51.30	61.00	28.90	49.70	764.10
	Rango	246.90	366.80	380.00	323.50	283.60	196.70	89.60	76.20	100.10	160.50	65.10	113.20	1,686.80
	Desv. Stand.	56.50	77.50	93.70	78.90	58.80	39.40	19.10	24.60	28.30	36.50	18.10	34.50	332.60
	Med. Geomet.	64.90	78.90	126.70	81.10	23.10	13.00	8.90	17.50	42.20	50.90	22.50	37.60	711.00
	Coef. Var. %	65.10	77.10	56.30	72.50	122.40	144.20	111.20	82.70	55.10	59.90	62.60	69.40	43.50
	Max.	250.70	384.70	396.60	335.00	283.60	196.70	89.60	76.20	106.60	176.80	66.50	121.20	2,064.50
	Min.	3.80	17.90	166.00	11.50	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	16.30	1.40	80.00	377.70



ESTACIONES METEREOLOGICAS EN LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE

Esc. 1:500,000

Fig. 7

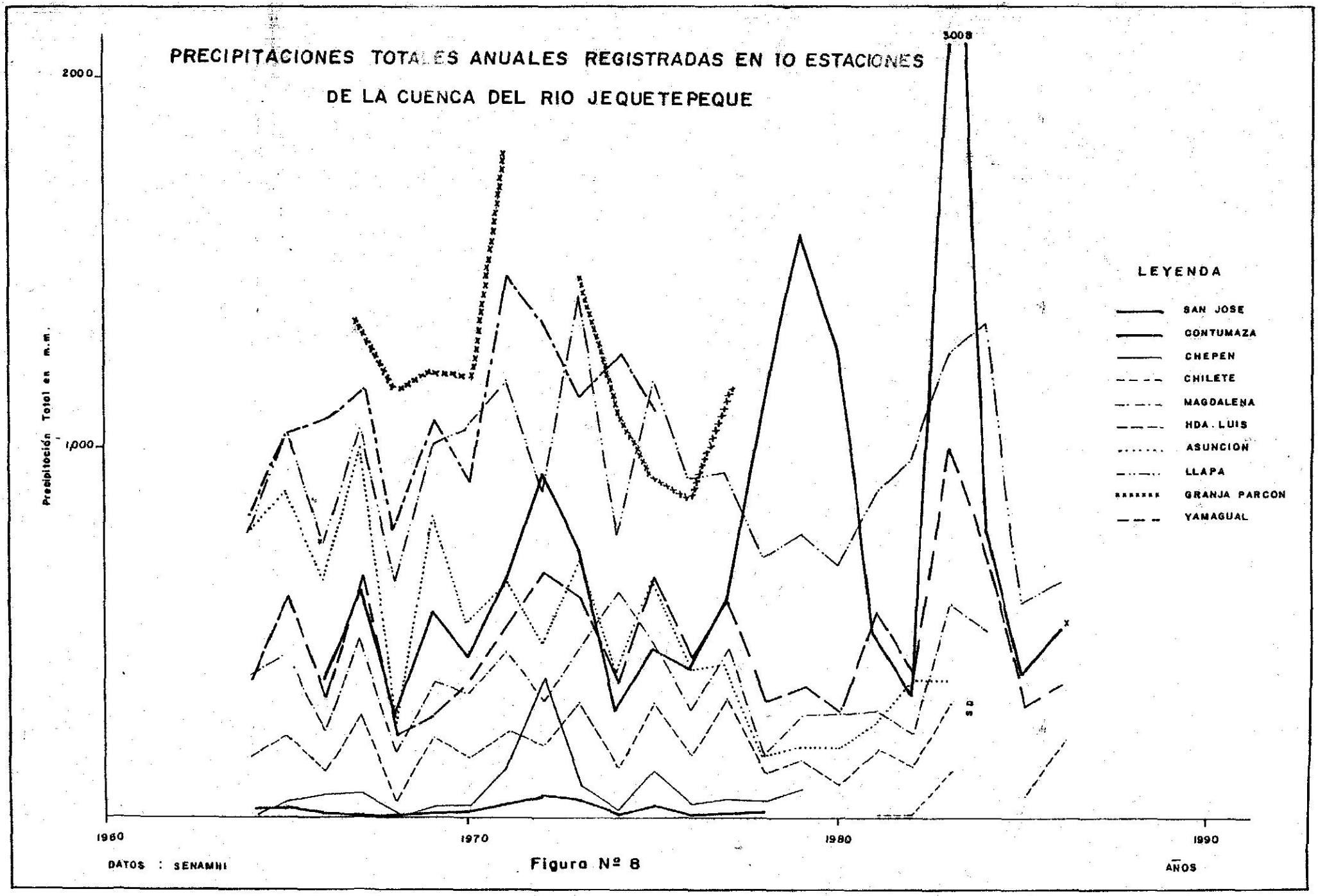
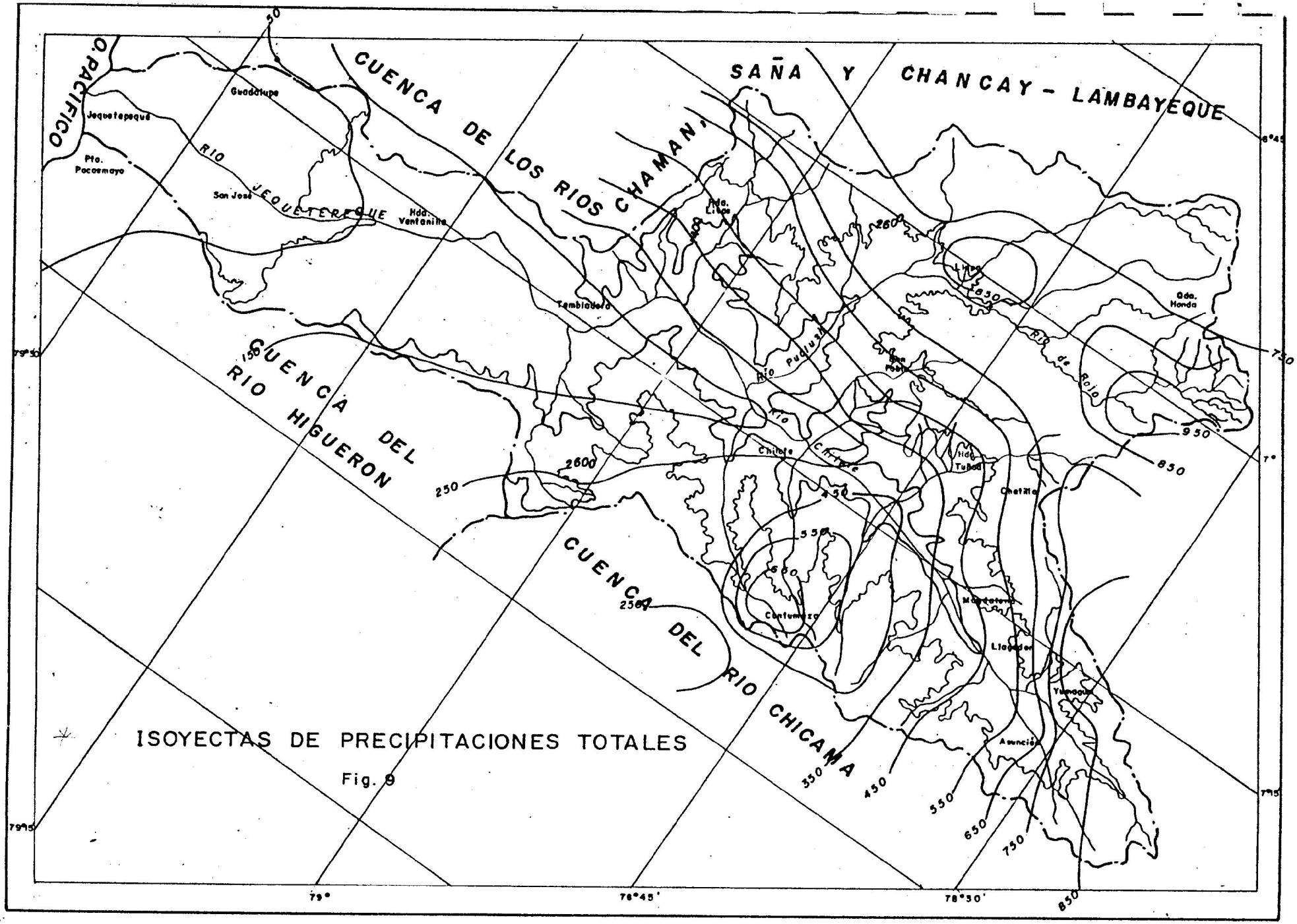
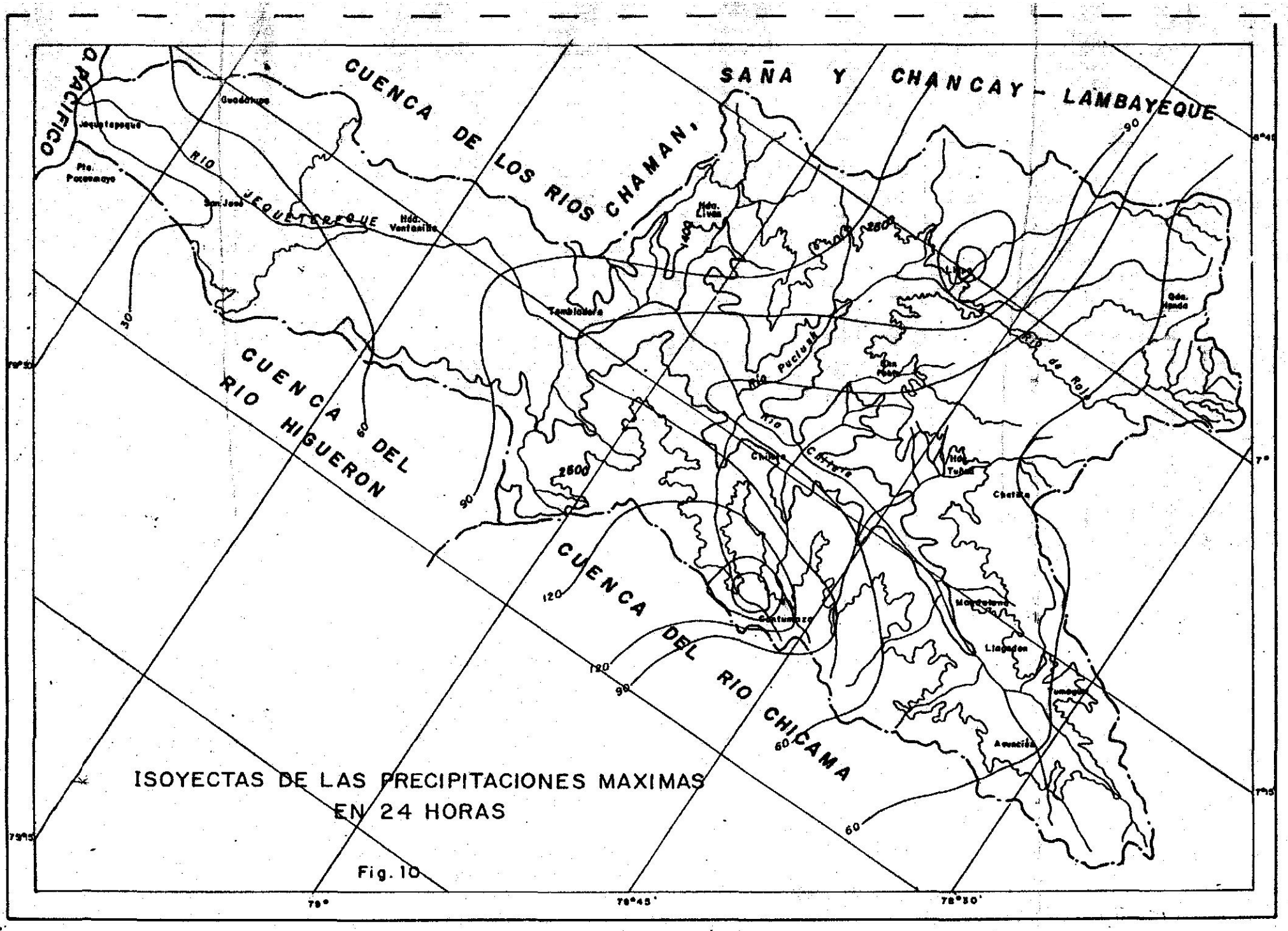

PRECIPITACIONES TOTALES ANUALES REGISTRADAS EN 10 ESTACIONES
DE LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE
2000
1,000
Precipitación Total en m.m.
3,008
1960
1970
1980
1990
AÑOS
LEYENDA
SAN JOSE
CONTUMAZA
CHEPEN
CHILETE
MAGDALENA
HDA. LUIS
ASUNCION
LLAPA
GRANJA PARCON
YAMAGUAL
DATOS : SENAMHI

Figura Nº 8



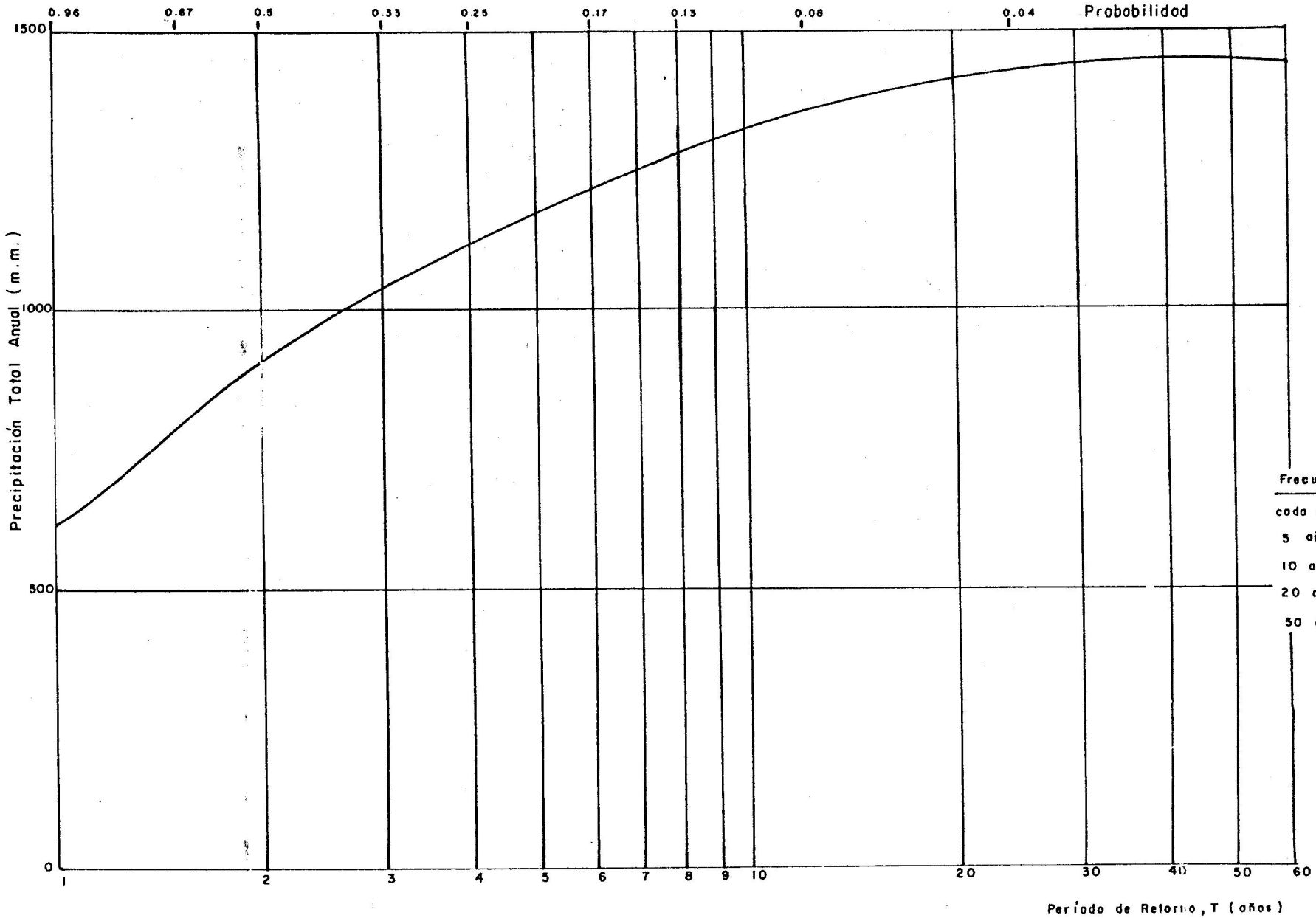
ISOYECTAS DE PRECIPITACIONES TOTALES

Fig. 9



ISOYECTAS DE LAS PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS

Fig. 10

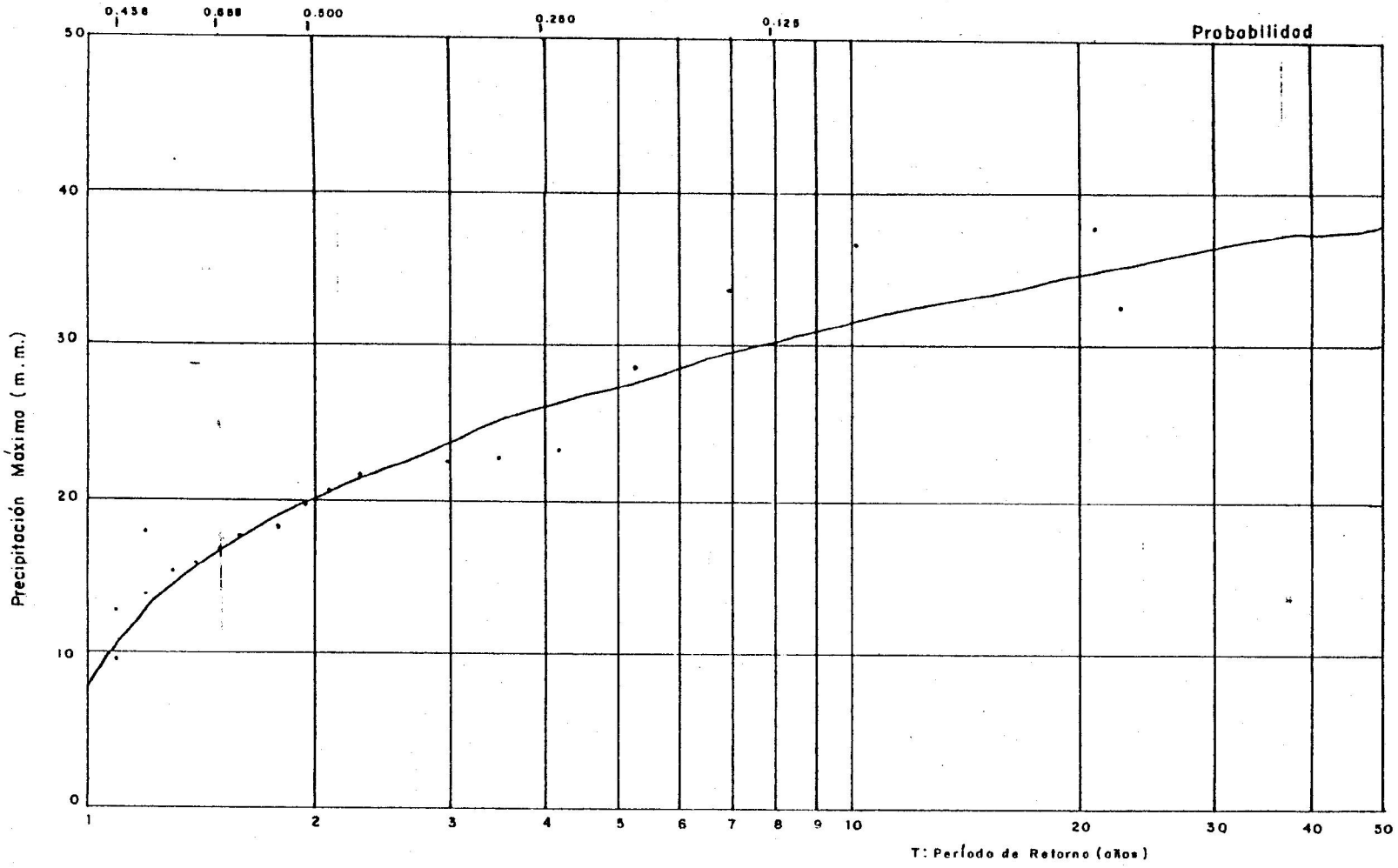


Frecuencia	Precipitación (m.m)
cada año	581
5 años	1,175
10 años	1,325
20 años	1,425
50 años	1,450

Fig. Nº 11

FRECUENCIA DE PRECIPITACIONES MAXIMAS PROBABLES

Estación : Chilete

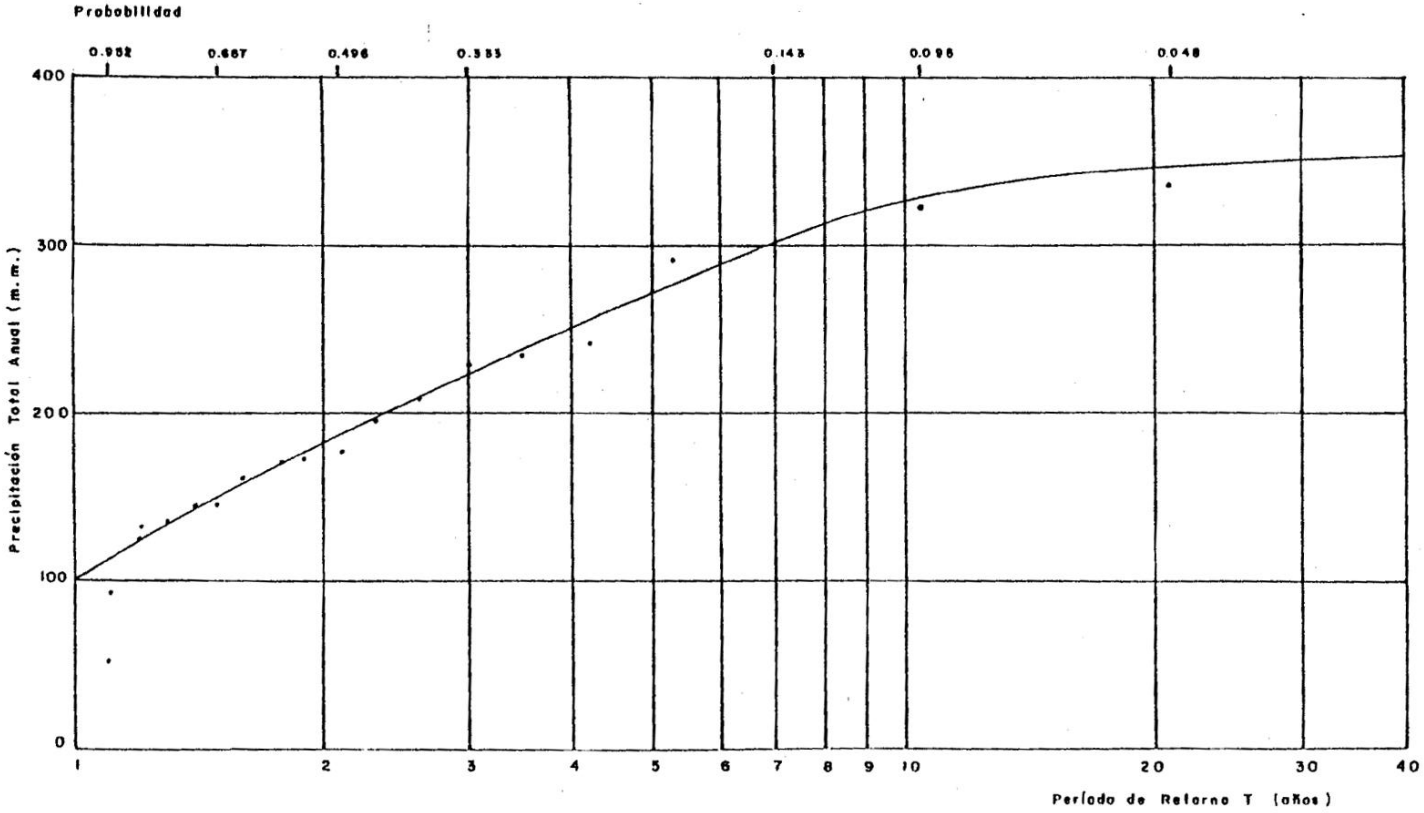


Frecuencia	Precipitación (m.m)
cada Año	37
5 años	27
10 años	31
20 años	34
50 años	38

Fig. 12

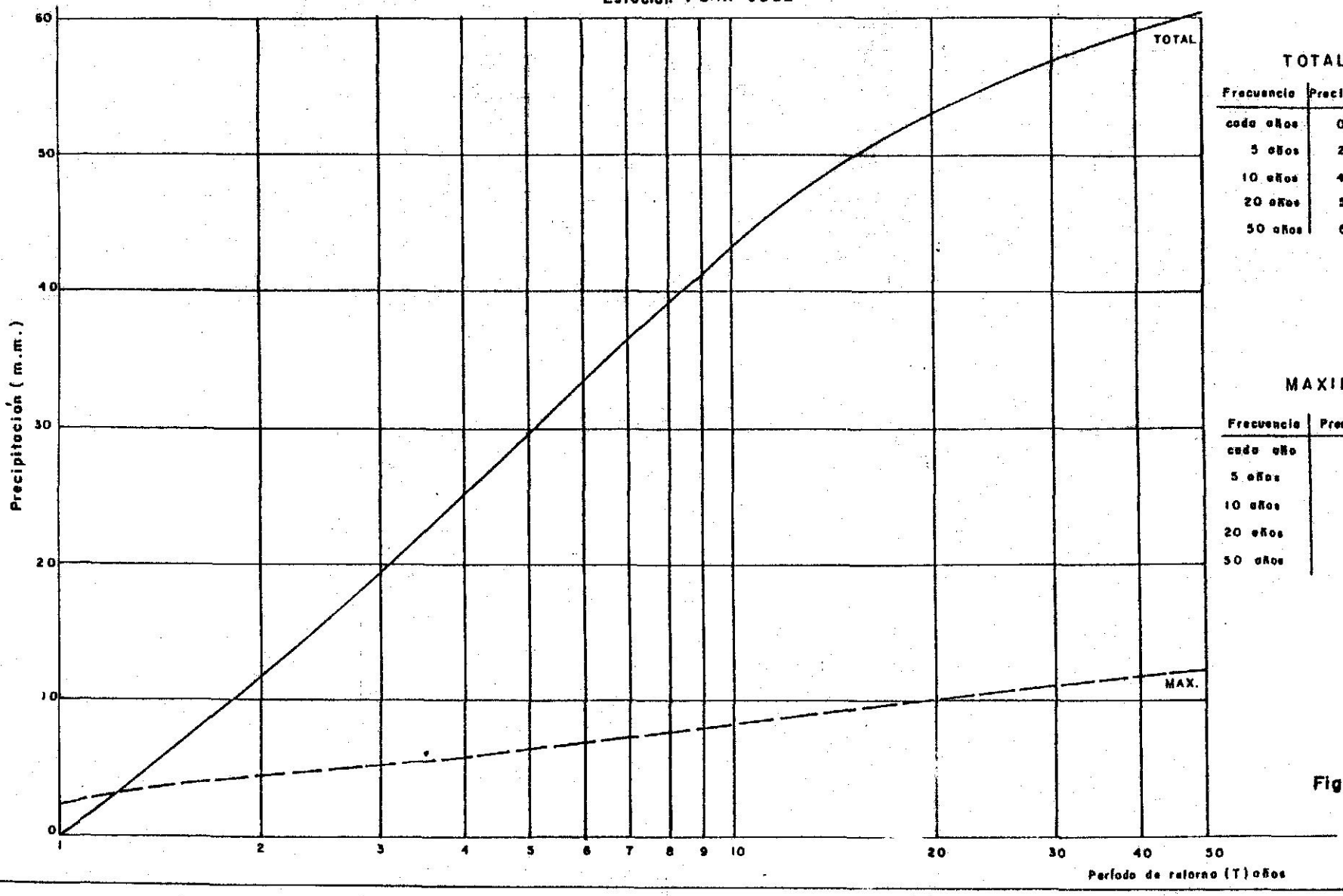
FRECUENCIA DE PRECIPITACIONES TOTALES ANUALES

Estación : Chetillo



Frecuencia	Precipitación (m.m.)
cada año	100
5 años	275
10 años	326
20 años	345
50 años	355

Fig. 13



TOTALES

Frecuencia	Precipitación (m.m.)
cada años	0.5
5 años	29
10 años	46
20 años	56
50 años	65

MAXIMAS

Frecuencia	Precipitación (m.m.)
cada año	2.5
5 años	6.5
10 años	8.0
20 años	10.0
50 años	12.0

Fig. Nº 14

sufre notables variaciones en su caudal, tanto en el ciclo anual como en el cuadro comparativo sobre un periodo de años. Así tenemos que en Febrero del año 1967, el Río Jequetepeque registró caudales máximos de 1,600 m^3/seg. y en Diciembre registró 0.62 m^3/seg., igualmente el año 1968 (Marzo) el máximo caudal fue de 44.3 m^3/seg. Ver Cuadro N°2. Datos registrados en la estación de aforos de Ventanillas.

En la Fig. N°15, se muestra el histograma de los caudales mensuales, donde es notorio que la mayor concentración de descargas se presenta en los meses de Enero a Abril, con las mayores concentraciones en Marzo.

En el Cuadro N°2, se observa que el volúmen promedio anual es superior a los 748 m3/seg (Ver fig. 16), y que la mayor descarga fue de 1,828 m^3/seg en el año de 1982-83 y la menor de 86 m^3/seg en el año 1979-80.

En la figura N°17 A y B se presentan las fluctuaciones anuales de las descargas mínimas y máximas.

Es importante mencionar que aguas arriba de la estación de registro de caudales de Ventanillas, se levanta la Presa de Regulación de Gallito Ciego.

4.3.1 CURVAS DE FRECUENCIA DE LAS DESCARGAS MEDIAS Y MAXIMAS

Para elaborar estas curvas, se ha usado el denominado Método Gráfico, donde cada registro de descarga es usado como probabilidad. Los valores se han hallado con la fórmula usada por el Geological Survey de los E.E.U.U.

$$T = (N+1) / M = 1P$$

T = Intérvalo de recurrencia en años
P = Probabilidad de excedencia en cualquier año
N = Número de registros que se calculan
M = Número de orden del registro dispuesto.

En la figura 18 se presenta el período de retorno y las probabilidades de los caudales de los caudales medios para la estación de Ventanillas. Así tenemos que cada año se espera un caudal medio de 2.6 m^3/seg con un 97% de probabilidades, cada 5 años un caudal de 33 m^3/seg con un 22% de probabilidades y caudales de 47 m^3/seg cada 50 años.

En la figura 19, se observa que el período de retorno y las probabilidades de los caudales

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
S E N A M H I

CUENCA: JEQUETEPEQUE
RIO: JEQUETEPEQUE
ESTACION: VENTANILLAS- 01201

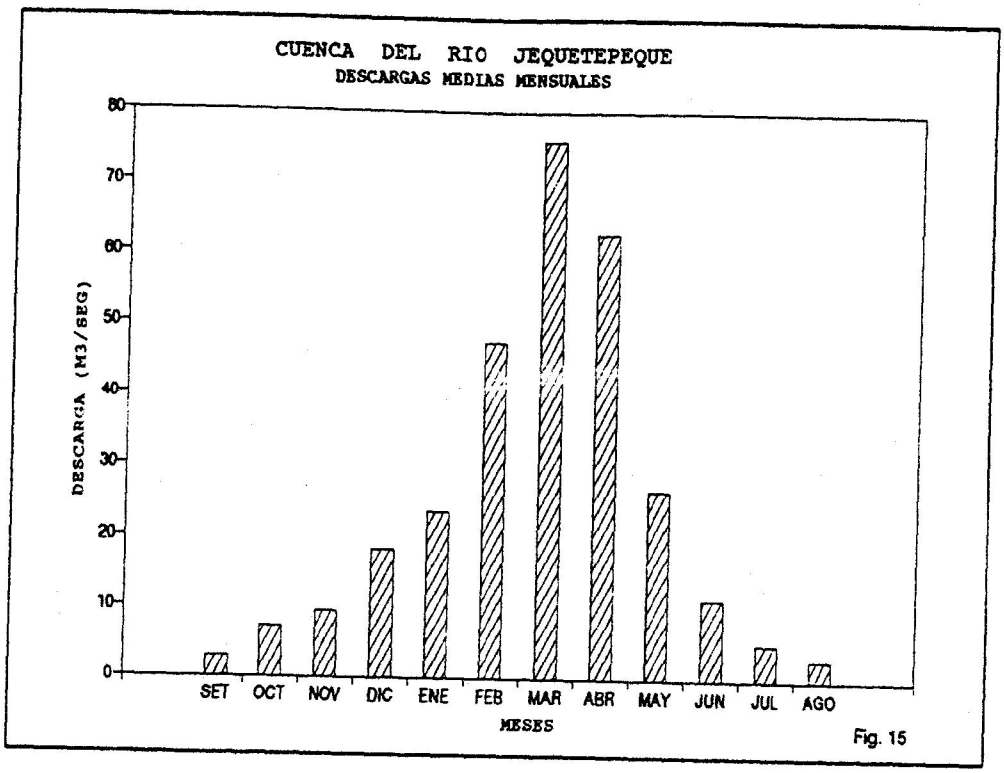
DESCARGAS: MEDIAS MENSUALES Y ANUALES

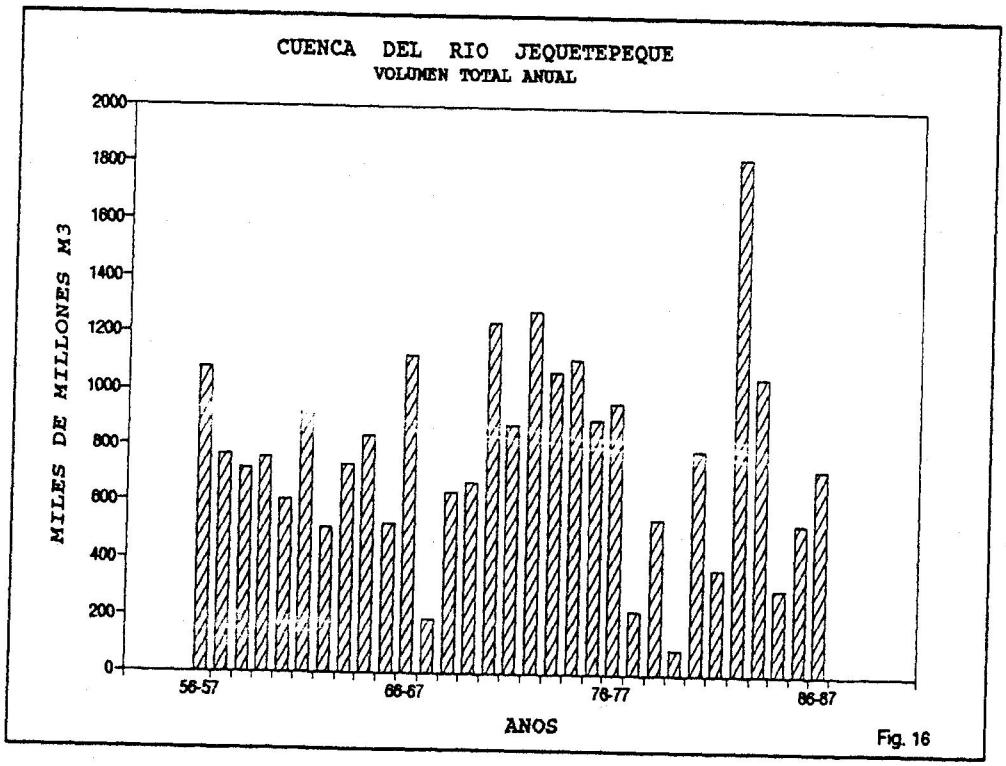
LAT: 07 17" DPTO: LA LIBERTAD
LONG: 79 17" PROV: PACASMAYO
ALT: 200 msnm DIST: CHEPEN

No	AÑO HIDROLOGICO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	MEDIA ANUAL (M3/SEG)	VOLUMEN TOTAL (M3)	MAXIMAS (M3/SEG)	MES	MINIMAS (M3/SEG)	MES
11	56-57	3.039	16.268	8.096	2.806	9.456	37.382	131.457	118.357	46.949	21.917	7.934	5.351	34.084	1074.884	572.048	MAR	1.365	DIC
12	57-58	5.269	4.030	10.762	11.439	38.077	30.557	81.209	52.451	32.936	14.611	6.170	4.467	24.332	767.318	146.301	MAR	2.446	OCT
13	58-59	2.849	5.083	1.933	1.904	2.369	23.515	93.049	73.385	45.103	13.349	6.277	3.915	22.728	716.737	325.108	MAR	0.446	DIC
14	59-60	2.574	4.918	9.094	23.500	19.960	50.618	72.500	58.905	28.081	9.740	4.911	3.242	24.004	756.977	188.103	MAR	1.691	SET
15	60-61	3.147	3.094	5.381	8.031	31.388	36.748	55.380	47.577	23.919	10.251	3.770	1.827	19.209	605.788	128.517	ENE	1.186	NOV
16	61-62	1.571	1.112	1.525	6.271	34.273	71.063	102.977	87.503	27.590	10.944	4.321	2.923	29.339	925.248	320.108	MAR	0.137	NOV
17	62-63	2.036	1.603	2.068	0.821	1.342	5.086	79.193	70.012	18.855	6.239	3.216	2.923	16.120	508.371	360.462	ABR	0.294	NOV
18	63-64	1.329	2.174	7.747	21.841	33.828	40.946	49.972	76.301	27.133	8.687	4.752	4.433	23.262	733.588	173.025	ABR	0.773	NOV
19	64-65	3.538	7.221	21.941	5.396	6.446	11.443	121.870	91.731	30.904	9.435	5.053	2.821	26.483	835.176	250.179	MAR	2.334	AGO*
20	65-66	3.486	12.750	23.384	8.982	47.062	23.444	28.091	22.611	17.899	6.546	3.082	1.940	16.606	523.700	137.805	ENE	1.554	AGO*
21	66-67	1.393	10.072	9.283	3.759	34.087	182.874	111.303	36.433	18.277	9.111	5.592	3.177	35.447	1117.849	1600.000	FEB	0.960	OCT
22	67-68	2.121	7.141	4.692	2.533	3.023	7.363	24.112	11.337	4.699	2.697	1.482	0.840	6.003	189.321	44.280	MAR	0.600	AGO*
23	68-69	1.747	11.759	7.421	3.854	9.440	25.384	53.983	103.740	13.357	7.395	2.602	1.600	20.190	636.717	146.000	MAR	0.492	DIC
24	69-70	0.979	2.044	11.012	41.567	41.567	21.599	42.039	32.744	38.645	13.621	5.503	2.819	21.178	667.875	146.000	MAR	0.230	OCT
25	70-71	3.184	11.148	22.266	18.715	18.715	33.057	177.303	137.389	21.239	16.114	6.555	4.450	39.178	1235.515	669.013	ABR	1.959	SET
26	71-72	4.036	15.570	15.666	26.434	26.434	25.244	128.570	51.765	22.439	10.596	4.520	2.685	27.830	877.644	427.453	MAR	2.099	AGO*
27	72-73	3.546	3.307	3.955	44.372	44.372	35.514	81.595	189.637	45.352	17.367	10.430	7.420	40.572	1279.486	483.630	ABR	0.981	NOV
28	73-74	11.944	21.421	31.588	45.955	45.955	93.934	90.090	31.572	14.755	9.847	5.264	3.072	33.783	1065.383	221.217	FEB	2.221	AGO*
29	74-75	3.281	14.108	5.100	18.889	18.889	90.000	110.000	100.000	38.000	13.000	6.500	4.300	35.172	1109.192	293.662	ABR	2.111	SET
30	75-76	6.652	22.014	13.238	28.579	28.579	59.874	83.069	55.035	25.242	11.534	3.500	3.200	28.376	894.876	160.300	MAR	2.452	AGO*
31	76-77	1.789	1.264	1.664	27.050	27.050	119.289	75.410	63.492	27.323	10.950	5.040	3.119	30.287	955.120	251.450	FEB	0.818	DIC
32	77-78	2.054	2.853	6.299	5.523	5.523	7.292	9.123	17.101	18.932	6.047	2.352	1.065	7.014	221.183	53.075	MAY	0.620	AGO*
33	78-79	0.942	0.764	3.109	9.796	9.796	23.628	113.634	25.638	11.960	5.227	1.923	1.261	17.307	545.778	205.200	MAR	0.230	DIC
34	79-80	3.190	0.931	0.407	0.733	0.733	3.126	7.842	11.255	2.388	1.484	0.410	0.046	2.712	85.528	45.530	ABR	0.007	AGO*
35	80-81	0.005	4.594	13.226	11.062	11.062	108.900	104.851	24.800	10.742	6.931	3.009	1.351	25.044	789.801	303.820	MAR	0.000	SET
36	81-82	1.192	6.469	16.784	10.307	10.307	24.748	14.611	31.419	14.723	7.409	2.579	0.906	11.788	371.741	145.338	ABR	0.406	OCT
37	82-83	0.809	10.449	15.121	70.038	70.038	44.837	163.983	151.360	93.138	50.300	19.345	6.011	57.952	1827.587	624.251	MAR	0.533	SET
38	83-84	4.745	5.686	4.999	14.356	14.356	121.748	74.900	56.721	56.221	24.666	14.474	5.874	33.229	1047.904	197.285	FEB	2.702	OCT
39	84-85	4.870	14.849	7.977	9.969	9.969	16.474	23.320	13.269	7.158	4.515	2.039	1.270	9.640	304.004	71.530	MAR	0.933	AGO*
40	85-86	1.164	2.180	1.172	21.323	21.323	25.815	19.554	76.779	20.815	6.922	2.825	1.381	16.771	528.893	171.635	ABR	0.541	SET
41	86-87	1.252	1.397	6.379	57.280	57.280	65.264	31.573	25.160	21.245	5.088	2.052	1.686	22.971	724.424	189.013	FEB	0.510	AGO*
42	87-88	0.852	3.017	2.375										2.081				0.450	SET
	No DATOS:	32	32	32	31	31	31	31	31	31	31	31	31	32	32	31		32	
	SUM. TOTAL:	90.635	231.290	295.664	563.085	732.699	1466.766	2356.563	1945.479	826.019	352.540	157.482	91.374	760.694	23923.609	9051.338		34.081	
	MEDIA:	2.832	7.228	9.240	18.164	23.635	47.315	76.018	62.757	26.646	11.372	5.080	2.948	23.772	747.613	291.979		1.065	
	RANGO:	11.939	21.250	31.181	69.305	69.305	179.748	169.461	178.382	90.750	48.816	18.935	7.374	55.871	1827.587	1555.720		2.702	
	DESV. STAN:	2.206	6.018	7.446	17.282	17.518	41.070	44.176	43.055	17.504	8.713	3.771	1.709	11.816	376.541	287.345		0.815	
	COEF. VAR:	77.893	83.264	80.587	95.142	74.117	86.802	58.112	68.605	65.691	76.618	74.233	57.977	49.705	50.366	98.413		76.505	
	VAL. MAX:	11.944	22.014	31.588	70.038	70.038	182.874	177.303	189.637	93.138	50.300	19.345	7.420	57.952	1827.587	1600.000		2.702	
	VAL. MIN:	0.005	0.764	0.407	0.733	0.733	3.126	7.842	11.255	2.388	1.484	0.410	0.046	2.081	0.000	44.280		0.000	

* Datos del segundo Año Hidrologico

Cuadro N°2


CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE
DESCARGAS MEDIAS MENSUALES
DESCARGA (M3/SEG)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
SET
OCT
NOV
DIC
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
MESES
Fig. 15


CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE
VOLUMEN TOTAL ANUAL
MILES DE MILLONES M3
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
2000
56-57
66-67
76-77
86-87
ANOS
Fig. 16

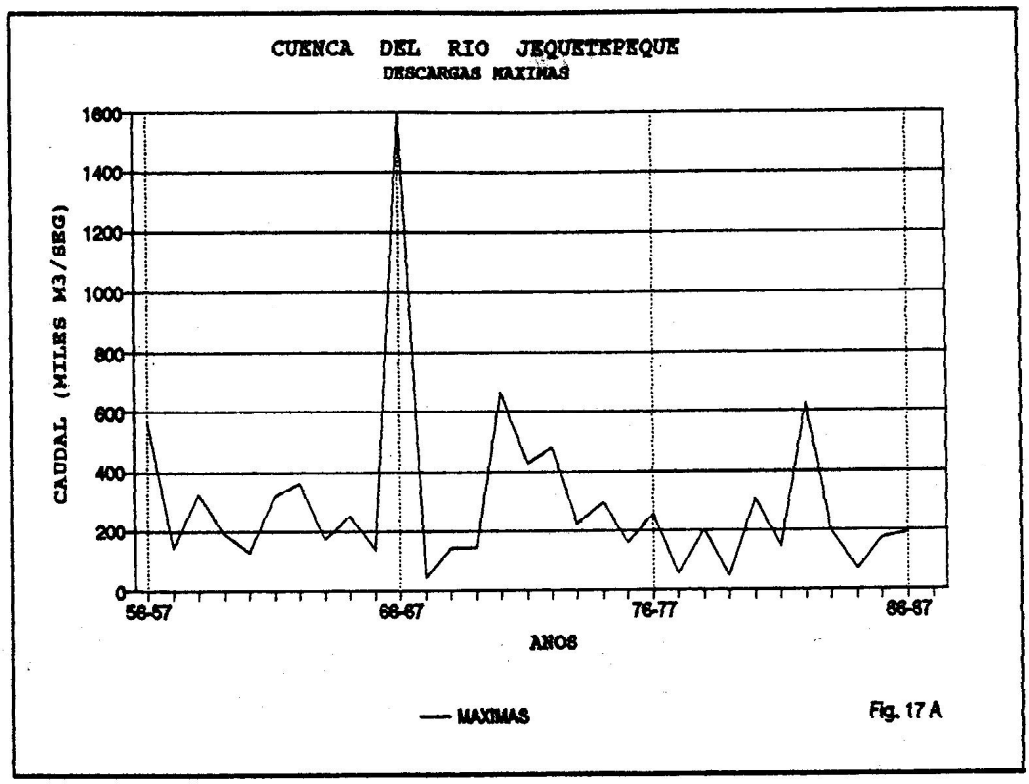


Fig. 17 A

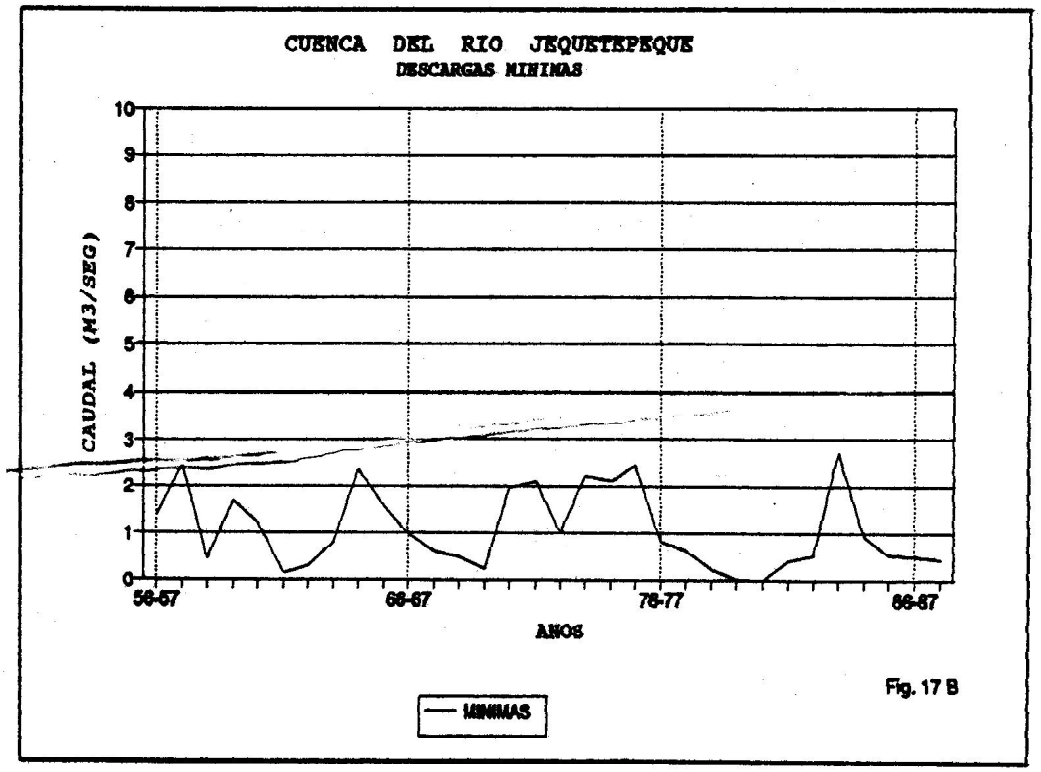
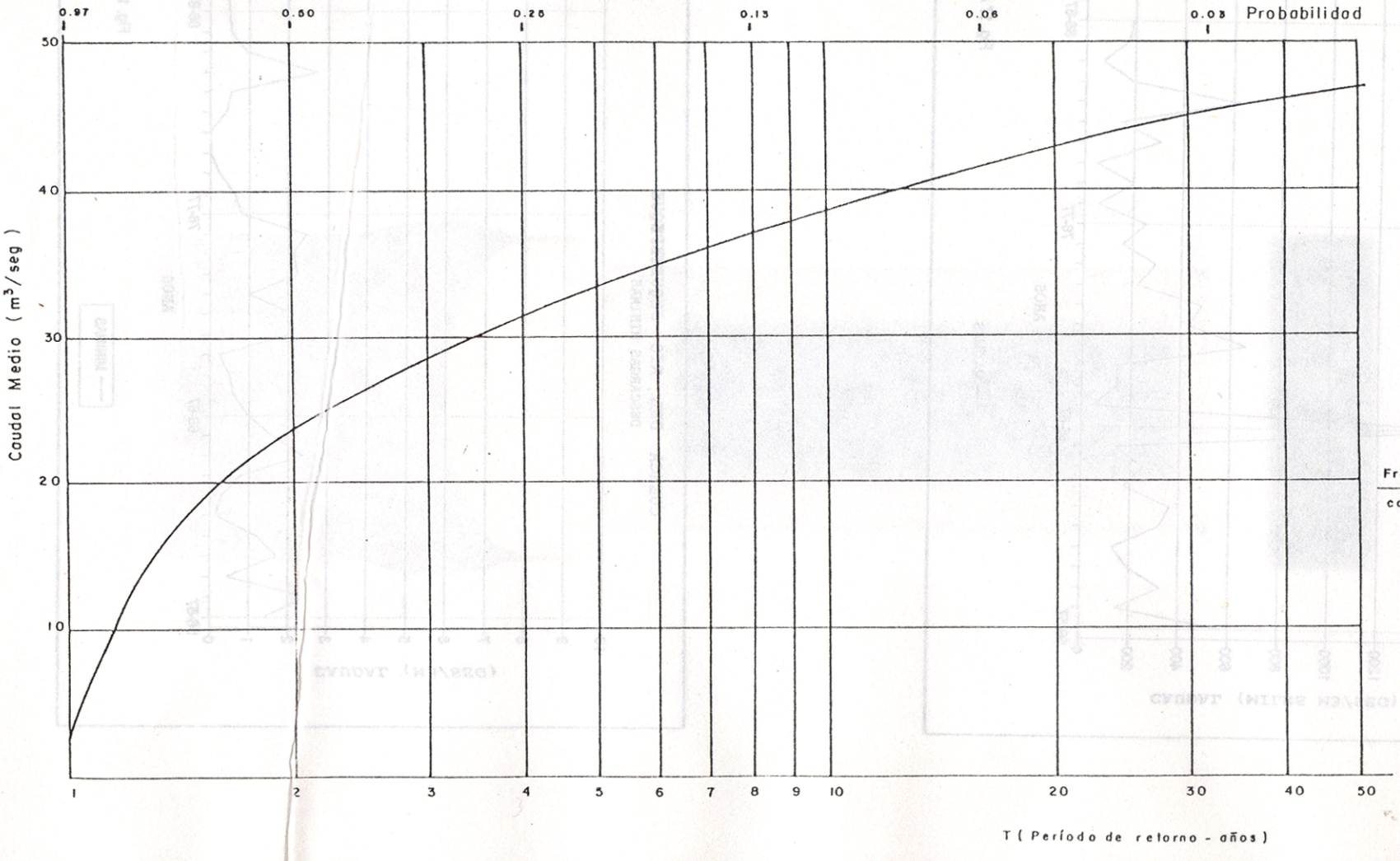


Fig. 17 B

FRECUENCIA DE CAUDALES MEDIOS

Estación : VENTANILLAS

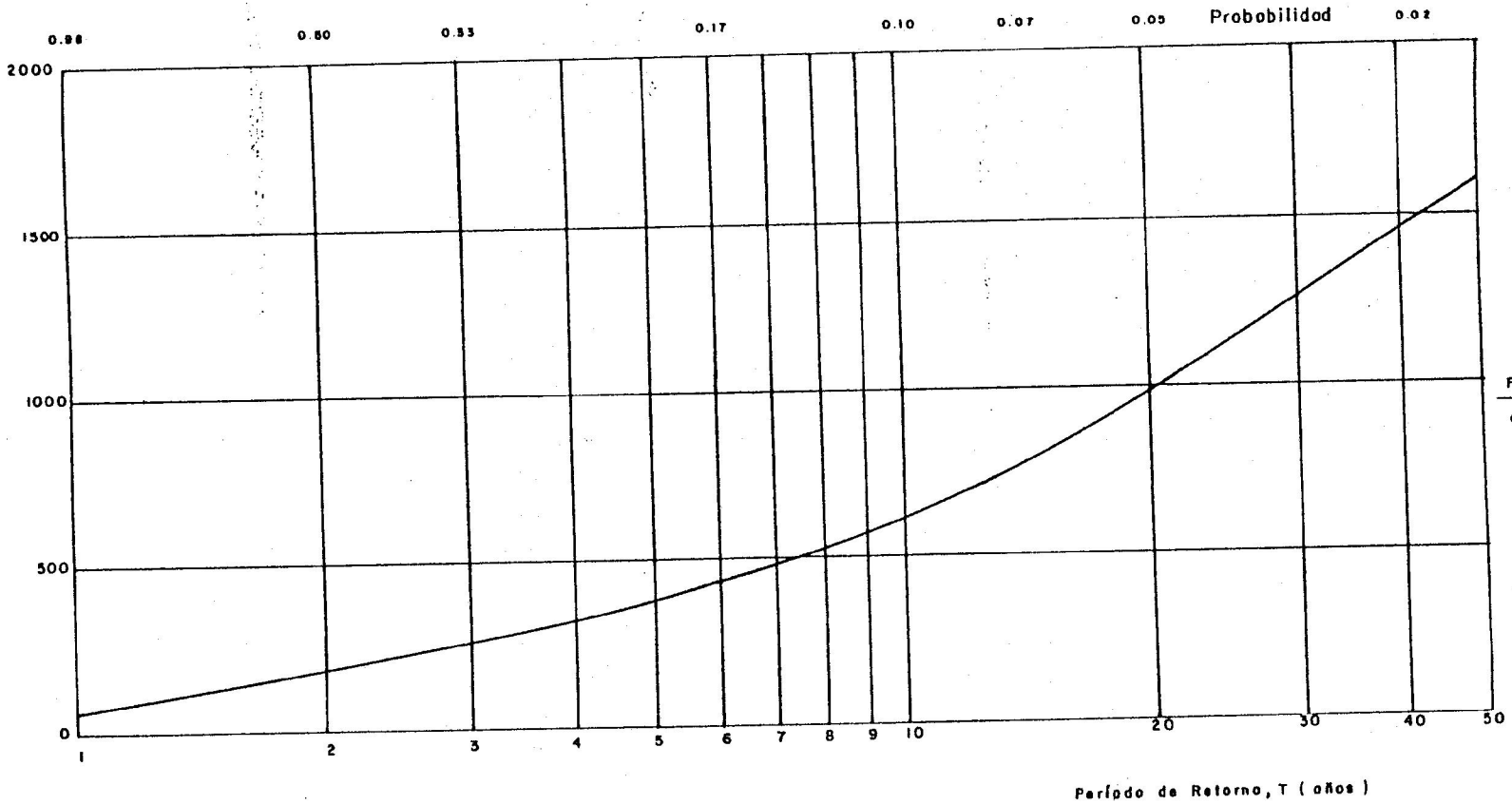


Frecuencia	Caudal medio(m^3/seg)
cada año	2.6
5 años	33
10 años	39
20 años	43
50 años	47

Fig. 18

FRECUENCIA DE CAUDALES MAXIMOS

Estación: VENTANILLAS



Frecuencia	Caudal (m^3)
cada año	43
5 años	370
10 años	600
30 años	975
50 años	1600

Fig. Nº 19

máximos de 43 m^3/seg, se pueden presentar cada año en un 98% de probabilidades; de 600 m^3/seg, cada 10 años con una probabilidad de 98% y de 1,600 m^3/seg cada 50 años con una probabilidad del 20%.

4.3.2 ANALISIS DE LA TENDENCIA DEL RIO JEQUETEPEQUE

Para este análisis se dispusieron de datos hidrométricos, obtenidos en la estación de Ventanillas, de los años de 1957 a 1987, de acuerdo a estos se determina la ecuación de tendencia siguiente.

$$Y = 767.85 - 1.813\ (x)$$

Esta ecuación está representada en la figura N°20. Del mismo, se deduce que el Río Jequetepeque, tiene tendencia débil hacia valores menores de volúmenes anuales.

En la actualidad estamos en un período entre años secos medios a extremo, luego de alcanzar en 1983 un año húmedo muy extremo (Fenómeno de El Niño). Por lo tanto, es posible que entremos hacia los años 93-95 en años húmedos medios a húmedos extremos.

Es importante notar que la variación entre el volumen medio y los vólumenes anuales, no son muy extremos (Desviación media = 268.41)

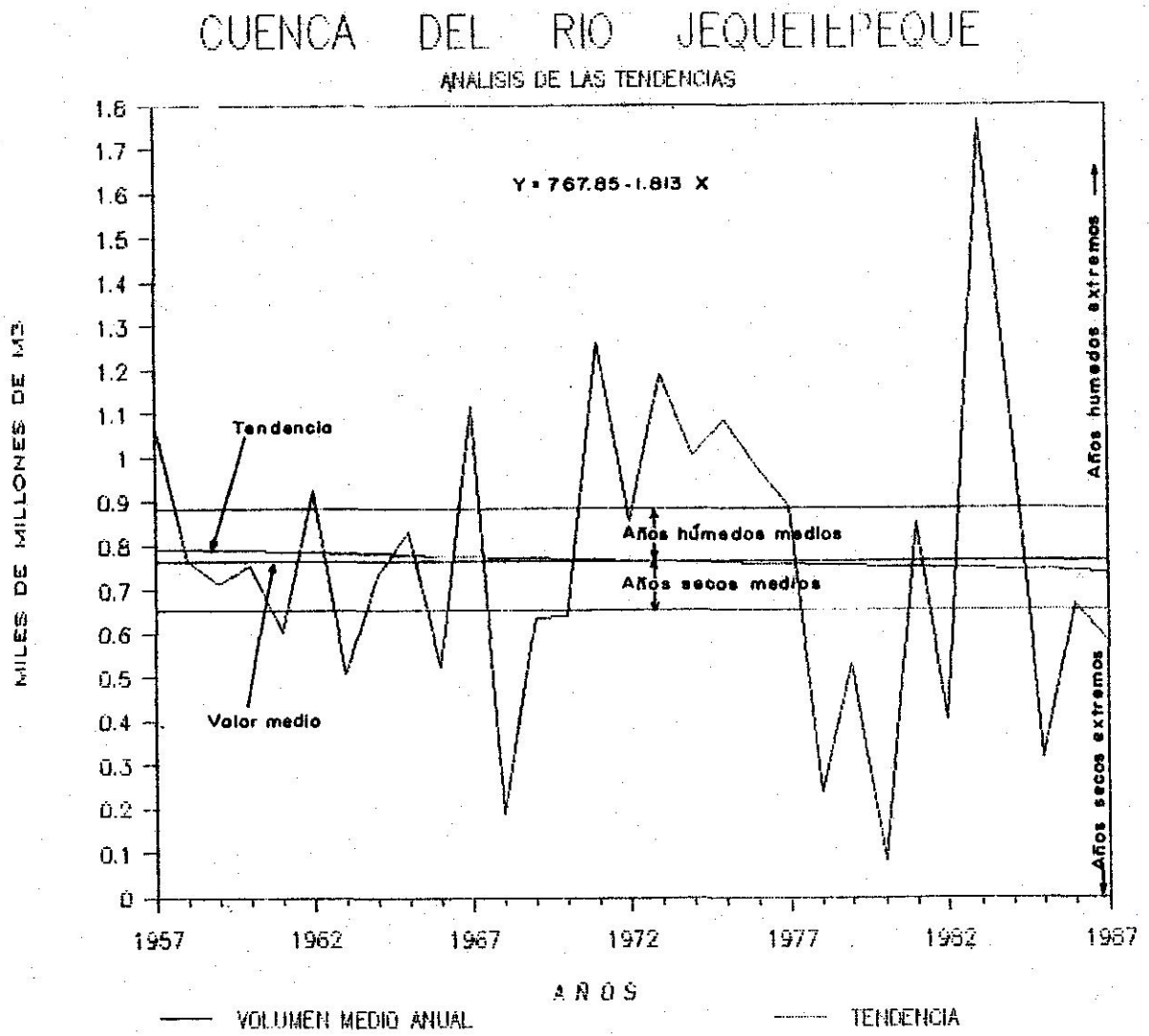
4.4 VOLUMEN ESCURRIDO MEDIA ANUAL

El escurrimiento superficial de la cuenca depende de varios factores: clima, vegetación, tipo de suelos, geología, área y forma de la cuenca, drenajes naturales y artificiales. Para el cálculo del volumen escurrido medio anual se recurre a la fórmula siguiente:

$$Vm = A \times Pm \times C$$

Vm = Volúmen medio anual escurrido (m^3)
A = Area de la cuenca en m^2
Pm = Precipitación media anual en m.
C = Coeficiente de escurrimiento (calculado según CID-ATA/CLASS)

Los datos de escurrimiento serán dados por cuencas, estos cálculos son a nivel de aproximación, tanto por el método, así como por la estimación de algunos datos (coeficiente de escorrentía, precipitación).



Promedio	767.85	$10^6 m^3$
Maximo	1782.86	$10^6 m^3$ (1983)
Minimo	81.99	$10^6 m^3$ (1980)
Desv. Med.	268.41	
Rango.	1680.87	$10^6 m^3$
Año Normal	767.85	$10^6 m^3$ (Prob 50%)
Año seco medio	652.67	$10^6 m^3$ (Prob. 25%)
Año Húmedo medio	883.03	$10^6 m^3$ (Prob. 75%)

Fig. Nº 20

Cuenca Baja:

A : 993 Km^2
Pm : 20.3 mm
C : 13%

Vm = 2.620 millones de m^3

Cuenca Media:

A : 2,691 Km^2
Pm : 326 mm
C : 15%

Vm = 131.590 millones de m^3

Cuenca Alta:

A : 1,287 Km^2
Pm : 881.6 mm
C : 10%

Vm = 113.462 millones de m^3

Cuenca del Río Jequetepeque:

A : 4,971 Km^2
Pm : 408.8 mm
C : 25%

Vm = 508'285 millones de m^3

donde:

A = Area de la cuenca
Pm = Precipitación media
C = Coeficiente de escorrentia
Vm = Volumen escurrido.

V GEODINAMICA EXTERNA

5.1 FACTORES NATURALES CONDICIONANTES

Los factores condicionantes de los fenómenos de geodinámica externa, que se describen a continuación tienen presencia, unos más que otros, en la dinámica de la Cuenca del Río Jequetepeque.

Litología: Este factor agrupa al tipo de roca, suelo, grado de alteración, etc. Para mayor detalle ver capítulo 2.3

Estructural: Relación entre macizo rocoso y estructuras (fallas, diaclasas, anticlinales, etc.). Ver Capítulo 2.1

Sísmico: En la cuenca baja del Río Jequetepeque, se han producido sismos destructores entre VII y X de intensidad (MM). (E. Silgado). Ver Capítulo VI.

Clima: Se involucra en este factor a las precipitaciones, evaporación, vegetación, etc. Ver Capítulo I e items 4.2 y 4.3.

Pendiente: Este factor morfométrico, depende de las características geomecánicas de las rocas y la consolidación de los suelos.

5.2 ACCION ANTROPICA

La necesidad de crear suelos agrícolas, urbanos y construir obras de ingeniería (servicios), ha dado lugar a un constante ataque al medio natural: cauces de rios y quebradas, desforestación corte, en taludes naturales, construcción de represas, uso inadecuado del agua, etc.

Estos problemas son comunes en la cuenca, siendo los más notorios: las invasiones del cauce del Río Jequetepeque principalmente para la siembra del arroz (inundaciones), así como la construcción de la Represa de Gallito Ciego, que estaría provocando desequilibrio en los taludes de la margen derecha del río.

También es el caso de las áreas urbanas que han ganado terreno al cauce de los ríos y quebradas, ubicándose principalmente en los conos de deyección, siendo el caso más crítico el de Chilete.

El uso inadecuado de las aguas de regadío es un mal muy extendido en la cuenca y generalmente en todas las otras del país, provocando principalmente erosiones (de ladera, cárcavas, laminar, etc.), daños en la infraestructura vial y en los peores casos, pérdida del propio terreno de cultivo (por deslizamientos, lavado de nutrientes, etc.).

5.3 PROBLEMAS DE GEODINAMICA EXTERNA EN LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE

A continuación se estudian los riesgos sobre los centros poblados, terrenos agrícolas y obras de ingeniería, que pueden producirse como consecuencia de la dinámica propia del medio geológico y como fruto de los fenómenos de Geodinámica Externa.

En el Cuadro N°3 se muestran los problemas de geodinámica externa que se localizan en la cuenca y los factores naturales que lo producen en orden de importancia.

5.3.1 HUAYCOS:

Estos fenómenos, llamados también "flujos hídricos" se presentan periódica, ocasional y/o excepcionalmente; generalmente en las quebradas de la cuenca media del Río Jequetepeque.

Se producen debido a las fuertes precipitaciones pluviales. Las precipitaciones extraordinarias pueden provocar la actividad de las quebradas consideradas "inactivas" principalmente en la cuenca media. En los rios afluentes también se presentan estos fenómenos, como consecuencia de la presencia de quebradas "activas" o "inactivas" que drenan en él, así como de algunos derrumbes o deslizamientos que pueden producirse en sus laderas.

Los daños que ocasionan, están supeditados a la presencia, en su cauce y/o área de influencia, de poblados, terrenos de cultivo y obras de servicio.

En el Cuadro N°4 se presentan las quebradas con problemas de huaycos en la cuenca.

CUADRO N°3

FENOMENOS DE GEODINAMICA EXTERNA Y SUS FACTORES

FENOMENO (*)	FACTORES NATURALES					FACTOR ANTROPICO
	LITOLOG.	ESTRUC.	SISMIC.	CLIMATOLOG.	PEND.	
HUAYCOS	3	-	-	1	2	XX
DESLIZAMIENTOS	1	4	5	2	3	X
EROSION DE LADERAS	1	-	-	2	3	XX
EROSION FLUVIAL	2	-	-	1	3	XXX
DERRUMBES	2	1	4	1	3	X
DESPRENDI. DE ROCAS	1	3	2	4	5	X
INUNDACIONES	-	-	-	1	2	XX (1)
ARENAMIENTO	-	-	-	1	2	X
EROSION MARINA	2	-	-	1	3	X
ALUVIONES	1	-	4	2	3	X
REPTACIONES	1	-	-	2	3	X
HUNDIMIENTOS	1	2	4	3	-	X

* EL ORDEN ES SEGUN SU IMPLICANCIA EN LA CUENCA
(1) SI SE TIENE EN CUENTA UNA POSIBLE ROTURA O DESBORDE DE LA PRESA GALLITO CIEGO.

Fenómenos que están ploteados en el Mapa N°3.

También se presentan o pueden ocurrir huaycos en los siguientes lugares:

- Quebradas que drenan a la quebrada Chiminote:
  - Qda. Caña Brava
  - Qda. Poñes
  - Qda. Cholos
  - Qda. Zapotal
  - Qda. Quina Quina
  - Qda. San Lorenzo
- Quebradas que drenan al Río Pallac
  - Qda. Las Huacas
  - Qda. Maran Pampa
  - Qda. Cobre Canal
- Quebradas que drenan al Río San Miguel
  - Qda. Del Pozo
  - Qda. Moyan
  - Qda. Las Paltas

- Quebradas que drenan al Río Contumaza
  - Qda. Carricito
  - Qda. La Loma Nueva
  - Qda. Chidon
  - Qda. Carusan
- Quebradas que drenan al Río Huertas
  - Qda. Silman
  - Qda. Sibilcote

CUADRO N°4

QUEBRADAS CON PROBLEMAS DE HUAYCOS QUE DRENAN AL RIO JEQUETEPEQUE

RIO O QUEBRADAS*	DAÑOS
Qda. Palangana*	Terrenos de Cultivo
Qda. Orenita*	Puede afectar la carretera y terrenos de cultivo
Qda. Las Salinas	Puede afectar carretera y terrenos de cultivo
Qda. Caracol	Terrenos de cultivo
Qda. El Mango*	Puede afectar la carretera y terrenos de cultivo
Qda. Pay Pay	Carretera y viviendas
Qda. Las Viejas	Carretera y algunas viviendas
Qda. Monte Grande	Km. 40+000 carr., vaso de la Presa de Gallito Ciego (zona crítica)
Qda. Peña Blanca	Carretera y viviendas (Tembladera)
Qda. Ramada	Terrenos de cultivo
Qda. Chiminote	Km. 51+000, Terrenos de cultivo, viviendas, carretera
Qda. El Higueron*	Km. 53+100, carretera
Qda. El Chorro	Km. 54+600, carretera
Qda. Florida	Km. 57+000, carretera
Qda. Cabullar	Km. 58+100, carretera
Qda. Tres Marías*	Km. 61+500, carretera
Qda. Pongo	Terrenos de cultivo
Qda. La Bamba	Viviendas y terrenos de cultivo
Qda. Nazario	Afecta carretera y terrenos de cultivo
Qda. La Pampa	Afecta terrenos de cultivo
Qda. Monte Alegre	Afecta terrenos de cultivo
Qda. Chuquimango	Afecta gran tramo de la carretera
Qda. El Coco	Terrenos de cultivo
Qda. Los Layos	Carretera, terrenos de cultivo y algunas viviendas
Qda. Salitral	Carretera, terrenos de cultivo y viviendas
Qda. La Paloma	Km. 85+000 carretera
Rio Huertas	Km. 89+000 afecta al pueblo de Chilete, carretera y Terrenos de cultivo
Qda. Llaminchan (1)	Terrenos de cultivo
Qda. Jabanal	Km. 91+200, carretera
Qda. Choropampa	Km. 97+000, terrenos de cultivo
Qda. Maramal	Afecta la carretera
Qda. Silinya	Km. 108+400, carretera
Qda. Amillas	Km. 110+400, carretera
Qda. Chilango	Carretera, terrenos de cultivo
Río Pindre	Terrenos de cultivo
Qda. Tranca	Carretera

* Quebradas "Inactivas", se activan solo con lluvias extraordinarias ó ocasionales

(1) Río San Pablo

Qda. La Pincha
- Quebradas que drenan al río San Pablo
Qda. La Beria

- Huaycos en el Km. 84+200 de la carretera a Cajamarca
- Huaycos en el Km. 93+600 al 93+800 de la Carretera a Cajamarca
- Huaycos en el Km. 96+400 de la misma.
- Huaycos en el Km. 142+800 de la misma.

Entre el sector Huabal-Río Contumaza se localizan los fenómenos de huaycos más frecuentes con predominancia de los "inactivos". Entre el Río Contumaza-Magdalena los huaycos se presentan con menos incidencia, salvo el del río Huertas que compromete seriamente a Chilete.

5.3.2 DESLIZAMIENTOS:

Existen riesgos de deslizamientos en general en 2 áreas definidas: Sector Magdalena-Qda. Tallal y Sector El Gavilán, afectando principalmente a la carretera a Cajamarca. También se localizan otras áreas como: San Juan, Qda. Cuzcuden (afluente al Río San Miguel); así como deslizamientos de pequeña dimensión localizados en el corte de la nueva carretera a Cajamarca, sobre el vaso de la Represa Gallito Ciego. Casi en todos los casos los deslizamientos se producen a través de las formaciones superficiales de naturaleza por lo general: limo-arenoso y arcillo-limoso (matriz).

Es previsible que los deslizamientos sean más frecuentes y mayores en relación con las precipitaciones, tanto por el incremento de la presión intersticial, como por las fuerzas de filtración y el aumento del peso unitario del material saturado por el agua.
En el Cuadro N°5, presentamos la relación de los principales deslizamientos localizados en la Cuenca del Río Jequetepeque.

5.3.3 EROSION DE LADERAS:

En la Cuenca del Rio Jequetepeque este tipo de erosión es el mas desarrollado y frecuente, aunque sus daños no son cuantificables. Se manifiesta comunmente en escarpas laterales, erosión laminar, en surcos, cárcavas y en casos extremos "band lands". Los materiales removidos por la erosión son depositados escalonadamente en laderas a lo largo de corrientes de agua, depósitos de agua y playas.

La erosión dificulta no solamente a la agricultura (pérdida de terrenos y de materiales nutrientes) sino que también causan problemas a la construcción.

Con la erosión se producen superficies irregulares, que aumentan el peso de los sedimentos en los arroyos y por lo tanto aumenta la erosión o altera el soporte lateral de algunas laderas incrementando la posibilidad de que se produzcan movimientos en masa.

Las condiciones favorables para una rápida erosión están ligadas a las rocas blandas de baja permeabilidad, a la moderada pendiente de las laderas, a la escasa vegetación y a la alta concentración de lluvias en períodos cortos. También contribuye la masiva utilización como pastos, el sobrecultivo, el mal riego, la desforestación y el desarrollo urbano no planificado.

En la cuenca se localizan concentraciones de la erosión en los siguientes lugares (Cuadro N°6).

5.3.4 EROSION FLUVIAL:

En la Cuenca del Río Jequetepeque, este tipo de fenómenos se localiza principalmente en las riberas del Río Jequetepeque y se desarrolla más en los cursos medios y bajos de la cuenca. Este fenómeno se produce básicamente por el transporte del material previamente deslizado de las laderas, y ello a su vez favorece la ocurrencia de otros nuevos, elevando el cauce del río. Este fenómeno se concentra en la zona de confluencia con las quebradas o ríos tributarios, en las orillas cóncavas y en presencia de obstáculos locales.

CUADRO N° 5

PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS QUE OCURREN EN LA CUENCA

SECTOR	CARACTERISTICAS	DAÑOS
- Magdalena-Q. Tallal . Area Granada	Zona Crítica Km. 113+800, compromete material detrítico Arenoso y parte de rocas muy alteradas y fracturadas (calizas y pizar)	Cajamarca
. Area El Mirne	Km. 116+060, compromete material detrítico arcillo-limoso, se observan zonas de fuertes agrietamientos.	Carretera a Cajamarca
. Area Guana-Guana Qda. Tallal	Km. 118+000-119+500, compromete material detrítico arcillo-limoso, zona de fuertes agrietamientos y asentamientos.	Carretera y terrenos de cultivo
- El Gavilán	Km. 150+000-154+200, compromete material Coluvio-proluvial, asentamientos y desliz. fuertes agrietamientos, derrumbes. Zona crítica.	Carretera, zona inestable
- San Juan	Km. 140, asentamientos, deslizamientos antiguos reactivados, zona crítica.	Cementerio, carretera
- Km. 121+400	Deslizamiento activo, compromete roca y material detrítico, zona inestable.	Carretera
- Qda. Lucmo	Km. 122+700-123+100, derrumbes, agrietamientos y deslizamientos en laderas de la quebrada.	Carretera Puente
- Choropampa	Km. 123+500-125+500 Deslizamientos antiguos reactivados	Carretera terrenos de cultivo
- Km. 125+000-26+400	Deslizam. antiguos reactivados derrumbes, zona inestable con lluvias. Compromete parte de roca y material coluvial.	Carretera
- C°Grande Tapiaco	Entre río Laque y Río Magdalena, afluentes del río San Pablo	Terrenos de cultivo
- Qda. Cuzcuden	Vía a San Miguel. Asentamientos y deslizam. incipientes. Puede agravarse.	Trocha a San Miguel y Terrenos de cultivo.
- Ex-Hda. Lajos	Asentamientos y deslizamientos	Terrenos de Cultivo.

CUADRO N°6

AREAS CON PROBLEMAS DE EROSION DE LADERAS EN LA CUENCA

AREAS	TIPO DE ROCA Y CARACTERISTICAS
- Qda. Maran Pampa (Livis)	III: Andesitas, tobas, areniscas, principalmente erosión en cárcavas y surcos.
- Qda. Nazario-Chilete	III: Andesitas, tobas, areniscas: erosión en surcos, laminar y cárcavas.
- Margen izquierda río - Contumaza, entre Toledo y Contumaza.	III: Andesitas, tobas, areniscas; erosión en surcos, cárcavas.
- Mina La Poderosa (Qda. El Ingenio)	III: Andesitas, tobas, areniscas; erosión en surcos, cárcavas y laminar.
- El Mirne	IVe: Calizas, lutitas, margas; erosión en surcos y cárcavas.
- Area Qda. La Zanjita	IVq: Areniscas, lutitas, calizas; erosión en cárcavas bien desarrolladas.
- Qda. Huallario-El Gavilán	IVq,e: Lutitas, margas, calizas, areniscas; erosión laminar, en surcos y carcavas.
- Cuenca Alta río Huacra Moro	IVq: Areniscas, lutitas, calizas; erosión en surcos, cárcavas.

En el Cuadro N°7 se detallan algunos sectores afectados por la erosión fluvial.

CUADRO Nº7

AREAS CON PROBLEMAS DE EROSION FLUVIAL EN LA CUENCA

SECTOR	D A Ñ O S
- El Misterio	Margen Izquierda : Terrenos de cultivo
- Chapan Grande	Margen Derecha : Terrenos de cultivo
- La Arenita	Margen Izquierda : Terrenos de cultivo
- Tembladera + 3 Km.	Margen Derecha : Carretera
- Km. 53+000	Margen Izquierda : Carretera
- Confluencia río San Pablo río Jequetepeque	Margen Izquierda río San Pablo, trocha a san Pablo-San Miguel
- Km. 89+000 - 90+000	Margen Izquierda río Jequetepeque, carretera
- Km. 93+100 - 95+500	Margen Derecha carretera. Puede comprometer al puente Muyuma
- Km. 96+400 - 99+000	Margen derecha carretera en algunos tramos.

5.3.5 DERRUMBES:

Fenómenos que en la cuenca, estan asociados a zonas de deslizamientos y desprendimientos de roca. Estos, constantemente interrumpen las vías de comunicación en cortos tramos. Se manifiestan con mayor intensidad en los taludes de corte de las vías de reciente construcción y son provocados en la mayoría de los casos por adoptar taludes inapropiados y, el mal uso del agua de riego. Los derrumbes más notorios en la cuenca se localizan en:

- Km. 86+000 - 87+600 de la carretera a Cajamarca: Zona crítica
- Km. 92+000 - 92+800 de la carretera a Cajamarca
- Km. 113+150 - 114+000 " "
- Km. 114+400 " "
- Km. 125+000 - 128+300 " "
- Km. 144+300 " "
- Km. 154+200 " "
- Km. 159+300 " "
- Trocha carrozable Viroton-Catan
- Trocha carrozable Chilete-Rupe (Vía contumaza)
- Trocha carrozable Sangal-San Miguel
- Trocha carrozable Sangal-Las Paltas
- Tramo Gallito Ciego-Tembladera.

5.3.6 DESPRENDIMIENTO DE ROCAS:

Estos fenómenos se producen generalmente en los macizos rocosos caracterizados por:

- Heterogenidad litológica (alternancia de estratos rígidos, con otros de menor resistencia).
- Diaclasamiento intenso
- Taludes medios a fuerte
- Meteorización diferencial (disyunción esferoidal y tabular)

Es un fenómeno muy común en la cuenca, se da principalmente en rocas intrusivas y los volcánicos costaneros (meteorización diferencial, fuerte diaclasamiento) y su riesgo aumenta con la incentivación sísmica.

A continuación detallamos algunos lugares donde ocurren estos fenómenos.

- Sector La Arenita
- Km. 24+000 - 27+200
- Km. 60+000 (Sector el Pongo)
- Km. 64+500

- Km. 70+000 (Sector Yubed)
- Km. 86+000 - 87+600 (Zona crítica)
- Km. 90+000 - 92+800
- Km. 94+500
- Km. 113+150 - 114+000
- Km. 125+000 - 128+800
- Km. 130+500 - 130+900
- Km. 144+000 - 150+000
- Sector Puente Salabamba (vía a Asunción)
- Sector Monte Nazario (Qda. Quina-Quina).

5.3.7 INUNDACIONES:

Este es un fenómeno controlado estrictamente por la geomorfología, e indica la existencia de condiciones topográficas (barras litorales, cauces antiguos, terrenos de cultivo, etc) que permiten que el exceso del caudal, producto de la elevación significativa del caudal (crecida), se distribuya sobre áreas periódicamente anegables.

El Río Jequetepeque en la cuenca baja se caracteriza por el ensanchamiento del valle y la divagación del cauce, con un ancho máximo de 6 Km. Las zonas inundables estan señaladas en el plano N°3, con un criterio geológico, basado en la llanura aluvial geologicamente activa. Este criterio debe considerarse como simplemente indicativo.

El riesgo por inundación, en la cuenca baja, ha disminuido considerablemente con la construcción de la Represa de Gallito Ciego.

5.3.8 ARENAMIENTO:

Se desarrolla en la llanura aluvial de la cuenca, las arenas se mueven con dirección SW-NE, cruzan y bloquean líneas de transportes, centros poblados y terrenos de cultivo. La deforestación y el sobre-pastoreo activan estas áreas. Los lugares más afectados son:

- Balneario Boca del Río
- Balneario Santa Elena
- Santa María
- Hornito
- San Rafaél
- El Palmo
- Al SE de San José
- Alrededores de San Pedro de Lloc
- Pampas al Sur de Pacasmayo
- Pampas de Mama Brígida.

5.3.9 ALUVIONES:

Este fenómeno es muy poco probable que ocurra en la cuenca, las posibilidades podrían darse en el Río Huertas, si fuertes huaycos y deslizamientos represan éste, para luego, con una posterior ruptura generar este fenómeno. De ser posible el aluvión, el poblado de Chilete sería el más afectado, asi como también la vía a Cajamarca.

5.3.10 REPTACIÓN DE SUELOS:

Este fenómeno se presenta generalmente en la Cuenca del Río Huacraucro. El riesgo no es muy acentuado salvo en la zona de San Juan (Km. 142+600).

5.3.11 HUNDIMIENTOS:

Este fenómeno de poco riesgo se puede producir al NE de la cuenca (cerca a su límite), en las secuencias calcáreas de las Formaciones Inca, Chulec, Pariatambo (karts).

5.4 ACCION ANTROPICA

La intervención humana es uno de los factores de mayor incidencia en la desestabilización tanto de laderas y cauces. Los cortes de carreteras, obstáculos en el cauce, movimientos de tierra que pueden favorecer a la infiltración de lluvias, desembalses rápido (Presa de Gallito Ciego), la pérdida de agua en los canales, el mal sistema de regadío, desforestación, ubicación de pueblos en los conos deyectivos de ríos y quebradas son muchos ejemplos en que la mano del hombre interviene para modificar el equilibrio existente en la cuenca, trayendo a veces muy graves consecuencias.

VI SISMICIDAD

En este capítulo se presenta una evaluación del peligro sísmico en la Cuenca del Rio Jequetepeque, con la finalidad de predecir probabilísticamente, los posibles eventos sísmicos que podrían ocurrir en la cuenca, considerando los datos sísmicos pasados y las características tectónicas asociadas a la actividad sísmica de la región.

En este estudio se utilizan las fuentes sismogénicas determinadas por Casaverde y Vargas (1980), la ocurrencia sísmica es la determinada durante el desarrollo del proyecto "Sísmicidad de la Región Andina" (SISRA), en la UNI (Arevalo 1984) con el catálogo sísmico de hipocentros de la National Oceanographic an Atmospheric Administration (NOAA) de los Estados Unidos.

Para realizar el análisis del peligro sísmico se determinaron las fuentes sismogénicas de influencia y se presentan los resultados de sismos esperados en términos probabilísticos obtenidos con los parámetros de recurrencia para cada una de las fuentes sismogénicas.

6.1 SISMICIDAD HISTORICA

Los sismos históricos estudiados están basados en los trabajos de Silgado (1969, 1973, 1975 y 1978). Estos incluyen solamente los destructores y no denotan la actividad sísmica de la zona. De estos eventos solo se han encontrado los que han afectado la cuenca en estudio. A continuación se presenta la relación de sismos históricos con influencia en el área de estudio.

HISTORIA SISMICA DEL AREA DE ESTUDIO

1606 Marzo 23, a 15 horas, se estremeció violentamente la ti tierra en Zaña, Lambayeque.

1619 Febrero 14, a las 11.30 am. Terremoto en el Norte del Perú que arruinó los edificios de Trujillo y sus templos extendiéndose la destrucción a las Villas de Zaña y Santa. Según la Crónica del Padre Calancha, el movimiento fue sentido en más de 300 leguas de N a S (2,000 Km ±) y en más de 60 leguas de E a W (± 300 km)...

1725 Enero 6, a 23:25 Un notable movimiento sísmico ocasionó diversos daños en Trujillo. En los Nevados de la Cordillera Blanca originó la rotura de una laguna glaciar, la cual desbordándose arrasó un pueblo cercano a Yungay muriendo 1500 personas. El sismo se sintió en Lima.

1759 Setiembre 2, a 23:15 horas. Un gran temblor causó cinco víctimas en Trujillo y averió sus construcciones. La Catedral sufrió en sus bóvedas, arquerías y torres. Sentido a lo largo de la Costa entre el pueblo de San Pedro, Lambayeque, hasta la Villa de Santa. En los pueblos de la sierra de Huamachuco fue intenso.

1902 Enero 2, a 09:08. Fuerte y prolongado movimiento de la tierra en Casma y Chimbote donde causó alarma. Sentido moderadamente en Chiclayo y Paita, leve en Lima, a las 10 horas se repitió en Casma, con menor intensidad.

1905 Abril 23, a las 23.15. Movimiento sísmico sentido a lo largo de la costa litoral entre Tumbes y el Valle del Santa.

1906 Enero 9 a las cinco de la madrugada hubo temblor en el NW del país. Fuerte en Piura y Paita, mediano en Trujillo.

1906 Setiembre 28, a 10:25, Notable conmoción sísmica, en un área de forma elíptica, de 310,000 Km², que comprendía gran parte de la Costa, Sierra y hasta las estribaciones de la Cordillera Oriental. El eje mayor de la elipse se extendió entre Guayaquil (Ecuador) y Tarma. El eje menor entre Trujillo y Moyobamba. En la ciudad de Chachapoyas, alcanzó la intensidad de VI-VII RF., cuarteándose paredes, desquinchándose techos y desplomándose las antiguas murallas. El sismo fue sentido fuertemente en Huancabamba, Ayabaca, Sullana, Morropón, Tumbes y Santa.

1907 Junio 20, a 06:33. Sismo localizado por Sieberg (1930) a 7°S, 81°O. Grado de Mercalli en Chiclayo, Lambayeque y Eten. Grado IV en Olmos y menor intensidad en Trujillo y Huancabamba. En Lima y Callao fue breve, con prolongado ruido.

1912 Julio 24, 06:50. Terremoto en el Norte, arruinó la ci ciudad de Piura y poblaciones circunvecinas, ocasionando muertos y heridos. Sieberg (1930) estimaba una intensidad de X-XI en el área epicentral que nos parece hoy algo exagerada en vista del tipo, edad y calidad de las construcciones que predominaban en esa ciudad a comienzos del siglo.
Dentro de esa área quedaron afectadas las provincias de Piura, Huancabamba, Jaén en el Perú y las poblaciones ecuatorianas limítrofes, que incluían las del Guayas. La ciudad de Piura con más edificaciones fue la más afectada, quedando en condiciones de habitabilidad sólo el uno por ciento. Las estadísticas de la época evaluaron las pérdidas de un millón y medio de soles. En el cauce seco del río Piura, se formaron grietas con surgencia de agua, otros daños afectarón el terraplén del ferrocarril. En el puerto de Paita se produjeron agrietamientos del suelo. Al Sur en la ciudad de Trujillo y en el Puerto de Salaverry se estimó una intensidad de grado VI RF.....

1917 Mayo 20, a 23:45. Fuerte temblor en Trujillo que agrietó paredes en edificios públicos, Palacio Arzobispal, local de la Beneficiencia, hospitales, iglesias, monasterios y en muchas viviendas. El sismo fue fuerte en Saña a 150 Km. Norte de Trujillo, en Chimbote y en Casma.

1928 Mayo 14, a las 17:12 horas, notable conmoción sísmica, que trajo desvastación y muerte en varias poblaciones interandinas en el Norte del Perú. Sufrió casi total destrucción la ciudad de Chachapoyas (2,318 msnm) capital del Departamento de Amazonas, edificada en el Valle de Utcubamba..... Graves daños experimentaron las ciudades de Huancabamba en la sierra de Piura, las de Cutervo, Chota y Jaén en Cajamarca. Hacia el Oriente, en Moyobamba (860 msnm) cayeron alrededor de 150 casas...

Al NW del área pleistosista, en territorio ecuatoriano, quedaron deteriorados los antiguos edificios del puerto de Guayaquil, los de Yaguachi en Machala y las construcciones de los distritos andinos del Cantón de Loja. Una atenuación de los efectos destructores se apreció en Cajamarca (2,814 msnm) y en Piura, Lambayeque y Trujillo, situados en la costa. En Iquitos en el río Amazonas, ocurrieron algunos daños de menor cuantía.

Se deduce que el movimiento fue destructor en una área cercana a los 100,000 Km². El área de percepción fue vasta pués llegó a sentirse de manera leve en Tuquerres ciudad Colombiana, limítrofe con el Ecuador. Hacia el Este, en las nacientes del río Moa, en la frontera peruana-brasileña, Hoempler (comunicación verbal) apreció a la misma hora del sismo un ligero movimiento en las ramas de los árboles. Al Sur de Lima sólo lo sintieron contadas personas en la forma de una muy lenta y leve oscilación. Admitiendo un radio de percepticibilidad de unos 725 km. cuadrados, un grado X de intensidad MM para la zona epicéntrica se calcula que la profundidad del foco fue del orden de los 30 Kilómetros.

1937 Junio 21 a las 10:13 horas. Gran temblor sentido en la Costa desde el paralelo 5° hasta el 11° de Latitud Sur y hacia el interior unos 180 Kms. Area probable de percepción: 315,000 Km². En la ciudad de Trujillo ocasionó caída de cornisas y rajaduras de paredes. En Lambayeque y en el puerto de Salaverry, derrumbes parciales de las torres de las Iglesias. Intensidad VI de la Escala MM. Ligeros daños en las ciudades andinas de Cajamarca y Cutervo. Fuerte en Chimbote y Casma. Sentido en todas las poblaciones del Callejón de Huaylas hasta Chiquián, lo mismo que en Celendín, San Marcos, Pomabamba, situados en las vertientes del Alto Marañón.

1951 Junio 23, a 20:44 horas. Sismo originado en el Oceáno, frente a las costas del litoral Norte. En la ciudad de Trujillo y el Puerto de Pacasmayo, se apreció una intensidad del Grado V de la Escala MM. Sentido en las poblaciones de

Cajamarca y en las situadas en el Callejón de Huaylas.

1952 Marzo 30, a las 19:51 horas. Fuerte movimiento sísmico en el Norte del Perú. Los moradores de la población andina de Cutervo, pernoctaron en carpas. La Intensidad apreciada alcanzó en Cajamarca y Chota Grado V-VI MM.

1953 Diciembre 12, a 12:31 horas. Un fuerte y prolongado movimiento sísmico afectó seriamente a la parte NW del Perú y parte del territorio ecuatoriano. En las poblaciones peruanas de Tumbes y Corrales, causó la muerte de 6 personas, 20 heridos y numerosos daños materiales. Fue sentido en una área aproximada de 700,000 Km², limitada por los paralelos 0°30' y 11° de lat. S y por los meridianos 75°y 81°W y el área de mayor destrucción abarcó unos 5,000 Km². La intensidad del movimiento se apreció entre el Grado VII y VIII de la Escala de MM. Largas grietas se produjeron en los terrenos húmedos, algunas de dirección N-S y otras más extensas a lo largo de un canal de irrigación; una de ellas tenía unos cincuenta metros de longitud y alcanzaba en algunos trechos 30 a 40 cms de ancho. Eyección de lodo en las quebradas de Bocapán, en los esteros de Puerto Pizarro y en otros lugares. Deslizamientos del material suelto, en El Alto, en los alrededores de Zorritos y partes altas del Cañón del río Tumbes.

1955 Agosto 19, Fuerte movimiento de tierra estremeció la zona norte a las 02:45 horas. Ligeramente destructor en la Hacienda Cartavio (Trujillo) y en el Puerto de Chimbote. Sentido desde Piura al N hasta Lima al S.

1956 Febrero 17, a 20:37 horas. Temblor sentido en todas las poblaciones de los Departamentos de la Libertad y Ancash, desde el paralelo 7° al 10° de Lat. S. Intensidad Grado V MM en el Puerto de Chimbote.

1961 Julio 3, a las 09:51 horas. Un violento temblor en Chimbote ocasionó rajaduras de muchas paredes y roturas de vidrios en edificios y viviendas. Grado VI. Alarma en Trujillo, lo mismo en Huaraz. Agitación del mar Chimbote, Salaverry y Buenos Aires.

1962 Abril 18, a las 14:15 horas. Movimiento destructor que causó numerosos agrietamientos en las construcciones de adobe de la ciudad de Casma y deterioros en una de las torres de la Catedral de Huaraz. Los deslizamientos de relaves en el asiento minero de Ouiruvilca, carretera de Trujillo a Huamachuco, ocasionaron cuatro muertos

1962 Noviembre 15. a 18:25 horas. Originado en la costa frente a Trujillo. Daños leves a las construcciones pobres. Sentido en Chiclayo, Trujillo y Chimbote.

1963 Agosto 30, a 10:30 horas. Intenso temblor en el NW. Rotura de objetos decorativos y menaje en Piura. Grado V MM. Alarma en Chiclayo y Trujillo.

1969 Febrero 4, a 23:11 horas. Las ciudades del Norte del país especialmente Trujillo y Chiclayo, fueron sacudidas por un violento temblor. En Chiclayo causó gran alarma.

1970 Mayo 31, Un domingo por la tarde ocurrió uno de los más catastróficos terremotos en la historia del Perú y posiblemente del hemisferio occidental. Murieron ese día 50,000 personas, desaparecieron 20,000 y quedaron heridos 150,000, según el informe de la Comisión de Reconstrucción y Rehabilitación de la Zona Afectada (CRYRZA). La mayor mortalidad se debió a la gran avalancha que siguió el terremoto y que sepultó al pueblo de Yungay. La región más afectada, de topografía variable, quedó comprendida entre la línea de costa y el rio Marañón al Este, limitada por los paralelos 8° a 10.5° Lat. S que abarcó prácticamente todo el Departamento de Ancash y el Sur del Departamento de La Libertad. En la región costera quedó destruída Casma, Ciudad de viejas construcciones de adobe. Sufrió grandes daños Chimbote, ciudad industrial y pesquera, con diversidad de estructuras. Menor destrucción se apreció en Trujillo y Huarmey. Los daños fueron severos en el Callejón de Huaylas, sobre todo en Huaraz.... Gran destrucción se observó en las construcciones rurales de los pueblos y caseríos situados en las vertientes de la Cordillera Negra así como en los ubicados en el lado oriental de la Cordillera Blanca.

Se produjeron intensidades de VIII MM, en los sedimentos fluviales y fluvio-aluviales de la Costa. Sin embargo Lomnitz (1970) estima que en algunos sedimentos poco consolidados y saturados de agua, entre Casma y Chimbote, la intensidad puede haber llegado al Grado IX. En la zona del Callejón de Huaylas fue de grado VII-VIII, en Huarmey VII y en Trujillo VI-VII.

6.2 EVALUACION DE FUENTES SISMOGENICAS

Las fuentes sismogénicas o generadoras de sismos, fueron establecidas por Casaverde y Vargas (1980), en base a la ubicación de hipocentros, así como las características tectónicas y geológicas asociadas a la actividad sismica.

En la Fig. 21 se presentan las fuentes sismogénicas utilizadas y las coordenadas geográficas se muestran en el Cuadro N°8.

Las fuentes sismogénicas F01 y F02 se ubican en la costa Peruana y representan sismos superficiales y de mayor intensidad sísmica.

Las fuentes F11, F13 y F20 corresponden a sismos superficiales asociados a la actividad sísmica regional andina.

La fuente F12 corresponde a sismos de profundidad intermedia, mayores de 70 Km. relacionados a la zona de Benioff. La fuente F19 esta asociada a una falla aún no determinada. (Casaverde y Vargas, 1980).

6.3 DISTRIBUCION DE PROFUNDIDADES HIPOCENTRALES

En las figuras N°22 y 23 se presentan las profundidades representativas de los hipocentros de cada fuente sismogeníca.

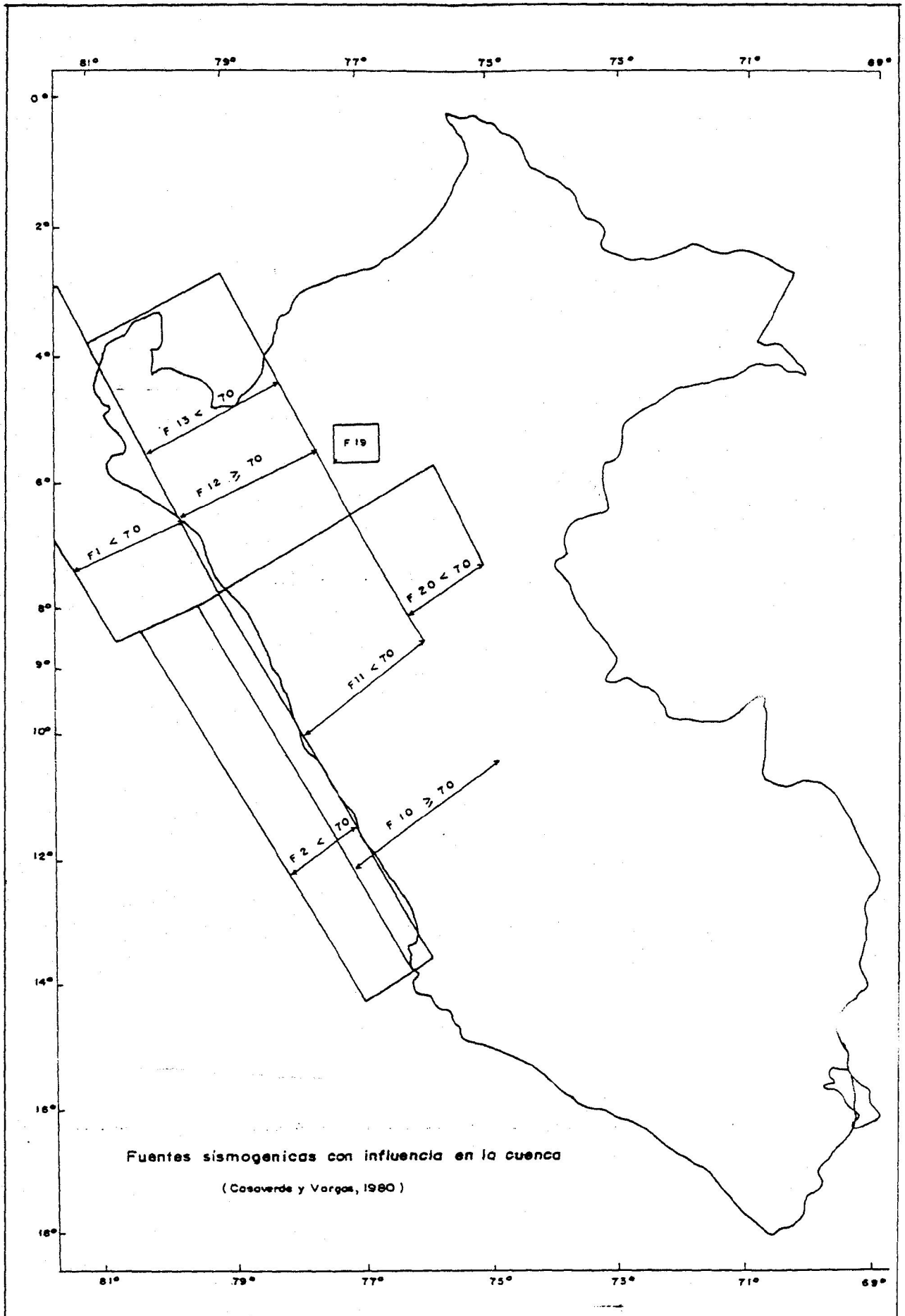

81°
79°
77°
75°
73°
71°
69°
0°
2°
4°
6°
8°
9°
10°
12°
14°
16°
18°
F 13 < 70
F 12 ≥ 70
F 19
F1 < 70
F 20 < 70
F11 < 70
F 10 ≥ 70
F 2 < 70
Fuentes sismogenicas con influencia en la cuenca
(Casaverde y Vargas, 1980)

Fig. 21

Página en blanco

DISTRIBUCION DE PROFUNDIDADES HIPOCENTRALES PROYECTO ECOSIS-UNI 1984 (Arevalo, 1984)

Fuentes Sismogénicos : F1, F2, F11 y F12

Fuente de Datos : Catálogo de la NOAA (1963 - 1981)

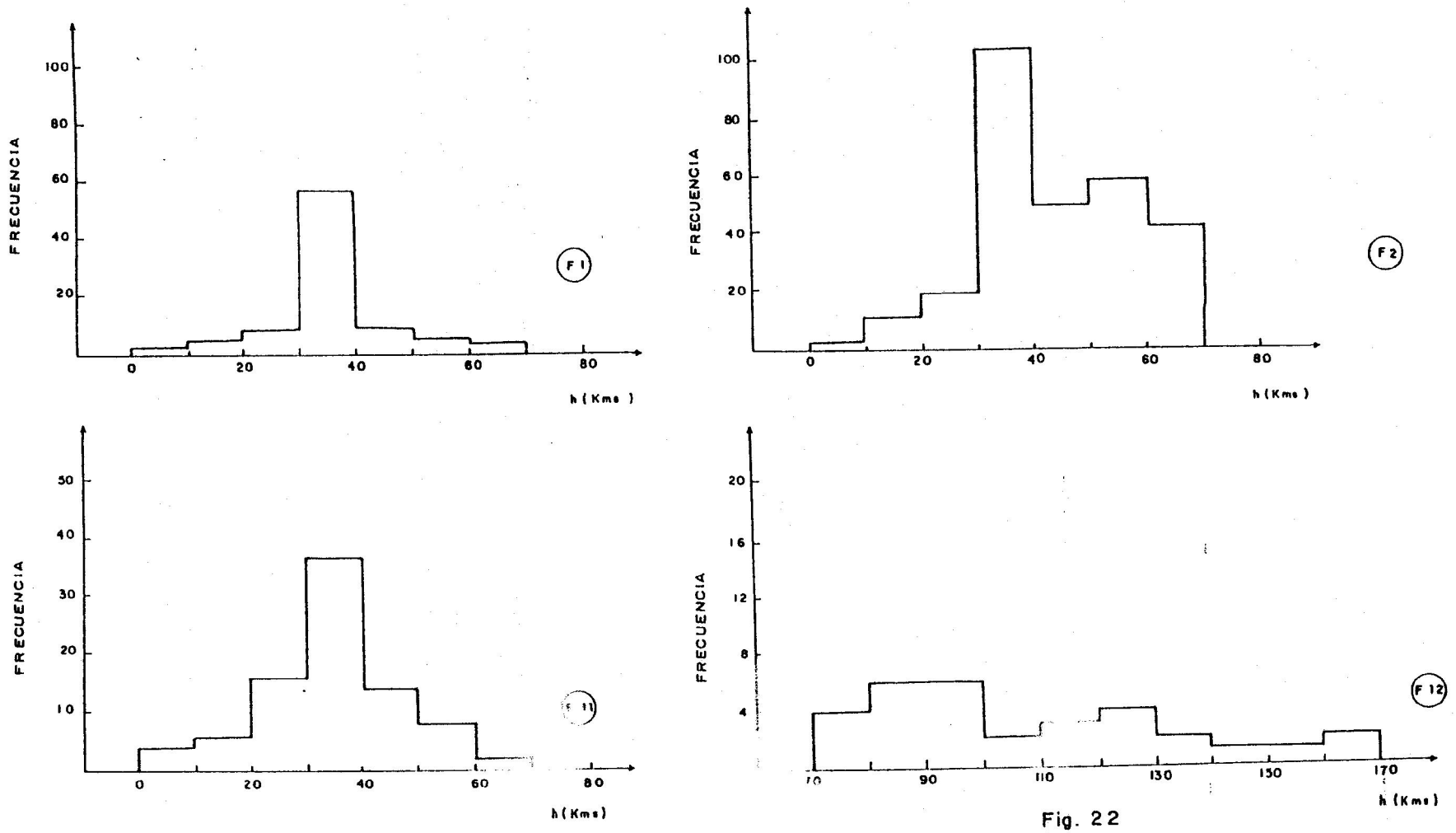
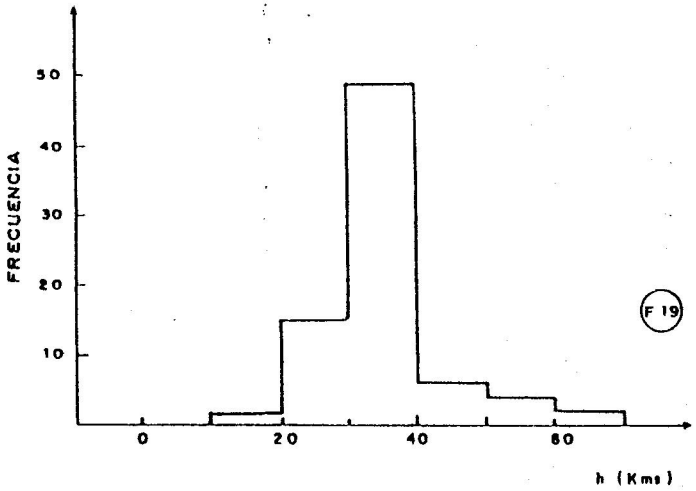


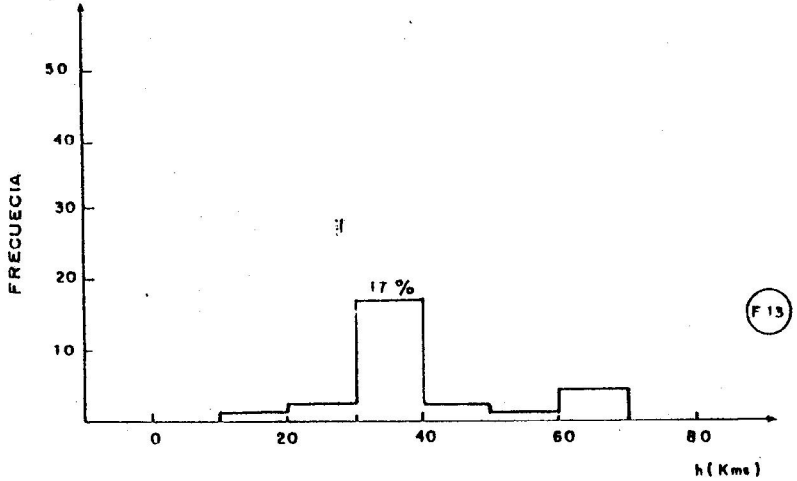
Fig. 22

DISTRIBUCION DE PROFUNDIDADES HIPOCENTRALES, PROYECTO ECOSIS-UNI 1984 (Arévalo, 1984)

Fuentes Sismogénicos: F 19, F13 y F 20

Fuente de Datos : Catálogo de la NOAA (1963 - 1981)





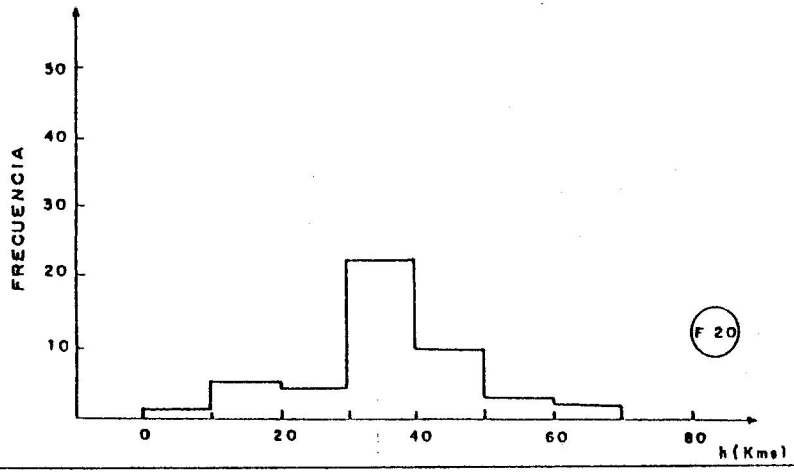


Fig. Nº 23

CUADRO N°8

FUENTES SISMOGENICAS

FUENTE	COORDENADAS GEOGRAFICAS			
F01	83.05 W	4.35 S	81.45 W	3.50 S
	80.90	8.80	79.25	8.0
F02	80.50	8.60	79.25	8.00
	77.10	14.90	76.00	14.08
F11	79.25	8.00	77.20	6.80
	76.00	14.08	73.80	12.45
F12	81.25	3.90	79.20	2.80
	79.25	8.00	77.20	6.80
F13	81.25	3.90	79.20	2.80
	79.25	8.00	77.20	6.80
F19	77.50	5.25	76.75	5.25
	77.50	5.85	76.75	5.85
F20	77.20	6.80	75.80	5.90
	73.80	12.45	73.00	11.90

Casaverde y Vargas

6.4 ANALISIS ESTADISTICO DE RECURRENCIA

Para este trabajo se utilizó solamente la información a partir del 16/02/63 hasta 27/05/81, correspondiente a un período sísmico de 18.28 años. Ya que la información dada por el Catálogo instrumental hasta el año 1963, es

CURVAS DE RECURRENCIA SISMICA (Arévalo, 1984)

Fuente : 1, 2

Proyecto : ECOSIS - UNI (1984)

Fuente de datos : Catálogos NOAA (1963-1981)

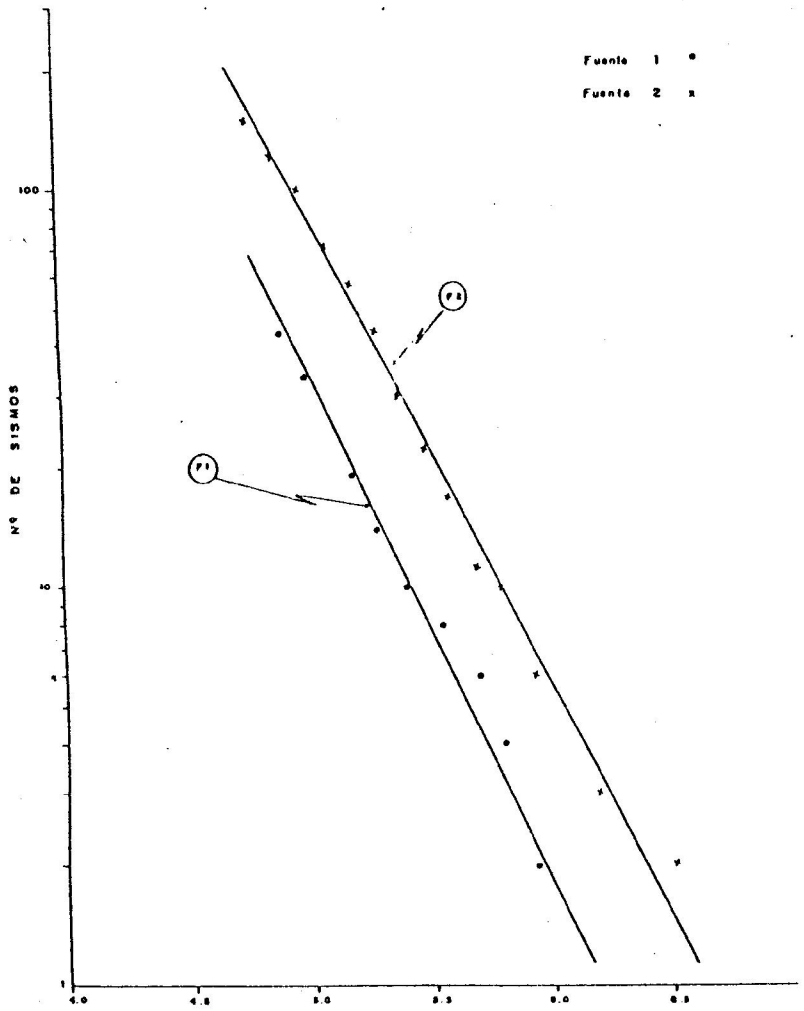


Fig. 24

CURVAS DE RECURRENCIA SISMICA (Arévalo, 1984)

Fuentes : 11, 12 y 13

Proyecto : ECOSIS - UNI (1984)

Fuente de dato : Catálogo NOAA (1963-1981)

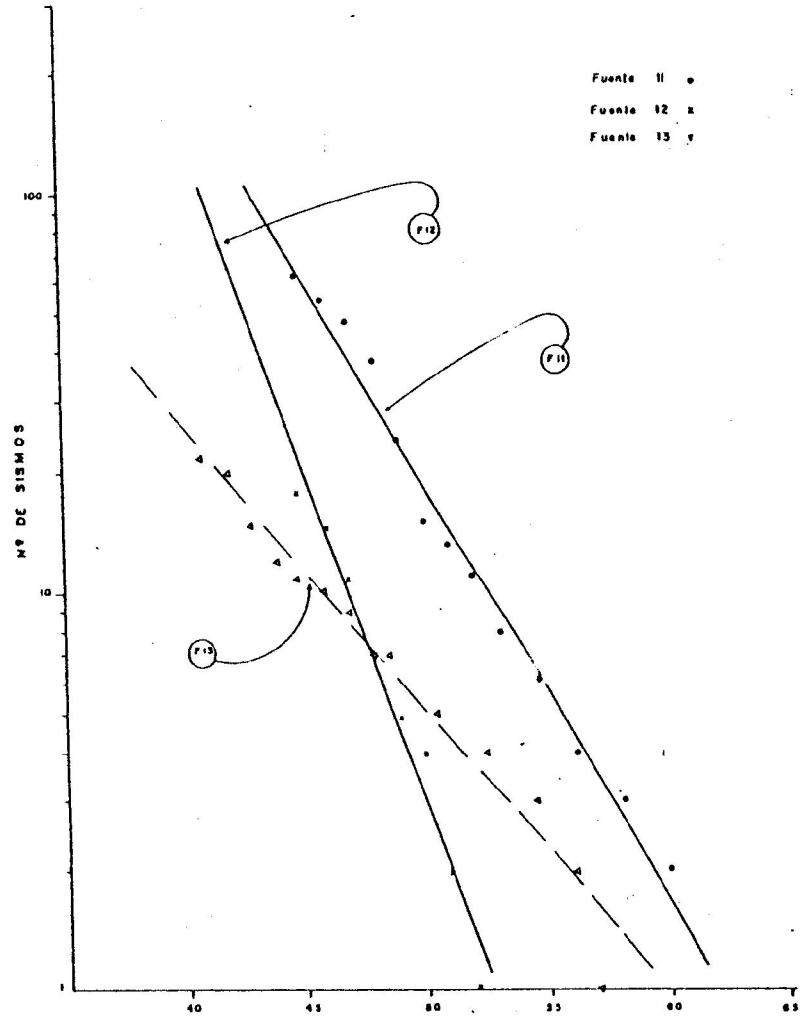


Fig. 25

CURVAS DE RECURRENCIA SISMICA (Arévalo, 1981)

Fuente : 19,20
Proyecto : ECOSIS - UNI (1984)
Fuente de datos : Catálogo NOAA (1963 - 1981)

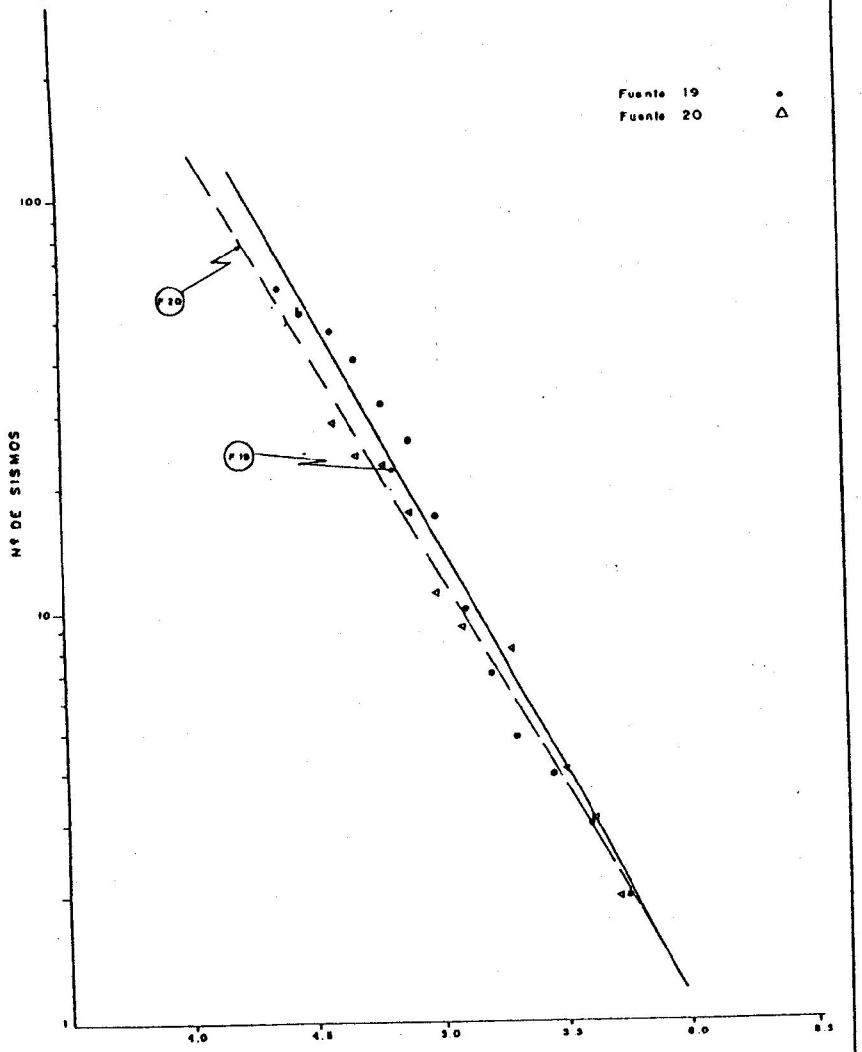


Fig. 26

Curvas de Probabilidad de Ocurrencia de una cierta magnitud para cada fuente sismogénica en un tiempo de exposición de 20 años

T = 20 años

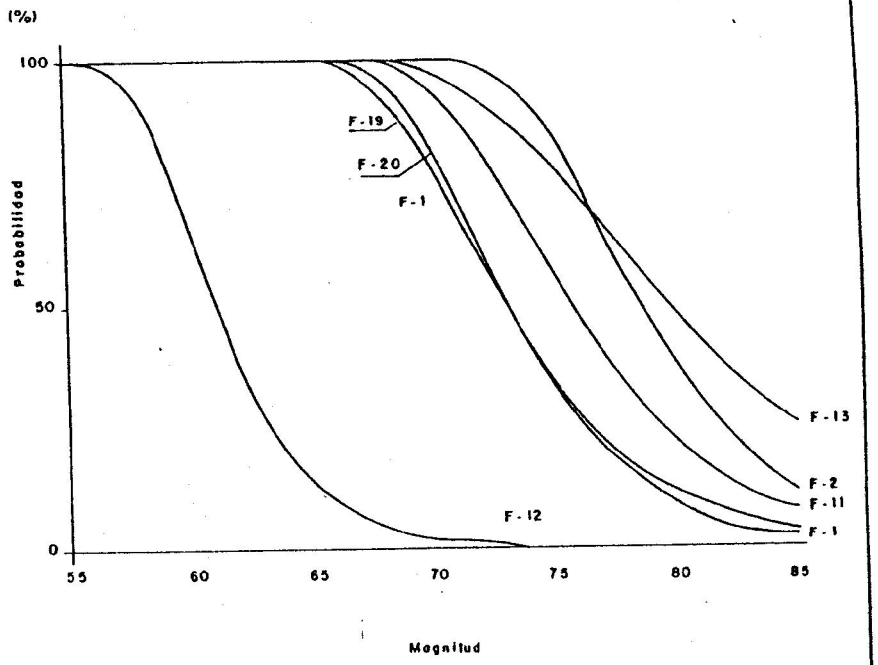


Fig. 28

incompleta, en cuanto a la información de magnitud y profundidad, (E. Hernandez 1989). En los gráficos 24, 25 y 26 se presentan las curvas de recurrencia por fuentes.

La tasa anual correspondiente a la magnitud mínima (mb) que viene a ser el número de sismos por año que ocurren en la fuente, de magnitud igual o mayor que mb, así como también los valores de a y b (parámetros que dependen de la sismicidad de la región utilizados para el cálculo de recurrencia de terremotos según Richter 1958: Log N = a - bM y el valor de mb se representan en el cuadro N°9.

CUADRO N°9
PARAMETROS DE RECURRENCIA SISMICA
(Arevalo, 1984)
Catálogo Sísmico: NOOA
Período Sísmico: 1963-1981 (T = 18/28 años)

FUENTE	mb	TASA=10 mb/t	b mb	a	r^2
F01	4.9	2.666	1.299	8.053	0.991
F02	4.8	8.702	1.193	7.928	0.996
F11	4.5	3.516	1.056	6.560	0.992
F12	4.5	1.219	1.742	9.187	0.983
F13	4.1	1.243	0.724	4.325	0.983
F19	4.4	4.018	1.140	6.882	0.989
F20	4.6	1.799	1.070	6.439	0.991

6.5 PERIODOS MEDIOS DE RECURRENCIA

El periodo medio de recurrencia para un evento de una magnitud dada y que puede producirse en un punto cualquiera dentro de una fuente sismogénica, ha sido calculada (E. Hernandez 1989). Se presentan los resultados por fuentes:

De los resultados se desprende que el período medio de Recurrencia de un sismo, de las características del que ocurrió el 31/05/70 (se sintió en Pacasmayo) es de 24 años (F02), la cual de acuerdo con los resultados es la fuente más activa (sismos de magnitud 4.8 mb cada 2 días).

FUENTE: F01

Magnitud (Mb)	Período de Recurrencia años	días
4.9	-	7.5
5.0	-	10
5.5	-	45
6.0	-	201
6.3	1.4	-
6.5	2.5	-
6.8	6.0	-
7.0	11.0	-
7.3	27.0	-
7.5	49.0	-
7.8	120.0	-
8.0	218.0	-

FUENTE: F02

Magnitud (Mb)	Período de Recurrencia años	días
4.8		2.3
5.0		4
5.5		16
6.0		62
6.5		245
7.0	3	
7.5	10	
7.6	14	
7.7	18	
7.8	24	
7.9	31	
8.0	41	

FUENTE: 11

Magnitud (Mb)	Período de Recurrencia años	días
4.5		6
5.0		19
5.5		64
6.0		218
6.5	2	
7.0	7	-
7.5	23	-
8.0	77	-

FUENTE: F13

Magnitud (Mb)	Período de Recurrencia años	días
4.1		16
4.5		31
5.0		72
5.5		166
6.0	1	-
6.5	2.9	-
7.0	5.5	-
7.3	9	-
7.5	13	-
7.8	21	-
8.0	29	-

FUENTE: F19

Magnitud (Mb)	Período de Recurrencia años	días
4.4		5
5.0		24
5.5		89
6.0		331
6.5	3.4	-
7.0	12.5	-
7.5	46.5	-
8.0	173	-

FUENTE: F20

Magnitud (Mb)	Periodo de Recurrencia años	días
4.6		11
5.0		30
5.5		102
6.0		349
6.5	3.3	-
7.0	11.2	-
7.5	38.5	-
8.0	132.0	-

6.6 PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UNA CIERTA MAGNITUD

En las figuras N°27 al 30 se presentan las curvas de probabilidad de ocurrencia de sismos de una cierta magnitud para períodos 10, 20, 50 y 100 años para cada fuente sismogénica. Estas curvas fueron preparadas por E. Hernandez T. INGEMMET 1980.

Curvas de Probabilidad de Ocurrencia de una cierta magnitud para cada fuente sismogénica en un tiempo de exposición de 10 años.

T = 10 años

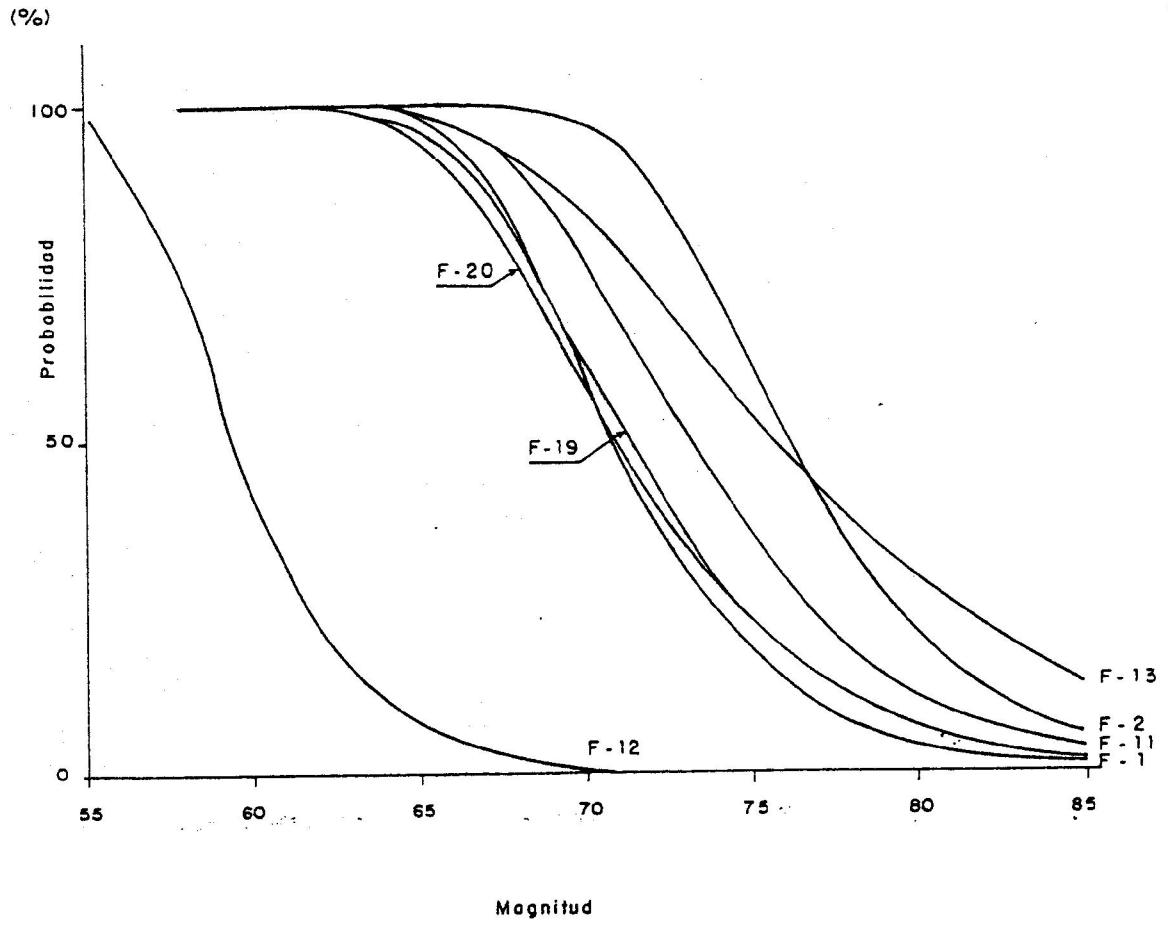


Fig. 27

Curva de Probabilidad de Ocurrencia de una cierta magnitud para cada fuente sismogénica en un tiempo de exposición de 50 años.

T = 50 años

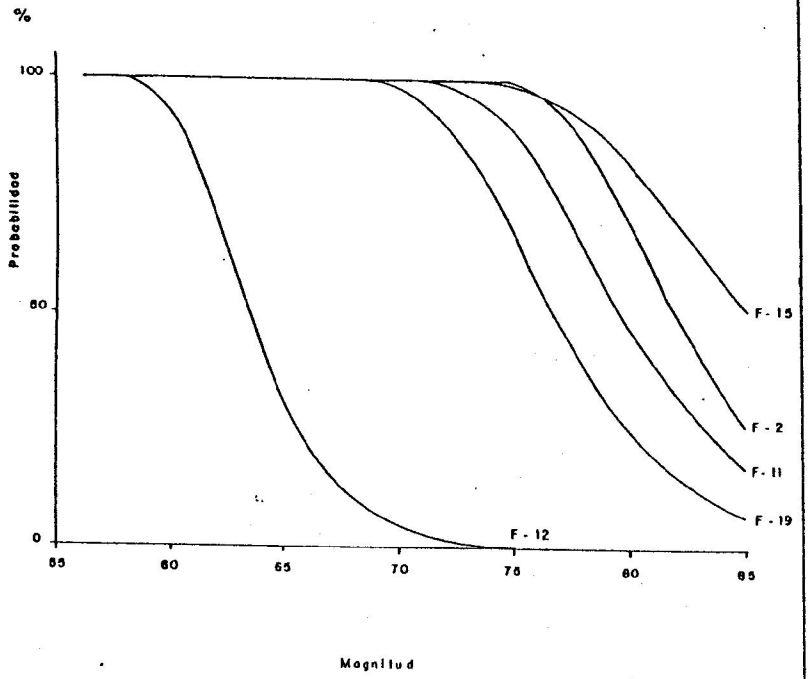


Fig. 29

Curva de Probabilidad de Ocurrencia de una cierta magnitud para cada fuente sismogénica en un tiempo de exposición de 100 años.

T = 100 años

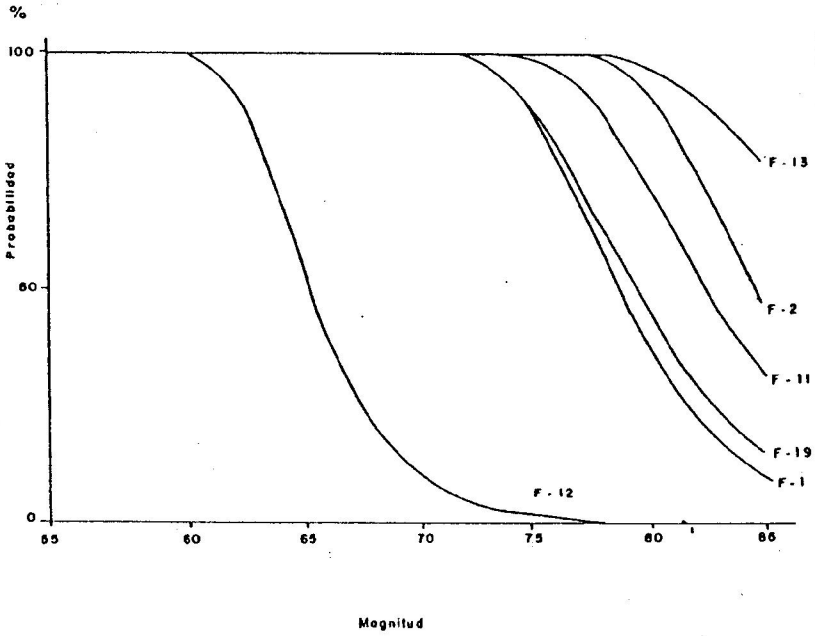


Fig. 30

VII ZONACION DE RIESGO GEODINAMICO

7.1 MAPA DE ZONACION DE RIESGO GEODINAMICO:

Analizando, como criterios de zonación, la concentración de fenómenos de geodinámica externa (magnitud, daños, periodicidad), así como los aspectos morfológicos (pendientes, etc.), climáticos (precipitación, etc.), hidrológicos, litoestructurales; se realizó la zonación (según el riesgo geodinámico) de la Cuenca del Río Jequetepeque. Esta zonación nos ha permitido separar la cuenca, en 5 zonas como se muestran en el Mapa N°4 y se describen a continuación.

7.1.1 **ZONA A: ZONA DE MUY ALTO RIESGO GEODINAMICO:** Zonas altamente sensibles a los fenómenos de geodinámica externa, tales como huaycos, deslizamientos, derrumbes, desprendimientos de rocas, inundaciones y erosiones, que se producen periódicamente y que ocasionan o podrían ocasionar cuantiosos daños a las obras de ingeniería, centros poblados y terrenos de cultivo.

7.1.2 **ZONA B: ZONA DE ALTO RIESGO GEODINAMICO:** Zonas sensibles a los fenómenos de geodinámica externa principalmente huaycos, desprendimientos de rocas, deslizamientos y en algunos sectores erosión de riberas e inundaciones. Se localiza principalmente en los valles principales de la cuenca. Estos fenómenos están supeditados a las precipitaciones, acción de las crecidas y a la acción antrópica.

7.1.3 **ZONA C: ZONA DE RIESGO GEODINAMICO MEDIO:** Zonas que dadas sus características geomorfológicas y lito-estructurales, muestran actividad de fenómenos de geodinámica externa, pero por su frecuencia y en muchos casos su magnitud no representan grave peligro, principalmente para los centros poblados. Es importante considerar, que las bruscas alteraciones climáticas, y la actividad del hombre, pueden ocasionar fenómenos que causen daños de consideración.

7.1.4 **ZONA D: ZONA DE RIESGO GEODINAMICO BAJO:** Zonas localizadas principalmente en las partes altas de la cuenca, donde la topografía incide en la geodinámica, localizándose fenómenos de pequeña magnitud, como reptaciones, solifluxiones y erosión por cárcavas.

También se localiza ésta zona en la pampa aluvial de la cuenca, donde el arenamiento es el principal fenómeno geodinámico encontrado.

7.1.5 **ZONA E: ZONA DE RIESGO GEODINAMICO ESCASO:** Localizados en la pampa aluvial del Río Jequetepeque, en los alrededores de Pacasmayo, el arenamiento en estas zonas es incipiente, siendo este el único problema geodinámico encontrado.

7.2 AREAS CRITICAS

En la Cuenca del Río Jequetepeque, las áreas más críticas con respecto a los fenómenos de geodinámica externa, se ubican en la Zona A, siendo estas:

7.2.1 **ZONA A1:** Sector Río San Miguel, en el tramo comprendido, entre las Quebradas El Cardo y Cuzcuden: zona constituida por rocas volcánicas (dacitas y andesitas) muy fracturadas, localmente tobas, conglomerados y capas areno-lutaceas, con una cobertura coluvial mayor de 3 metros.

Se localizan deslizamientos antiguos reactivados y agrietamientos en el terreno. Estos fenómenos comprometen la trocha a San Miguel y terrenos de cultivo. Las causas principales de la inestabilidad son: el corte del talud de la trocha, las fuertes precipitaciones y el mal uso de agua de regadio (ver foto N°11)

7.2.2 **ZONA A2:** Sector Chilete: Se localiza en la confluencia de los Ríos Huertas y San Pablo con el Río Jequetepeque a la altura de Chilete. Las características geológicas geomorfológicas de este sector la hacen sensible a los huaycos y así mismo, la dinámica fluvial del Río Jequetepeque, provoca fenómenos de erosion de ribera, principalmente en la margen izquierda del río (aguas arriba de Chilete). Foto 13.

El pueblo de Chilete esta seriamente comprometido por huaycos (1981) e inundaciones, al igual que la carretera a Cajamarca en el sector Río Huertas (puente y carretera). Foto 6.

7.2.3 **ZONA A3:** Sector El Mirne-Huanahuana: Esta zona se caracteriza por presentar una topografía regularmente accidentada, con pendientes

fuertes que van suavizándose hacia el fondo de los valles. Litológicamente se encuentran algunos afloramientos de rocas sedimentarias (lutitas y cuarcitas), cubiertas por potentes suelos coluviales y proluviales. arcillo-limosos, inconsolidados e inestables con las precipitaciones. En esta zona se localizan principalmente deslizamientos que comprometen la carretera asfaltada a Cajamarca, como en los sectores: La Granada, El Mirne, Choropampa y Guana-Guana.

7.2.4 **ZONA A4:** Sector Choten-El Gavilán: Esta zona posee una topografía accidentada, con fuertes pendientes. Litológicamente se localizan rocas sedimentarias (lutitas y cuarcitas) muy fracturadas atravesadas por una falla regional con rumbo E-W (rumbo de la Qda. Choten) cubiertos por depósitos coluviales potentes e inestables. La zona es muy inestable por deslizamientos y derrumbes, siendo el principal, el localizado en el sector de El Gavilán, encontrándose fuertes agrietamientos y desniveles en la carretera. Foto 8

7.2.5 **ZONA A5:** Sector Represa de Gallito Ciego: Este sector se caracteriza por presentar una morfología con pendientes medias a suaves. Litológicamente afloran rocas sedimentarias cuarcitas muy fracturadas, con buzamientos a favor de la pendiente y hacia el vaso de la presa (en la margen derecha), estas rocas están cubiertas principalmente por depósitos proluviales en la base y en los conos de deyección de las quebradas. Como consecuencia de la construcción de la represa y la nueva carretera a Cajamarca, se han inestabilizado las laderas del vaso de la presa, en mayor proporción las de la margen derecha, presentándose fenómenos de deslizamientos, derrumbes. En este sector se localizan quebradas, que en época de lluvias excepcionales provocarían huaycos, que afectarían a la nueva carretera (ya tuvo problemas en 1983) y la Represa de Gallito Ciego. Foto 7

VIII INTERPRETACION GEOTECNICA: ALGUNAS CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

El conjunto de aspectos con incidencia constructiva en la cuenca, estudiados en los capítulos precedentes: litología, geología estructural, geomorfología, hidrología, sismicidad y riesgo; junto con las características geotécnicas propiamente dichas, determinan las características constructivas de los terrenos.

Estos factores sirven para realizar una evaluación y ordenacion preliminar de la cuenca. La escala de trabajo (1:100,000) nos permite solo una visualización general de interpretación.

8.1 PROBLEMAS INVESTIGADOS:

En el cuadro Nº10 resumimos los principales problemas encontrados en la cuenca, agrupados según el tipo.

En el plano N°4 se localizan las principales zonas con problemas geodinámicos críticos, tipificando cada una de ellas.

CUADRO Nº 10

PROBLEMAS TIPO GEOMORFOLOGICO-GEODINAMICO (G)
Deslizamientos (principalmente reactivados) Desprendimientos de rocas (taludes de carreteras) Derrumbes (suelo y roca) Remoción de escombros de talud (laderas) Agrietamiento (terrenos de cultivo, laderas, taludes de carretera) Erosión en cárcavas (terrenos de cultivo, laderas) Erosión activa (circos erosivos) Reptación de suelos (parte alta de la cuenca - pastizales) Arenamientos (llanuras aluvial: carretera, pueblos, terrenos de cultivo).
PROBLEMA TIPO LITOLOGICO-ESTRUCTURAL (L)
Heterogeneidad litológica (estratos duros con estratos débiles) Depósitos inconsolidados (suelos) Meteorización intensa Fracturamiento y diaclasamientos Fallas Buzamiento de las discontinuidades desfavorables a los taludes.

PROBLEMA TIPO HIDROLOGICO-HIDROGEOLOGICO (H)
Huaycos (mayor incidencia cuenca media y baja) Inundaciones (riesgo reducido) Erosión fluvial (carretera y terrenos de cultivo) Bofedales (cuenca alta) Nivel freático superficial (áreas cercanas al mar)
PROBLEMA TIPO GEOTECNICO (T)
Suelos de escasa potencia Asentamientos diferenciales (área San Juan) Licuefacción (áreas cercanas al mar) Suelos con capacidad de carga baja (1-2 kg/cm^2 Suelos con capacidad de carga media(2-4 Kg/cm^2 Presencia de materia orgánica

IX INGENIERIA GEOLOGICA

9.1 ANALISIS BASICO DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN MACIZOS ROCOSOS:

Dentro del plan de investigaciones basicas en la Cuenca del Rio Jequtepeque, se contempló el Estudio de Estabilidad de Taludes en algunos puntos críticos. En este sentido, se ubicaron 6 estaciones cuyo resumen presentamos en los Cuadros del 11 al 16. En el Cuadro 17 se consigna los parámetros investigados y su significado.

CUADRO N°11

DATOS DE ENTRADA PARA LA CLASIFICACION GEMECANICA DE MASAS ROCOSAS

Nivel (Estación) : E01: Qda. Los Leones (Km. 8+000 Nueva Carretera Gallito Ciego

Tipo de Roca : Cuarcitas y areniscas

Condiciones de las Juntas:

	SET 1	SET 2	SET 3	SET 4
Rumbo	N70E	N20W	N50W	N30W
Buzamiento	86SE	80SW	48SW	65NE
Continuidad(m)	>20(ma)	>20(ma)	>20 (ma)	a
Separación*	mda-a	mda	a	a
Rugosidad*	r-lr	r-mr	mr-r	r
Paredes*	des	des	des	des
Espaciado*	C	C	C	C
RQD: %	65%			
Meteorización *	III	III	III-IV	III-IV
Agua Subterr *	S	S	S	S
Resistencia *	R3	R3	R3	R3-R4
Estruct. May.	E:N50W-a50SW	F:N60E-37NW	N60E-86NW	
Obervaciones	Zona de derrumbes y desprendimientos de roca.			

* Ver Cuadro Nº17

Página en blanco

CUADRO N°12
DATOS DE ENTRADA PARA LA CLASIFICACION GEOMECANICA DE MASAS ROCOSAS

Nivel (Estación) : E02: Km. 9+800 (Carretera Nueva: Presa Gallito Ciego Tipo de Roca : Calizas y Lutitas Condiciones de las Juntas:				
	SET 1	SET 2	SET 3	SET 4
Rumbo	N85E	N24W	N4	
Buzamiento	62SE	61NE	48NW	
Continuidad (m)	>20	>20	a	
Separación*	a-ma	a	a-mda	
Rugosidad*	mr	lr	lr	
Paredes*	des	des	des	
Espaciado*	md	md	C	
RQD:	70%			
Meteorización*	III	III	III	
Agua Subterr.*	S	S	S	
Resistencia *	R3-R4	R3-R4	R3-R4	
Estruct. Mayor	E:N85E-62SE	F:N85E-70SE		
Observaciones:	Caida de bloques, derrumbes, lajamiento.			

CUADRO N°13

DATOS DE ENTRADA PARA LA CLASIFICACION GEOMECANICA DE MASAS ROCOSAS

Nivel (Estación): E03: Km 16+000 (Nueva carretera: Represa Gallito Ciego

Tipo de Roca : Lutitas y calizas

Condiciones de las Juntas:

	SET 1	SET 2	SET 3	SET 4
Rumbo	N70W	N20E	N28W	N58W
Buzamiento	84SW	86NW	75SW	25NE
Continuidad *	>20	>20	>20	>20
Separación *	a-ma	ma-a	mda	mda
Rugosidad *	lr	lr	lr	sr
Paredes *	des-dpt	des-dpt	des	des
Espaciado *	C	C	C	md
RQD:	35%			
Meteorización *	III-IV	III-IV	III-IV	III-IV
Agua Subterr. *	S	S	S	S
Resistencia *	R2-R3	R2-R3	R2-R3	R2-R3
Estruct. Mayor	E:N58W-25NE			
Observaciones:	Bancos de lutitas muy fracturadas, zona muy inestable.			

* Ver Cuadro Nº17

CUADRO N°14

DATOS DE ENTRADA PARA LA CLASIFICACION GEOMECANICA DE MASAS ROCOSAS

Nivel	(Estación): E04: Km 91+000 Carretera a Cajamarca			
Tipo de Roca	: Cuarcitas areniscas y margas			
Condiciones de las Juntas:				
	SET 1	SET 2	SET 3	SET 4
Rumbo	N18E	N78W	N170E	
Buzamiento	15NW	80NE	68SE	
Continuidad(m) *	>20	>20	>20	
Separación *	mda	a	a	
Rugosidad *	r	r-mr	r-lr	
Paredes *	des-dpt	des-dpt	des-dpt	
Espaciado *	C	C	C	
RQD:	35%			
Meteorización *	III-IV	III-IV	III-IV	
Agua Subterr. *	S	S	S	
Resistencia: *	R3-R2	R3-R2	R3-R2	
Estructur. May.	E:N18E-15NW			
Observaciones	Presencia de derrumbes y desprendimiento de roca, zona inestable			

CUADRO N°15
DATOS DE ENTRADA PARA LA CLASIFICACION GEOMECANICA DE MASAS ROCOSAS

Nivel (Estación): E05: Km 94+000 Carretera a Cajamarca Tipo de Roca : Cuarcitas Condiciones de las Juntas:				
	SET 1	SET 2	SET 3	SET 4
Rumbo	N70E	N22E	N25W	N58W
Buzamiento	30NW	70SE	70SW	70SW
Continuidad (m)	>20	>20	>20	>20
Separación *	a-ma	a-ma	ma	ma
Rugosidad *	SR	SR	SR	SR
Paredes *	des	des	des	des
Espaciado *	C	C	C	C
RQD:	75%			
Meteorización *	III-II	III-II	III-II	III-II
Agua Subterr. *	S	S	S	S
Resistencia *	R3-R4	R3-R4	R3-R4	R3-R4
Estruct. May.	E:N70E-30NW			
Obervaciones	Caida de bloques con la estratificación			

* Ver Cuadro N°17

CUADRO N° 16
DATOS DE ENTRADA PARA LA CLASIFICACION
GEOMECANICA DE MASAS ROCOSAS

Nivel (Estación) E06: Puente Salabamba (Trocha a Asunción

Tipo de Roca: Calizas y lutitas

Condiciones de las Juntas:

	SET 1	SET 2	SET 3	SET 4
Rumbo	N80W	NS	N05E	N18W
Buzamiento *	75	80W	70SE	32SW
Continuidad *	>20	>20	>20	>20
Separación *	a	ma-a	a-ma	a-ma
Rugosidad *	mr	l-lr	sr	r
Paredes *	des-dpt	des-dpt	des	des
Espaciado *	C	C	C	C
RQD: *	55%			
Meteorización *	III-IV	III-IV	III-IV	III-IV
Agua Subterr. *	h-g	I-h	S	I-h
Resistencia *	R3-R2	R3-R2	R3-R2	R3-R2
Estruct. May.	E:N80W-75NE			
Observaciones	Rocas muy fracturadas, presencia de humedad por fracturas			

9.1.1 CLASIFICACION GEOMECANICA

En base a los cuadros anteriores se ha obtenido la Clasificación Geomecánica de los Macizos Rocosos por cada estación. Se ha trabajado con el RMR de Bieneiawski. En el Cuadro 18 se presentan los resultados.

CUADRO N°18
RESULTADOS DE LA CLASIFICACION GEOMECANICA

ESTACION	RMR	CLASE DE ROCA	COHESION (C) (Kpa)	DE FRICCION (ϕ) (°)
E1	54	III	190	30
E2	51	III	150	25
E3	37	IV	140	20
E4	47	III	150	25
E5	60	III	200	35
E6	45	III	150	25

III: Roca Media
IV : Roca Mala

DATOS DE ENTRADA PARA LA CLASIFICACION GEOMECANICA DE MASAS ROCOSAS

CUADRO DE PARAMETROS Y SU SIGNIFICADO

1. CONTINUIDAD

< 1 m	MUY PEQUENA	(MP)
1- 3 m	PEQUENA	(P)
3-10 m	MEDIA	(ME)
10-20 m	ALTA	(A)
>20 m	MUY ALTA	(MA)

2. SEPARACION

< 0.10	mm	MUY CERRADA	(MC)*
0.10- 0.25	mm	CERRADA	(C) *
0.25- 0.50	mm	PARCIALMENTE ABIERTA	(PA)*
0.50- 2.50	mm	ABIERTA	(A) **
2.50-10.00	mm	MODERADAMENTE ANCHA	(MA)**
>10.00	mm	ANCHA	(AN)**
1- 10	cm	MUY ANCHA	(MAN)***
10-100	cm	EXTREMADAMENTE ANCHA	(EAN)***
> 1	m	CAVERNOSA	(C) ***

3. AGUA

SECO	(S)
LIGERAMENTE HUMEDO	(I)
HUMEDO	(H)
GOTEANDO	(G)
FLUJO MODERADO	(FM)
FLUJO SERIO	(FS)

4. RUGOSIDAD

			JR
9-10	MUY RUGOSA	(MR)	16-20
6- 8	RUGOSA	(R)	10-16
4- 5	LIGERAMENTE RUGOSA	(LR)	6-10
2- 3	SUAVE	(S)	2- 6
1	LISA	(L)	0- 2

5. PAREDES

FRESCO	(F)
DESCOLORIDO	(DES)
DESCOMPUESTO	(DPT)
DESINTEGRADO	(DTG)

6. ESPACIADO

EXTREMADAMENTE AMPLIO	(EA)	>60 cm
MUY AMPLIO	(MA)	20-60 cm
AMPLIO	(A)	6-20 cm
MODERADO	(MD)	2- 6 cm
CERCANO	(C)	0.6- 2 cm
EXTREMADAMENTE CERCANO	(EC)	< 0.6 cm

7. RQD

90-100 %	MUY BUENO
75- 90 %	BUENO
50- 75 %	REGULAR
25- 50 %	POBRE
< 25 %	MUY POBRE

8. METEORIZACION

I: SANA
II: SANA CON JUNTAS TENIDAS DE OXIDO
III: MODERADAMENTE METEORIZADA
IV: MUY METEORIZADA
V: COMPLETAMENTE METEORIZADA

9. RESISTENCIA

R1: ROCA MUY DEBIL	1- 5 Mpa
R2: ROCA DEBIL	5- 25 Mpa
R3: ROCA MEDIA	25- 50 Mpa
R4: ROCA DURA	50-100 Mpa
R5: ROCA MUY DURA	100-250 Mpa
R6: ROCA EXTREMADAMENTE DURA	>250 Mpa

10. TAMANO DE BLOQUE

BLOQUES MUY GRANDES	(MG)	<1 JUNTAS/M3
BLOQUES GRANDES	(G)	1- 3
BLOQUES MEDIANOS	(ME)	3-10
BLOQUES PEQUENOS	(P)	10-30
BLOQUES MUY PEQUENOS	(MP)	>30

* ASPECTO "CERRADO"
** ASPECTO "DE BRECHA"
*** ASPECTO "ABIERTO"

CUADRO Nº 17

ISRM 1978

9.1.2 ANALISIS CINEMATICO

El análisis cinemático se ha realizado en las 6 estaciones, con las familias principales y secundarias. Para este análisis, se ha utilizó el test de Markland, y los valore del ángulo de fricción obtenidos utilizando las Clasificaciones Geomecánicas (Fig 31). En el Cuadro N° 19 se presenta los resultados obtenidos.

CUADRO N°19

ANALISIS CINEMATICO

ESTACION	RMR	ϕ(°)	CAIDA TIPO CUÑAS CON SETS	CAIDA TIPO BLOQUES CON SETS
E1	54	30	1-3	2
E2	51	25	1-3	1
E3	37	20	1-3	3
E4	47	25	2-3	2
E5	60	35	-	1
E6	45	25	1-2,1-4	2

Observaciones: E1: derrumbes y desp. de roca, E2: caida de bloques, lajas, E3: zona muy inestable, E4: zona inestable, E5: caida de bloques con estratos, E6: rocas fracturadas presencia de humedad.

9.1.3 COMENTARIOS:

La evaluación realizada, constituye un muestreo de las condiciones de estabilidad de taludes rocosos en la carretera a Cajamarca y otros. Es importante tener en cuenta estos conceptos para el tratamiento y conservación de la carretera.

9.2 RESUMEN DE LA EVALUACION GEODINAMICA Y SEGURIDAD FISICA DE LOS CENTROS POBLADOS Y OBRAS DE INGENIERIA MAS IMPORTANTES DE LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE

En el presente capítulo se realiza una evaluación preliminar del estado y condiciones de Seguridad Física de los Centros Poblados y Obras de Ingeniería ubicadas en la Cuenca del Rio Jequetepeque.

9.2.1 EVALUACION DEL SISTEMA VIAL DE LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE

El Perú ha perdido millones de dolares a causa del deterioro de sus carreteras y caminos, y de no desarrollarse un plan de conservación, se seguirán perdiendo muchos millones de dolares más. La red vial construida a gran costo (Tesoro Público, prestamos de organismos Internacionales y trabajo comunal), tienen muy poco o ningún mantenimiento, influyendo su deterioro, en el desarrollo socio-económico Regional y Nacional.

Causas del Deterioro

- Selección de rutas y diseño inapropiado.
- Efecto de los fenómenos Naturales periódicos y excepcionales.
- Escaso a Nulo presupuesto de mantenimiento.
- Las cargas por eje han excedido con frecuenciala capacidad calculada de los pavimentos.
- Los usuarios de los caminos tardan en darse cuenta de la relación entre las condiciones de los caminos y los precios de las mercaderias y servicios de transporte, y no actuan para remediar la situación.

Condiciones de los Caminos: (Tomado: Banco Mundial)

BUENAS CONDICIONES: Los caminos pavimentados están sensiblemente libres de defectos y solamente requieren mantenimientos de rutina.

MEDIANAS CONDICIONES: Los caminos pavimentados tienen defectos de importancia y requieren renovación del afirmado o refuerzo. Los caminos no pavimentados necesitan reperfilado o renovación del afirmado (Nueva capa de gravilla) y reparaciones del drenaje en determinados puntos.

MALAS CONDICIONES: Los caminos pavimentados tienen defectos extensos y requieren rehabilitación o reconstrucción inmediatas. Los caminos no pavimentados necesitan reconstrucción y obras de drenaje grandes.

MUY MALAS CONDICIONES: Los caminos pavimentados y las trochas carrozables están intransitables y requieren replanteo del trazo y estudios geológicos-geotécnicos puntuales.

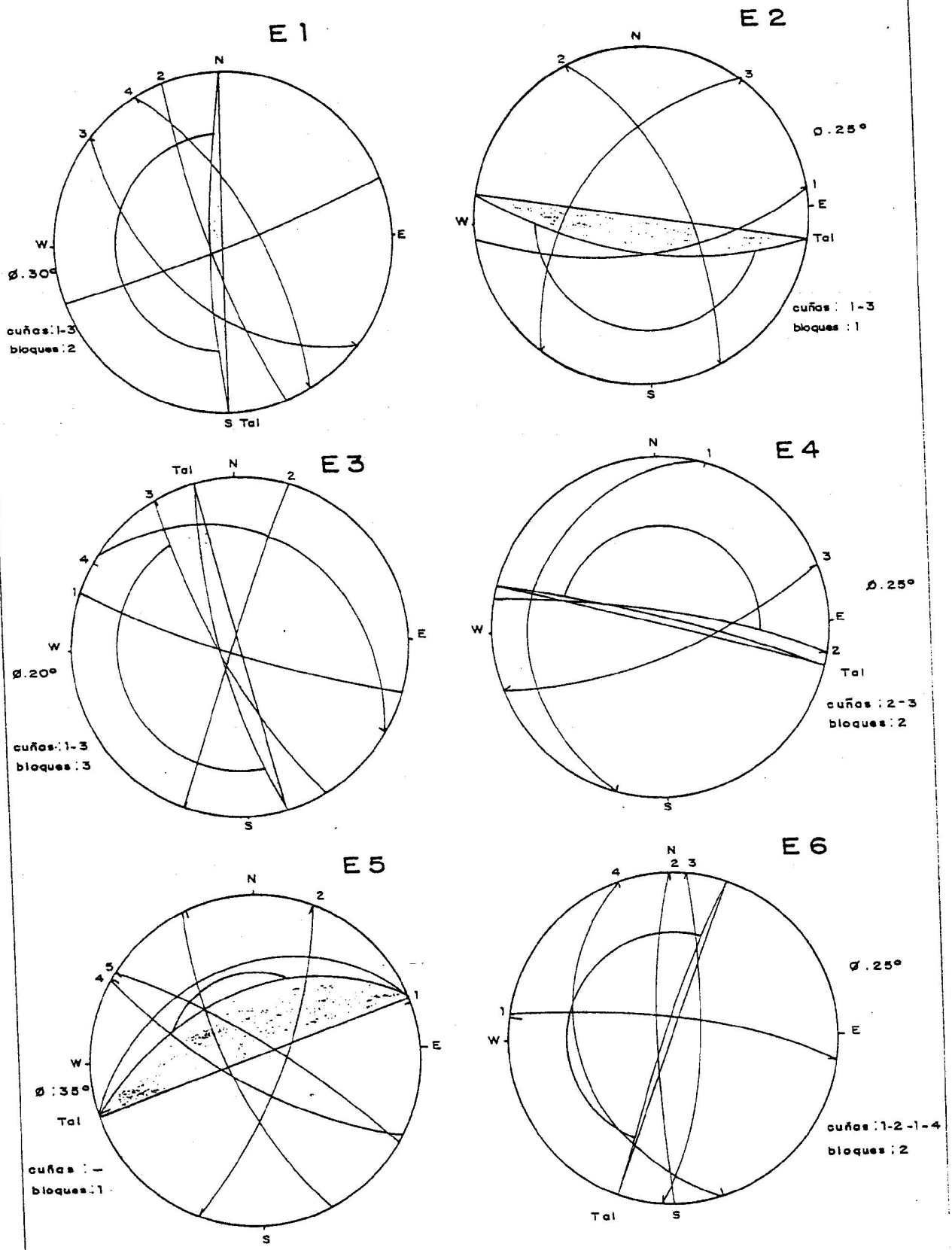

E 1
N
2
4
3
W
E
Ø.30°
cuñas: 1-3
bloques: 2
S Tal
E 2
N
2
3
0.25°
1
E
W
Tal
cuñas: 1-3
bloques: 1
S
E 3
Tal
N
2
3
4
1
W
E
Ø.20°
cuñas: 1-3
bloques: 3
S
E 4
N
1
3
Ø.25°
E
W
2
Tal
cuñas: 2-3
bloques: 2
S
E 5
N
2
1
5
4
1
E
W
Ø: 35°
Tal
cuñas: —
bloques: 1
S
E 6
N
2 3
4
Ø.25°
1
E
W
cuñas: 1-2-1-4
bloques: 2
Tal
S

Fig. 31

EVALUACION DEL SISTEMA VIAL EN LA CUENCA

A: CARRETERA PACASMAYO-CAJAMARCA: Esta carretera de 160 Km de longitud aproximada, se inicia en el pueblo de Ciudad de Dios (Nueva Tembladera), en la Carretera Panamericana Norte. Se trata de una via de primer orden, totalmente asfaltada (salvo algunas zonas donde los fenómenos de geodinámica externa la han dañado). Transcurre en casi toda su longitud, paralela y a ambas márgenes del Río Jequetepeque.

TRAMO: CIUDAD DE DIOS (0+00)-TEMBLADERA (KM 46+000): La vía transcurre sobre depósitos aluviales y algunos pequeños cortes en roca volcánica, esto aproximadamente hasta el Km. 13+000. A partir de esta progresiva la vía corta depósitos aluviales, proluviales, rocas sedimentarias (en menor escala) e intrusivos alterados (granodioritas).

Los taludes naturales son generalmente estables, los taludes de corte en roca, presentan problemas de desprendimientos y derrumbes. Los problemas geodinámicos principales en este tramo son los huaycos, localizados algunos en:

Km 23+900	Qda. La Salina
Km 29+000	Zona de El Mango
Km 43+800	Qda. Monte Grande (el más importante)
Tembladera	Qda. Peña Blanca.

Estos huaycos fueron en su mayoría activados en el año 1983. Se localizan también otras quebradas cuyo riesgo de huayco es latente (Qda. La Arenita, Las Salinas, Pay Pay, Las Viejas, Los Leones, etc.). Cabe mencionar que el comportamiento de la Represa de Gallito Ciego, en carga y descarga, todavía a la fecha no han sido observada (Abril 1989).

TRAMO: TEMBLADERA (Km-46+000)-CHILETE (Km 89+000): La vía discurre cortando rocas volcánicas-sedimentarias (Volcánico Chilete, LLama y Tembladera) alteradas y fracturadas y calizas en el sector de Tembladera; así como depósitos proluviales y aluviales, por sectores. Los taludes naturales son estables, los taludes de corte inestables por tramos debido a derrumbes y desprendimientos de rocas, así como inestabilidad producida por el mal uso de las aguas de riego.

Se localizan también fenómenos de erosión de riberas, chorreras y huaycos.

TRAMO: CHILETE (Km. 89+000)-MAGDALENA (Km 113+000): Este tramo discurre en rocas volcánicas-sedimentarias (andesitas, etc), sedimentarias (cuarcitas, areniscas, lutitas), depósitos aluviales, coluviales y proluviales. Taludes naturales estables y taludes de corte inestables: afectados por desprendimiento de rocas, derrumbes, deslizamientos antiguos en algunos sectores, erosión de rio (principalmente

entre los Kms 89+000 y 90+000), huaycos (Rio Huertas, Qda. Maramal). El riego indiscriminado afecta a la carretera.

TRAMO: MAGDALENA (Km 113+000) - SAN JUAN (Km 140+000): Tramo que discurre sobre depósitos coluviales en rocas lutaceas y calcáreas incompetentes. Los taludes naturales son inestables en un gran porcentaje del tramo, taludes de corte inestable por sectores.

Este tramo de la carretera es uno de los más críticos, por la presencia de deslizamientos (Huanahuana, Qda. Tallal, Sector Lucmo (Km. 123+000), Choropampa (Km 124+000-125+000, San Juan), derrumbes, desprendimiento de rocas. Estos fenómenos tienen como causas, la incompetencia de la roca madre, suelos arcillosos y fuertes precipitaciones.
TRAMO: SAN JUAN (Km 140)-EL GAVILAN (Km 159+700): La carretera discurre en este tramo en depósitos proluviales y coluviales (área de San Juan). Hasta el Km 150+000: areniscas, calizas y lutitas, muy fracturadas y alteradas, con rumbos transversales a la carretera y al final con rumbos paralelos a la misma, taludes naturales estables y taludes de corte inestable: se producen derrumbes, deslizamientos y asentamientos que comprometen al material de cobertura y roca. Entre el Km 150+000 al 154+200, la carretera discurre sobre depósitos proluviales y coluviales con taludes naturales y de corte inestables, produciéndose deslizamientos, derrumbes, flujos, asentamientos y filtraciones en la carretera. Zona considerada como muy crítica. Del Km 154+200 al abra (fin de cuenca) se localizan depósitos coluviales, cuarcitas y lutitas muy fracturadas y alteradas con taludes naturales estables y taludes de corte algo inestables: produciéndose derrumbes, desprendimientos de rocas, chorreras, pequeños huaycos o flujos de barro, asentamientos en depósitos coluviales, filtraciones.

Todos los fenómenos localizados en este tramo final de la carretera asfaltada, son reactivadas con las lluvias.

TROCHA: YONAN-TRINIDAD: Esta trocha carrozable de una longitud aproximada de 23 Km en la actualidad está ~~en muy~~ mal estado de conservación.

Se inicia en el puente Trinidad cerca a la localidad de Yonan y discurre paralela a la Qda. de Chansis; hasta el Km 10+000 discurre sobre depósitos proluviales y coluviales medianamente consolidados y cortes en rocas cuarcitas y areniscas muy fracturadas. Con taludes naturales inestables, taludes de corte algo inestables por derrumbes y desprendimientos de rocas. Los huaycos pueden afectar este tramo (Qda. Chansis, Qda. Potrero, Qda. Cholon). De el Km. 10 hasta Trinidad, la trocha corta depósitos coluviales y rocas volcánicas fracturadas (andesitas, areniscas, brechas, tobas). Taludes naturales estables y taludes de corte inestables por sectores (derrumbes).

TROCHA: QUINDEN-LIVIS: Trocha carrozable de aproximadamente 22 Km., que discurre paralela al Rio Pallac, hasta la localidad de Pallac. También tiene salida a San Gregorio y Chepén por la Cuenca del Río Loco de Chamán. Corta rocas andesíticas muy fracturadas y depósitos proluviales. Los taludes naturales y de corte son generalmente estables, en algunos sectores se vuelven inestables por el mal uso del agua de regadio y lluvias: produciéndose derrumbes y desprendimientos de rocas. Se localizan pequeños huaycos que pueden afectar la vía.

CARRETERA: QUINDEN - LIVIS: Carretera afirmada de aproximadamente 20 km. de longitud, discurre paralela al Río San Pablo.

TRAMO CHILETE-LOMADA DE CHILETON (Mina Paredones): Corta principalmente depósitos aluviales, proluviales y coluviales. Los taludes naturales son estables y los de corte inestables por sectores (derrumbes, desprendimientos de rocas). Puede ser afectada por fenómenos de erosión del rio y huaycos (el Baden sobre el Río San Pablo puede ser afectado).

TRAMO: LOMADA DE CHILETON-SAN PABLO: La vía corta depósitos coluviales y proluviales, rocas volcánicas andesíticas fracturadas. Taludes naturales estables y taludes de corte inestable por sectores; debido a la presencia de cárcavas, chorreras, desprendimientos de rocas y derrumbes en algunos sectores, causados por las lluvias y el mal uso del agua de regadío.

TROCHA: CHILETE-SAN MIGUEL: Esta trocha parte desde Sangal (± Km 14+000 de la Carretera Chilete-San Pablo), con un recorrido aproximado (desde Chilete a San Miguel) de 50 Km. Discurre paralelo al Rio San Miguel.

TRAMO: SANGAL-RIO LLAPA: Este tramo discurre en depósitos coluviales, proluviales, rocas volcánicas (brechas, dacitas alteradas y muy fracturadas) terrenos de cultivo. Los taludes naturales son estables, y los de corte inestables. En algunos sectores los taludes naturales son inestables por derrumbes, asentamientos, deslizamientos y desprendimiento de rocas. Las causas principales de estos fenómenos son el mal uso de las aguas de regadío y las precipitaciones; localizándose una zona crítica por deslizamientos y asentamientos cerca a la Qda. Cuzcuden.

TRAMO: RIO LLAPA-SAN MIGUEL: Discurre sobre depósitos coluviales, proluviales y rocas volcánicas muy fracturadas y alteradas. Los taludes naturales son estables y los de corte inestables por sectores: principalmente por agua de lluvia: encontrándose derrumbes, desprendimientos de roca y pequeños asentamientos de la plataforma de la carretera.

TRAMO SANGAL-SAN LUIS-LOS PALTOS: Tramo en construcción, discurre desde Sangal, por la margen izquierda del Río San Miguel y llegaría hasta la localidad de Llollan. Tiene una longitud de 23 Km, de los cuales están construidos 14 Km aproximadamente (Abril 1989). Hasta la Pampa de San Luis los taludes naturales, son estables, compuestos por depósitos residuales, coluviales y algunos sectores en rocas volcánicas muy alteradas. En el tramo cercano a San Luis afloran rocas sedimentarias como areniscas, areniscas lutaceas y lutitas muy alteradas, formando suelos arcillosos. Los taludes de corte son inestables con lluvias y aguas de regadío. El mal sistema de riego hacen que esta trocha sea casi prácticamente intransitable por el fango.

TROCHA: CHILETE-CONTUMAZA-SANTA CRUZ DE TOLEDO: Esta trocha parte del Km 89+000 de la vía a Cajamarca (Chilete), con un recorrido hasta Contumaza de 28 Km. En sus primeros 10 Km, corta depósitos proluviales, coluviales y terrenos de cultivo, cuyos taludes naturales son estables y de corte, medianamente estables. A partir de Rupe, éstos depósitos se alternan con rocas sedimentarias (lutitas y calizas) muy fracturadas, inestables con las precipitaciones, se localizan huaycos (Qda. Chalahualla), chorreras, derrumbes y desprendimientos de rocas.

TRAMO: CONTUMAZA-CATAN: El tramo Contumaza-Viroton (aproximadamente de 65 Km), discurre en suelos coluviales y residuales, con taludes naturales medianamente estables y taludes de corte estables. Este tramo en épocas de lluvias es fangoso. Se localizan sectores de roca volcánica muy alterada.

El tramo Virotan-Catan es muy inestable (taludes de corte inestable: derrumbes), al discurrir en rocas intrusivas y volcánicas muy alteradas. Este tramo está interrumpido en la actualidad por los derrumbes producidos por las lluvias de 1989.

TRAMO: CONTUMAZA-SANTA CRUZ DE TOLEDO: Esta trocha (aprox. 13 Km) corta depósitos residuales, coluviales, rocas volcánicas y sedimentarias (lut-are) muy alteradas y fracturadas. Los taludes naturales son estables y los taludes de corte inestables en algunos sectores.

TROCHA A ASUNCION: El desvío hacia la ciudad de Asunción está localizado en el Km. 123+500 de la carretera a Cajamarca y tiene aproximadamente 15 Km. En el recorrido, hasta San Miguel de Matará, corta depósitos proluviales y coluviales y discurre con taludes naturales estables y taludes de corte inestables por sectores. Uno de los mayores problemas en este tramo es el mal uso de las aguas de regadio.

El segundo tramo: San Miguel de Matará-Asunción corta en algunos sectores rocas sedimentarias duras y fracturadas, así como depósitos coluviales y proluviales. Los suelos arcillo-arenosos muy fangosos y se inestabilizan los taludes de corte por el agua de regadio y precipitación. Los taludes naturales son medianamente estables.

En la cuenca existen otras trochas como las de:

- San Juan-Huacrahucro-Cuenca alta
- Cajamarca-Chetilla
- Cajamarca-Porcon-Huayan
- Cajamarca-Las Lagunas-El Empalme (Vía a Hualgayoc)

Cuyo estado de conservación y mantenimiento es nulo.

9.3 EVALUACION GEODINAMICA Y DE SEGURIDAD FISICA DE CENTROS POBLADOS

Con el fin de conocer las condiciones de seguridad física de los asentamientos poblacionales más importantes de la cuenca, se realizó un tipo de encuesta cuyos resultados se presentan a continuación:

Lugar : **CHETILLA**

Ubicación : Se encuentra ubicada en la Prov. de Cajamarca, Dpto. de Cajamarca, en la margen derecha del Rio Chetilla, afluente por la margen izquierda del Río Chonta.

Coordenadas: 07°08'30" L.S Altitud: 2,790 msnm
78°40'15" L.W

Morfología : Se asienta sobre una lomada erosional de suave pendiente.

Terreno de Fundación: Suelos coluvio-proluviales compuesto por: bolos 5%, cantos 10%, gravas 30% en una matriz arcillo-arenosa, densa, medianamente plástica, con clastos angulosos de calizas lutitas y areniscas.

Basamento : Rocas sedimentarias alteradas, muy fracturadas (areniscas y areniscas calcáreas (Unidad litológica IV q).

Riesgo Geodinámico: Estable

Comentarios: Las casas son muy antiguas y están rajadas por mala construcción.

Lugar : **CHILETE**

Ubicación : Ubicado en la Provincia de Contumaza, Dpto. de Cajamarca.

Coordenadas: 07°13'06" L.S Altitud 847 msnm.
78°50'12" L.W

Morfología: El área corresponde al cono deyectivo del Río Huertas (margen izquierda), frente a la desembocadura de la Qda. Llaminchan.

Terreno de Fundación: Depósitos proluviales: Bolos (superficiales: 30%) cantos 25%, gravas 30%, en una matriz arenosa algo limosa, medianamente consolidados.

Riesgo Geodinámico: Riesgo alto por huaycos (Río Huertas): En 1981 un huayco arrasó gran parte del pueblo (13 muertos). El sector está considerado como Zona Crítica (A2).

Recomendaciones: Realizar estudios al detalle para una posible reubicación del pueblo.

Lugar : **CIUDAD DE DIOS (Nueva Tambladera)**

Ubicación : Está ubicado en el Distrito de Guadalupe, Prov. de Pacasmayo, Dpto. de La Libertad.

Coordenadas: 07°18'00" L.S Altitud: 99 m
79°29'00" L.W

Morfología : Planicie aluvial (Pampa El Macho)

Terreno de Fundación: Depósitos aluviales de color beige con clastos alterados: Bolos 10%, cantos 25%, gravas 40% en una matriz areno limosa gruesa a media. Presencia de lentes areno-limosos de 0.5-0.8 m.

Riesgo Geodinámico: Estable

Comentarios: Por la construcción de la Represa de Gallito Ciego en este lugar han sido reubicados los pobladors de Monte Grande, Chungol y parte de Tembladera.

Recomendaciones: Ampliar las zonas urbanas, para recibir mayor cantidad de población.

Lugar : **CONTUMAZA**

Ubicación : Se encuentra ubicado en la Prov. de Contumaza, Dpto. de Cajamarca.

Coordenadas: 07°21'44" L.S. Altitud: 2700 msnm.
78°48'00" L.W

Morfología : Esta asentado sobre una ladera, con pendientes ligeramente empinadas, entre las confluencias del Río Contumaza y la Qda. Chaucas.

Terreno de Fundación: Depósitos proluvio-coluviales, con bolos 5%, cantos 10%, gravas 45%, en una matriz areno-limosa 40%, con clastos angulosos de cuarcitas y areniscas, medinamente consolidadas. Presencia de algunos bloques aislados.

Basamento : Rocas sedimentarias, areniscas y cuarcitas (IVq) diaclasadas.

Riesgo Geodinámico: Se presentan desprendimientos de rocas, asentamientos pequeños en áreas de cultivo cercanas al río (margen izquierda). Erosión incipiente del Río Contumaza en ambas márgenes.

Comentario : Las viviendas se encuentran agrietadas principalmente por la mala construcción de las mismas.

Recomendaciones: Reforestar las riberas de los ríos para evitar fenómenos de asentamientos y erosiones.

Lugar : **JEQUETEPEQUE**

Ubicación : Ubicado en la Prov. de Pacasmayo, Dpto. de la Libertad.

Coordenadas: 07°20'03" L.S Altitud: 20 msnm.
79°33'39" L.W

Morfología : Se localiza en las cercanias de la desembocadura del rio Jequetepeque, pegado a la margen izquierda (terraza aluvial).

Terreno de Fundación: Depósitos aluviales formados por arenas limosas medianamente densas, con presencia de raíces. Se localizan también lentes de arenas eólicas.

Basamento : Depósitos aluviales (gravas, cantos y arenas).

Riesgo Geodinámico: Arenamiento (dunas), sismos (licuefacción de arenas), tsunamis.

Lugar : **LIVIS (ex-Hacienda)**

Ubicación : Se ubica en el Dto. de San Gregorio, Prov. de San Miguel de Pallaques, Dpto. de Cajamarca.

Coordenadas: 07°04'30" L.S Altitud: 1,925 msnm
79°02'15" L.W

Morfología : Sobre una lomada formada por un antiguo deslizamiento.

Terreno de Fundación: Depósitos coluviales formados por grandes bloques de hasta 3 m de diámetro 10%, cantos 25%, gravas 40%, en una matriz areno-limosa gruesa, medianamente consolidadas.

Basamento : Rocas volcánicas

Riesgo Geodinámico: Desprendimiento de rocas en los sectores pegados al C° el Pozo.

Comentario: Mala construcción de las viviendas y locales comunales.

Lugar : LLALLAN

Ubicación : Esta ubicado en el distrito de Chilete, Prov. de Contumaza, Dpto. Cajamarca.

Coordenadas: 07°12'43" L.S Altitud: 740 msnm.
78°55'00" L.W

Morfología : Se ubica en la margen izquierda del Río Jequetepeque, en una terraza proluvial (pequeña quebrada).

Terreno de Fundación: Depósitos proluviales formados por cantos 10%, gravas 20%, gravilla 40% en una matriz areno-limosa, medianamente consolidada.

Riesgo Geodinámico: Desprendimientos de rocas pueden afectar áreas cercanas a los cerros. Huaycos pueden dañar el pueblo en caso de lluvias excepcionales.

Comentarios: El pueblo de Salitral, situado a 15 Km aguas abajo, puede ser afectado por huaycos generados en la Qda. Salitral.

Recomendaciones: Colocar azudes de piedra en la quebrada para contener el material que puede arrastrar los huaycos.

Lugar : PACASMAYO

Ubicación : Se localiza en la Prov. de Pacasmayo, Dpto. de La Libertad, en el borde oeste de la llanura aluvial del Río Jequetepeque, a orillas del Oceáno Pacífico.
Coordenadas: 07°24'05" L.S Altitud : 8 msnm.
79°33'45" L.W

Morfología : Antigua ensenada formada por la Qda. Cabruna y el desague de la Laguna El Muerto.

Terreno de Fundación: Depósitos aluviales: Bolos 5%, cantos 30%, gravas 45%, en una matriz de arena media a gruesa, con lentes potentes de arena limosa y arena arcillosa, medianamente consolidadas.

Riesgo Geodinámico: Riesgo sísmico: Tsunamis.

Lugar : **PLATANAR**

Ubicación : Ubicado en el Distrito de San Gregorio, Prov. de San Miguel de Pallaques, Dpto. de Cajamarca en la margen derecha del Río Pallac.

Coordenadas: 07°07'32" L.S Altitud: 848 msnm.
79°01'28" L.W

Morfología : Se asienta en la margen derecha del cono de deyección de la Qda. Maran Pampa, terraza proluvial.

Terreno de Fundación: Depósitos proluviales con 10% de bolos, 20% cantos, 30% de gravas, en una matriz areno limosa, medianamente consolidada.

Riesgo Geodinámico : Huaycos por la Qda. Maran Pampa pueden afectar el pueblo.

Recomendaciones: Colocar enrocados en la margen derecha de la Qda. Maran Pampa a 80 m aguas arriba del pueblo.

Lugar : **SAN JUAN**

Ubicación : Esta ubicado en la Prov. de Cajamarca, Dpto. de Cajamarca, al Este de la Cuenca.

Coordenadas: 07°17'21" L.S Altitud: 2,311 msnm.
78°29'45" L.W

Morfología : Ladera coluvial de suave pendiente (antiguo deslizamiento)

Terreno de Fundación: Depósitos proluviales y coluviales compuesto por bolos 4% (superficiales), cantos 6%, gravas 55%, en una matriz arcillo-arenosa, humeda, clastos subangulosos a sub-redondeados.

Basamento : Calizas muy fracturadas y diaclasadas (IVc).

Riesgo Geodinámico: Asentamientos, antiguos deslizamientos reactivados por sectores: (afecta, por el momento, la Carretera a Cajamarca y el Cementerio).

Recomendaciones: Estudio especial de este sector.

Lugar : **SAN MIGUEL DE PALLAQUES**

Ubicación : Está ubicado en la Prov. de San Miguel de Pallaques, Dpto. de Cajamarca.

Coordenadas: 06°59'48" L.S Altitud: 2,620 msnm.
78°50'57" L.W

Morfología : Se localiza en una planicie estructural, con pendientes variables.

Terreno de Fundación: Depósitos coluviales: cantos 40%, gravas 45%, en una matriz areno arcillosa de color marrón, medianamente consolidadas, con clastos angulosos a sub-angulosos.

Basamento : Rocas volcánicas (dacitas) alteradas y muy fracturadas (IIda).

Riesgo Geodinámico: Pequeñas chorreras y cárcavas pueden afectar algunos sectores del pueblo.

Recomendaciones: Construir una buena red de drenaje para colectar y evacuar las aguas de lluvias.

Lugar : **SAN PABLO**

Ubicación : Prov. de Cajamarca, Dpto. de Cajamarca, en la margen izquierda del Río Socosmayo.

Coordenadas: 07°06'45" L.S. Altitud: 2,365 msnm.
78°49'15" L.W.

Morfología : Esta situada en una lomada disectada, de suave pendiente.

Terreno de Fundación: Depósitos proluviales: Bolos 5%, cantos 25%, gravas 35%, angulosas o subangulosas, en una matriz areno-limosa gruesa a media, medianamente compacta 30%.

Basamento : Rocas volcánicas, andesíticas muy fracturadas y alteradas (II and).

Riesgo Geodinámico: Estable, pequeñas cárcavas que discurren por el pueblo.

Recomendaciones: Canalizar las cárcavas que discurren por el pueblo.

Lugar : **SAN PEDRO DE LLOCC**

Ubicación : Capital de la Prov. de Pacasmayo, Dpto. de la Libertad, en el Km. 649 Carretera Panamericana Norte.

Coordenadas: 07°25'30" L.S. Altitud : 43 msnm.
79°30'06" L.W.

Morfología : Se asienta en la llanura aluvial del Río Jequetepeque, y se encuentra rodeado de dunas de gran tamaño.

Terreno de Fundación: Depósitos aluviales: conglomerados con 40% de cantos, 20 % de gravas redondeadas a sub-redondeadas, en una matriz areno-limosa. En algunos sectores estos depósitos están cubiertos por arenas eólicas.

Riesgo Geodinámico: En casos de sismo pueden presentarse problemas de licuefacción de arenas: en sectores donde la napa freática esta casi superficial y donde los suelos son arenosos.

Lugar : **TEMBLADERA**

Ubicación : Capital del Dpto. de Yonan, Prov. de Contumaza, Dpto. de Cajamarca.

Coordenadas: 07°15'02" L.S. Altitud: 420 msnm.
79°08'01" L.W

Morfología : Se ubica en el Valle aluvial del Río Jequetepeque, de suave pendiente, aguas arriba de la Presa de Gallito Ciego.

Terreno de Fundación: Depósitos proluviales y aluviales: bolos 10%, cantos 20%, gravas 40%, en una matriz areno-limosa, medianamente consolidada. Los clastos son sub-angulosos a sub-redondeados.

Riesgo Geodinámico: Posibles huaycos provenientes de la Qda. Peña Blanca, pueden afectar al pueblo, principalmente en épocas de lluvias excepcionales.

Recomendaciones: Encausar la Qda. Peña Blanca con enrocados, hasta el río.

Lugar : **TRINIDAD**

Ubicación : Ubicado en el Dto. de Cuspinique, Prov. de Contumaza, Dpto. de Cajamarca, en la margen derecha de la Qda. Trinidad, afluente a la Qda. Chiminote.

Coordenadas: 07°20'38" L.S Altitud: 1,875 msnm.
79°01'51" L.W

Morfología : Se situa en una lomada de origen erosional, disectada por la Qda. Trinidad.

Terreno de Fundación: Depósitos residuales: gravilla 60%, en una matriz arcillo-arenosa medianamente consolidadas, con una potencia entre 0.5-1.5 m.

Basamento : Rocas volcánicas (tobas, andesitas) muy alteradas, unidad litológica III.

Riesgo Geodinámico: Estable.

9.4 PAUTAS PARA LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

Cuando una acción o actividad origina una alteración, modificación o cambio favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de sus componentes, se dice que hay un Impacto Ambiental (S. Bockwann 1984). Por lo general todas las acciones del hombre pueden producir alteraciones, modificaciones o cambios de cierta magnitud y complejidad en el medio; siendo este, el principal disturbador de él.

El uso racional de los recursos y conservación o mejoramiento del ambiente natural, debe ser preocupación prioritaria de las autoridades tanto a nivel regional como nacional.

El crecimiento industrial: Fabrica de Cemento Pacasmayo, etc. en las últimas decadas está provocando cambios en el medio ambiente de su área de influencia, que en ocasiones, puede llegar a causar importante alteración del medio ecológico e inclusive afectar al hombre.

La minería, industria que se considera altamente contaminante, es una de las que más incrementa la acción de los agentes erosivos del suelo (Cantera Tembladera, Mina Paredones-La Ponderosa: abandonada cerca a Chilete), y exige que en todos los proyectos se efectúen estudios del Impacto Ambiental antes de su puesta en marcha, así como durante su funcionamiento.

La desertificación (por la tala indiscriminada de los bosques en la Pampa Costanera, y en las Sub-cuencas de los Ríos San Miguel, Huertas, San Pablo, etc., así como por el sobrepastoreo), es uno de los factores de mayor incidencia en el deterioro del medio ambiente y en la perdida de áreas de cultivo.

La construcción de obras de Ingeniería civil: represas, carreteras, etc. también provocan grandes alteraciones

en el medio ambiente, cuya incidencia como en el caso del Reservorio de Gallito Ciego pueden ocasionar Impacto Ambiental a largo plazo (colmatación de embalse, pérdida de tierras en las cabeceras de las cuencas de embalse o en los trayectos desforestados o sin cubierta vegetal.

La evaluación del Impacto Ambiental se define como una técnica dirigida a identificar, predecir, ponderar y prevenir las alteraciones causadas por las acciones del hombre sobre la calidad de vida y los sistemas ambientales.

La metodología consiste en un conjunto de reglas o normas y de procedimientos que rigen la realización de los estudios de Impacto sobre el Medio Ambiente, y se divide en Metodología Administrativa y Metodología Técnica. Estas deben ser interdiciplinarias, sistemáticas y con un fuerte grado de organización y uniformidad, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Identificación de efectos
- Inventario ambiental
- Predicción o cálculo de la magnitud de los efectos
- Interpretación de los resultados obtenidos
- Evaluación integrada
- Comunicación de resultados.

9.4.1 MANEJO DE BOSQUES:

En muchas regiones del Perú, los recursos naturales de los que dependen su prosperidad y que en otros tiempos parecían ilimitados: bosques, suelos, tierras, fauna, aguas, pesquería, están desapareciendo rápidamente.

"La desforestación, erosión, atarquinamiento, polución y pérdida de la vida animal y marina, son los tristes resultados de la ignorancia, explotación imprudente, y ante los problemas de las necesidades del hombre, soluciones prácticas, en vez de las científicamente razonadas. Las consecuencias económicas de todo esto se hacen ya alarmantemente evidentes, pero igualmente crítico es el empobrecimiento y degradación de la vida humana que acompaña los estragos hechos a la naturaleza." (D. Nacional Jun/Jul 88).

En la Cuenca del Río Jequetepeque, la tala indiscriminada de los bosques (huarangos, etc.)

está produciendo el avance de la desertificación, especialmente en el área costera (San Pedro de LLoc, La Pampa, etc.). En otros sectores de la cuenca, la tala indiscriminada y el sobrepastoreo, está produciendo la pérdida de terrenos de cultivo, aumentando la erosión y la incidencia de fenómenos de Geodinámica externa, como flujos de barro (huaycos) y deslizamientos.

9.4.2 CONSERVACION DE LOS RECURSOS AGUA Y SUELO:

"Conservar significa, mantener en buen uso los recursos Agua y Suelo en tiempo, con fines de producción sostenida y conservación del Medio Ambiente" (A. Dourojeanni 1979).

Ordenación para el Uso Racional del Agua y Suelo: El ordenamiento es la asignación que se da para el uso racional de los recursos naturales renovables. Esto se materializa mediante un plan maestro, que permite utilizar los recursos de acuerdo a su capacidad y a las demandas que sobre ellos existen, asegurando su equilibrio ecológico permanente. Uno de los puntos principales es utilizar los suelos de acuerdo a su capacidad y en el caso de que se requiera alterar la misma, deberán tomarse las previsiones del caso. El ordenamiento es la clave para la correcta conservación de los recursos de agua y suelo.

Manejo de los Recursos Agua y Suelo: Comprende las acciones necesarias para mejorar la utilización del agua, tanto de lluvias como de riego, teniendo como meta no sólo la óptima producción y productividad sino también evitar la degradación o pérdida de los recursos naturales.

Se puede definir como la actividad que dirige el uso eficiente de los recursos de agua y suelo a nivel de cuenca o parcela, con fines de producción y protección. Existe por lo tanto dos grandes grupos de actividades:

.Manejo de agua a Nivel Parcelario, y
.Manejo de agua a Nivel de Cuenca Hidrográfica.

En el primero se debe mejorar la eficiencia de aplicación de agua a nivel de chacra con mejores métodos de riego y drenaje. En el segundo se debe mejorar la cuenca para controlar la escorrentía superficial y la erosión del suelo principalmente.

Protección de las Estructuras y Recursos: Son aquellos que se ejecutan para defenderse contra los efectos nocivos del exceso o falta de agua. Abarca todas las acciones para el control de escorrentía a nivel de cauce, principalmente: inundaciones, erosión de riberas, desarrollo de cárcavas, deslizamientos y otros.

También incluye las acciones para el control de la erosión de los suelos como construcción de terrazas, diques de contención, etc. La protección también se efectúa mediante un sistema de alerta cuando está en peligro la vida humana.

Recuperación de Tierras: Cuando existen problemas como salinización, erosión o inundaciones, que ocasionan la pérdida total o parcial de la capacidad productiva de un suelo, se ejecutan acciones de recuperación. Estas acciones son por ejemplo el drenaje de área inundadas y con problemas de evacuación, el lavado de sales, la restitución del suelo en zonas donde se ha perdido, u otras sismilares. La recuperación de suelos en muchos casos es necesario por fallas en la conservación del mismo. La recuperación se define como el tener que volver a poner en producción tierras agrícolas pérdidas.

9.5 PLANEAMIENTO GENERAL PARA LA PREVENCION Y CONTROL DEL MATERIAL CAIDO POR ACCION DE LOS HUAYCOS

Siendo los huaycos uno de los fenómenos de Geodinámica Externa con mayor incidencia en la Cuenca: Río Huertas (Chilete), Qda. Monte Grande, etc., se elaboró en éste capítulo un esbozo de el planeamiento general para la prevención y control de los huaycos (SNDC-Jica).

9.5.1 **PLANEAMIENTO** : En la Fig. 32 se presenta el diagrama de flujo esquematizado del planeamiento general.

Cantidad de Material que pueda acarrear un Huayco: Se halla intimamente relacionado con la Geología del área (material acumulado en las laderas, material caído por deslizamientos, erosión y material final que acarrea el huayco), a la cantidad de precipitación y a la cubierta vegetal.

Cantidad de Material que Fluye con el Huayco: Se tiene que tener en cuenta la fuerza de la corriente hidrológica. La cantidad del flujo del huayco se puede relacionar con las precipitaciones.

Estructura de un Plan Maestro para Trabajos de Prevención: Se puede esquematizar con la siguiente fórmula:

$$E = (Q+A-B)\ (1-K)-C-D$$

donde:

E :Cantidad de material caído desde el punto inicial (cuenca alta) al punto final (cuenca baja).

Q :Cantidad de material en la corriente de agua en la cuenca alta.

A :Cantidad de material producido por el huayco

B :Cantidad de material que cae y es suceptible a detener.

K :Rango de la cantidad de material que se acumula o depósita en la Qda. o lecho del río.

C :Cantidad de material que discurre y es suceptible a detener.

D :Cantidad de material que se puede detener con una determinada obra (muro de contención, etc.).

Obras a Construir: Se describen en el Capítulo 9.6.1. En la Fig. 33A se muestra el esbozo general de las obras a construir.

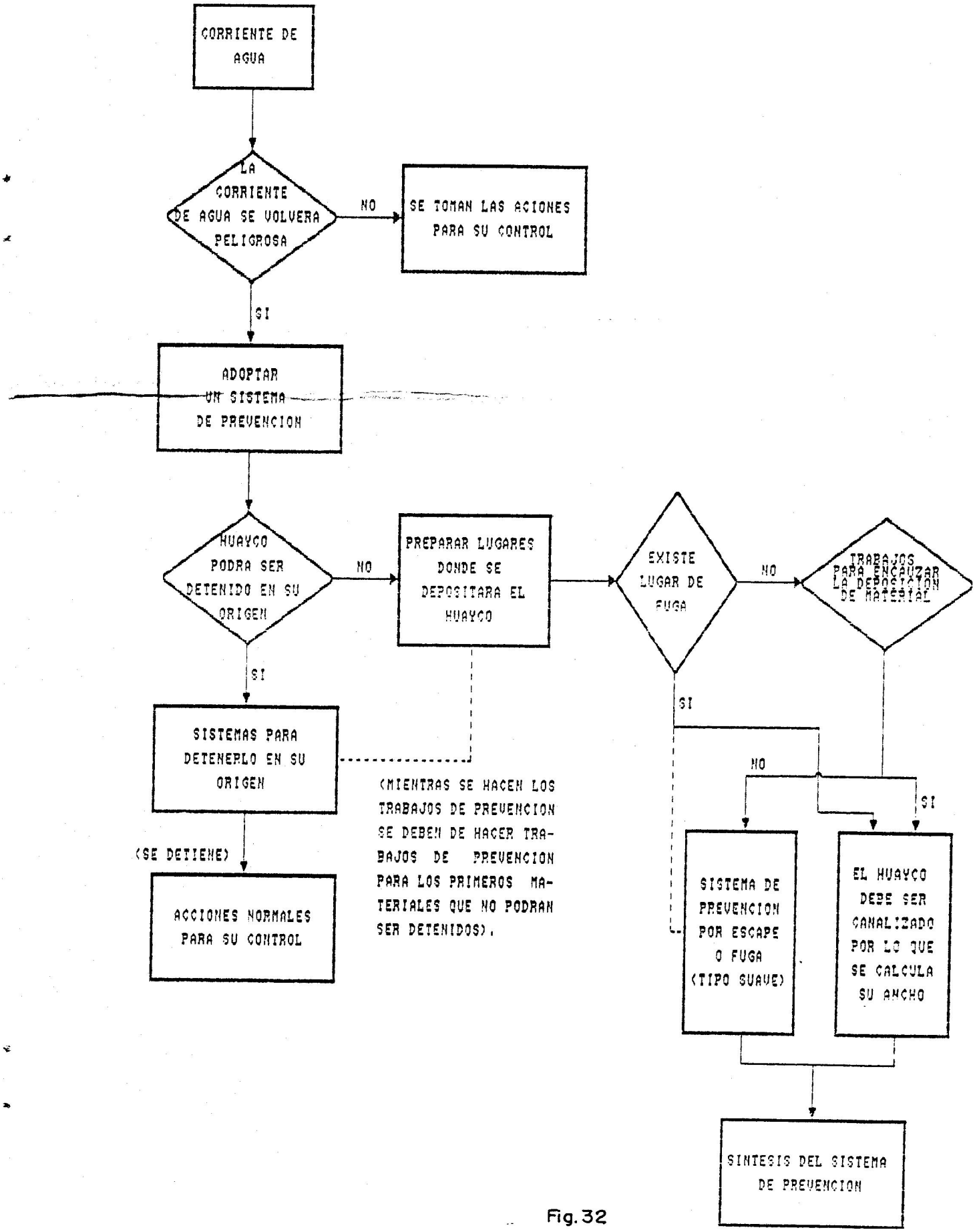

CORRIENTE DE AGUA
LA CORRIENTE DE AGUA SE VOLVERA PELIGROSA
NO
SE TOMAN LAS ACIONES PARA SU CONTROL
SI
ADOPTAR UN SISTEMA DE PREVENCION
HUAYCO PODRA SER DETENIDO EN SU ORIGEN
NO
PREPARAR LUGARES DONDE SE DEPOSITARA EL HUAYCO
EXISTE LUGAR DE FUGA
NO
TRABAJOS PARA ENCAUZAR LA DEPOSICION DE MATERIAL
SI
SISTEMAS PARA DETENERLO EN SU ORIGEN
(MIENTRAS SE HACEN LOS TRABAJOS DE PREVENCION SE DEBEN DE HACER TRABAJOS DE PREVENCION PARA LOS PRIMEROS MATERIALES QUE NO PODRAN SER DETENIDOS).
(SE DETIENE)
ACCIONES NORMALES PARA SU CONTROL
SI
NO
SI
SISTEMA DE PREVENCION POR ESCAPE O FUGA (TIPO SUAVE)
EL HUAYCO DEBE SER CANALIZADO POR LO QUE SE CALCULA SU ANCHO
SINTESIS DEL SISTEMA DE PREVENCION

Fig. 32

9.6 PLAN DE TRATAMIENTO Y MEDIDAS CORRECTIVAS

Los efectos de los fenómenos de Geodinámica Externa, pueden ser atenuados sólo en la medida que se tenga un conocimiento pleno e integral del origen, mecanismo y evolución, teniendo la geología un papel relevante en este conocimiento.

Igualmente los problemas propios de las tierras áridas, el uso del agua superficial y subterránea, la estabilidad de las construcciones (túneles, puentes, caminos, represas, puertos, viviendas, etc.), sólo se podrán resolver o disminuir con el conocimiento geológico de los lugares donde se emplazan las obras.

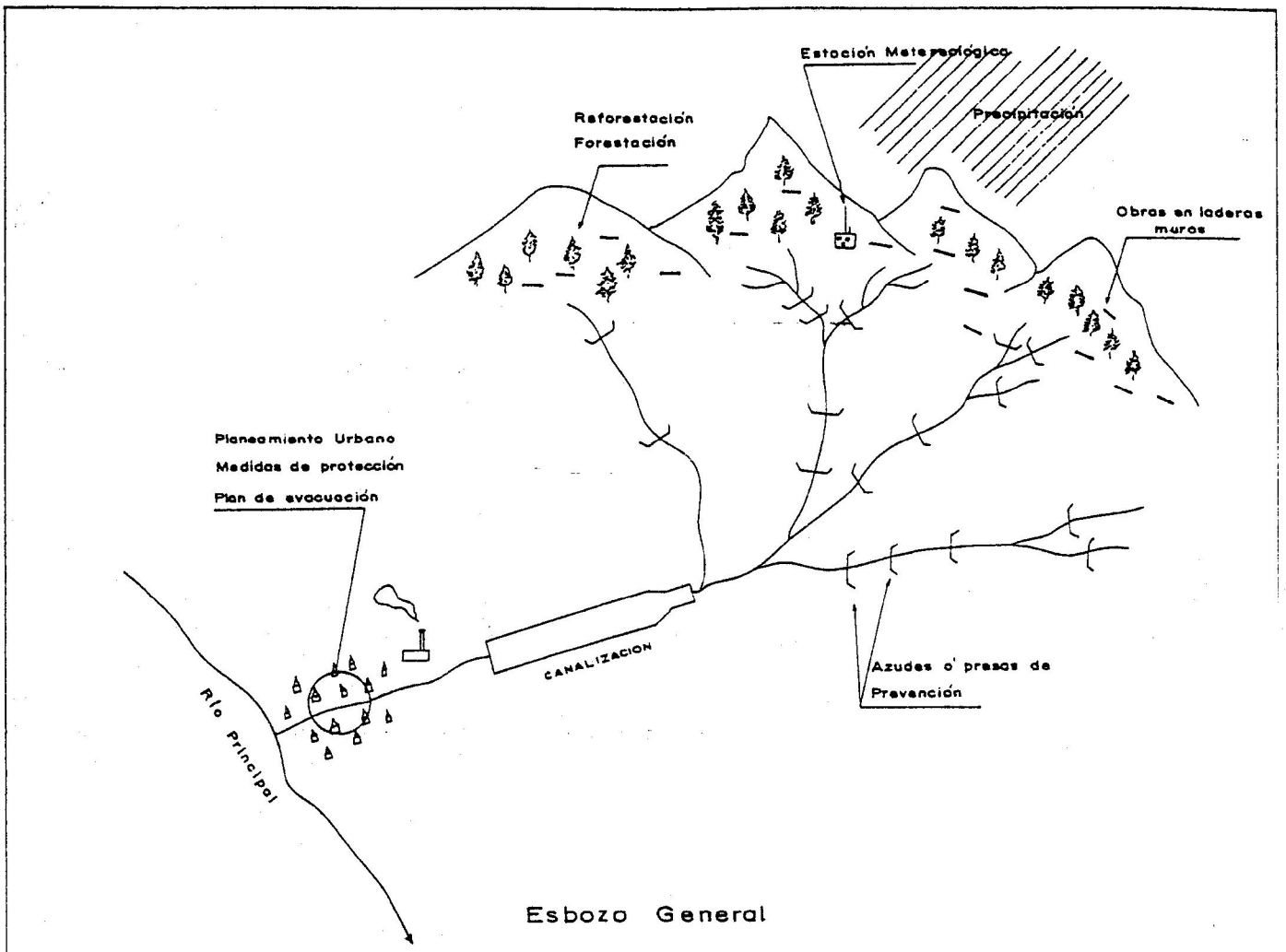
En este capítulo se trata de dar algunas medidas y proyectos de solución a los problemas geodinámicos que se presentan en la cuenca. Estas medidas tratan de tener el costo más bajo posible.

9.6.1 RESUMEN DE TRATAMIENTO POR FENOMENO:

Huaycos y erosión intensa con cambio de curso en los conos de Devección: Las acciones preventivas deberán contemplar la canalización de la quebrada, consolidación de los materiales sueltos mediante repoblación forestal y, en caso de los huaycos, limpiar el cauce periódicamente; realizar variantes locales (si éste es de grán dimensión).

Las soluciones que se plantearían para disminuir los efectos de los huaycos, tienen que ser en función de la morfología de la quebrada, pendiente del terreno y pendiente del cauce, litología del afloramiento rocoso, composición de los materiales detríticos, comportamiento estructural del macizo, así como su relación de éste con el clima, siendo importante conocer el comportamiento pluviométrico del área.

En base a estos parámetros se puede plantear algunas soluciones a este problema:



Esbozo General

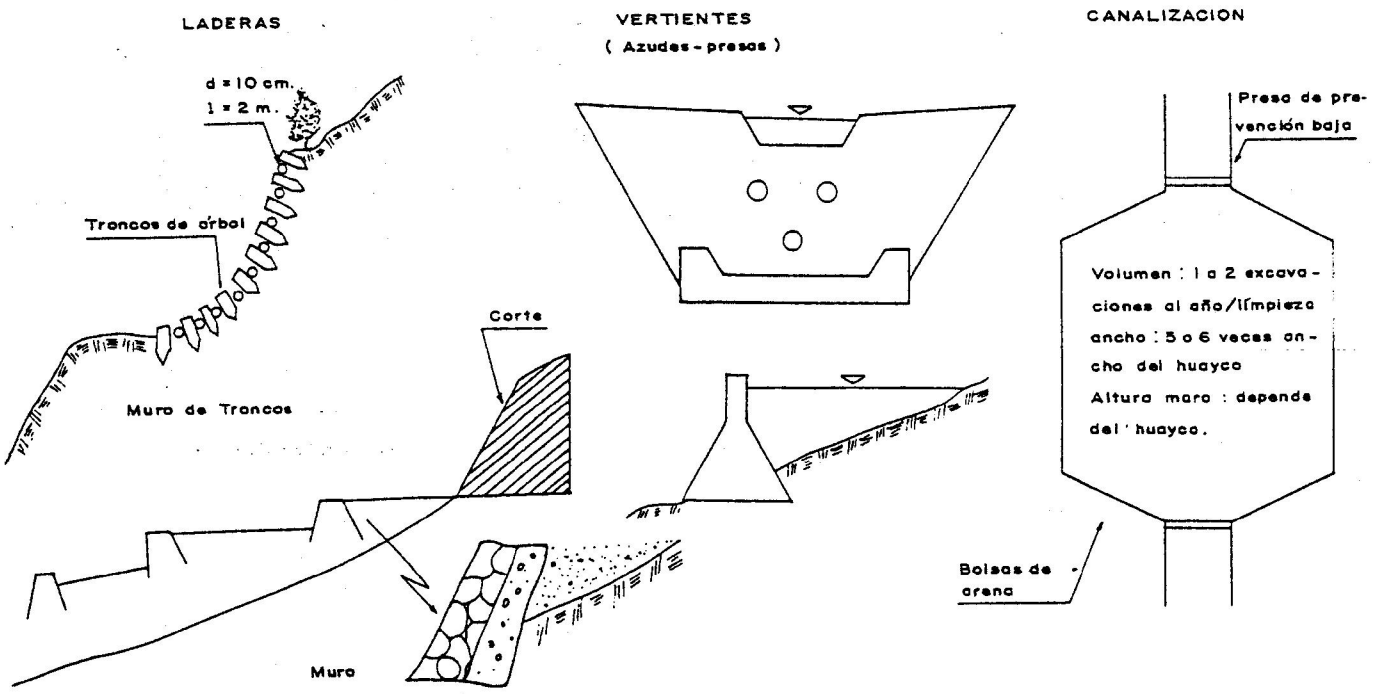


Fig. 33

- Diques reguladores o azudes
- Desbrose de los materiales sueltos (desquinche)
- Forestación de las laderas
- Eliminación de obstacúlos (ensanche en pasos estrechos)
- Canalizaciones.

Todos estas obras a realizar deben estar dirigidas al dimensionamiento de las obras civiles proyectadas o construidas en la cuenca.

Avenidas extraordinarias: Para evitar o menguar los efectos de estos fenómenos, las acciones a tomar son:

a) Mejorar las redes de medidas de control (pluviométrico y linnimétricas) con un sistema de transmisión rápida a lo largo del curso del río, para preveer el momento del paso de las ondas de crecida.

Además, estas redes de medida nos proporcionarán datos para el conocimiento mas exacto del comportamiento hidrológico de la cuenca.

b) Previsión en las posibles zonas más afectadas fruto del perfil transversal y el caudal.

c) Medidas correctoras preventivas: embalses, forestación de la cuenca vertiente, ensanche de los pozos estrechos (mejorar la dinámica fluvial) dimensionado de obras de ingeniería (puentes, etc.) y canalizaciones.

- Desprendimiento de bloques: La prevención puede ser diversa: Ejecutar voladuras de excavación, precorte en futuros taludes, gunitado en casos difíciles, bulonado y malla con gunitado posterior en zonas muy difíciles, reforestación, etc.

-Deslizamientos: La plantación de hierbas o arbustos de especies apropiadas al suelo, clima y raíz profunda. El drenaje (cunetas de coronación, zanjas drenantes paralelas a la línea de máxima pendiente, trincheras, etc.). Es fundamental para evitar los efectos alteradores del agua, modificar el perfil del talud con corte y rellenado (Bancales), dismunuir los esfuerzos sobre la

superficie de corte; el cosido con pilotes o pozos hormigonados puede ser interesante para pequeños deslizamientos. La colocación de bermas en el pie del talud es a menudo útil, así como el contrapeso de pie de talud.

9.6.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCION:

a) Problemática de las márgenes: Las acciones a ejecutar para proteger las margenes del río, suceptibles a erosiones e inundaciones, tienen que estar íntimamente relacionadas a las que se ejecutaran en las quebradas afluentes, ya que es considerable el aporte de sólidos de éstas, especialmente en épocas de fuertes precipitaciones, provocando la colmatación del lecho. Los tramos del cauce en los cuales actúa la erosión lateral se pueden proteger por estructuras longitudinales o transversales. Ver Gráficos 34, 36, 37, 38.

- Estructuras longitudinales: Construcciones que protegen directamente las márgenes de la acción erosiva del río.

La selección del tipo de construcción, varía de acuerdo al grado de amenaza a que la margen esté en peligro y según el material disponible en las cercanías de la obra.

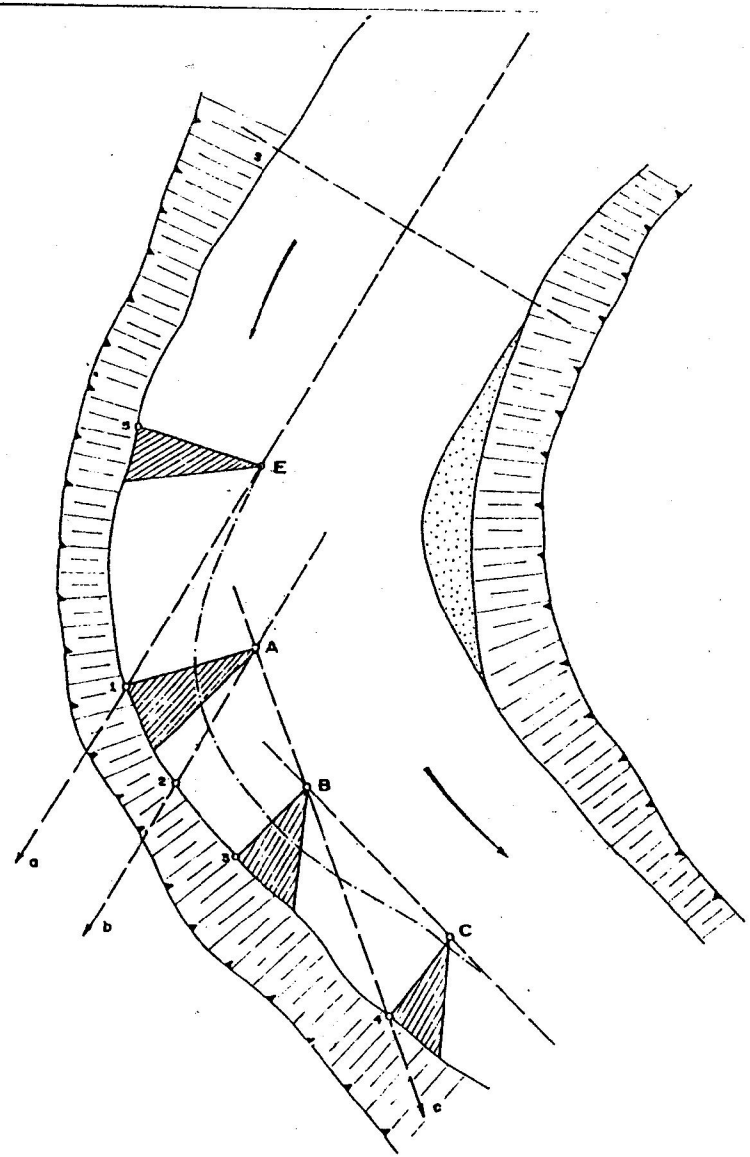
Estas estructuras pueden ser paralelas o marginales, como muros de contención, escolleras, gaviones, diques marginales, etc. Ver gráficos 36, 37, 38.

-Estructuras Transversales: Construcciones que se llevan sobre la corriente fluvial. Su fin es desviar la corriente de la orilla y retener los acarreos; éstas estructuras se combinan generalmente con las estructuras paralelas.

Estas pueden ser diques transversales, gaviones cilíndricos, gallineros, etc. Ver gráfico.

El método en que se proyecta su colocación es sencillo y se procede de la siguiente manera: Gráfico 34.

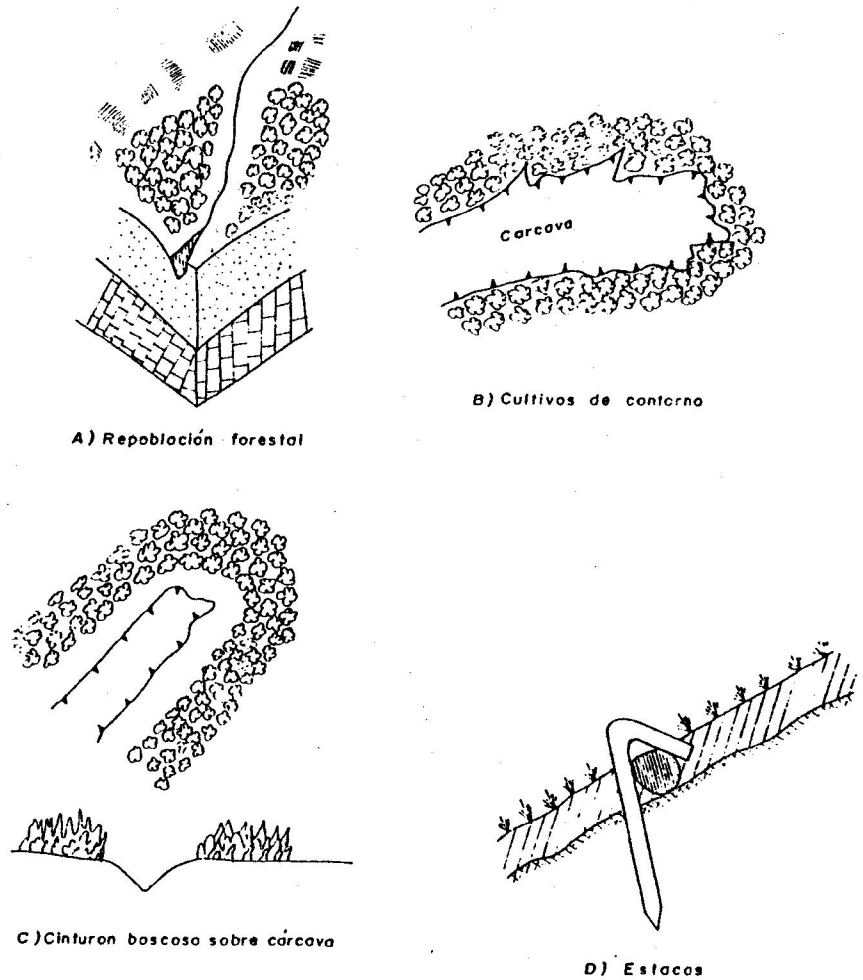
Prolongamos la dirección de una línea de corriente, desde un tramo recto de la misma



Metodo de ubicación de construcciones transversales

Dib. A. Vallio T.

GRAFICO Nº 34



A) Repoblación forestal

B) Cultivos de contorno

C) Cinturon boscoso sobre carcava

D) Estacas

Dib. A. Vallio

GRAFICO Nº 35

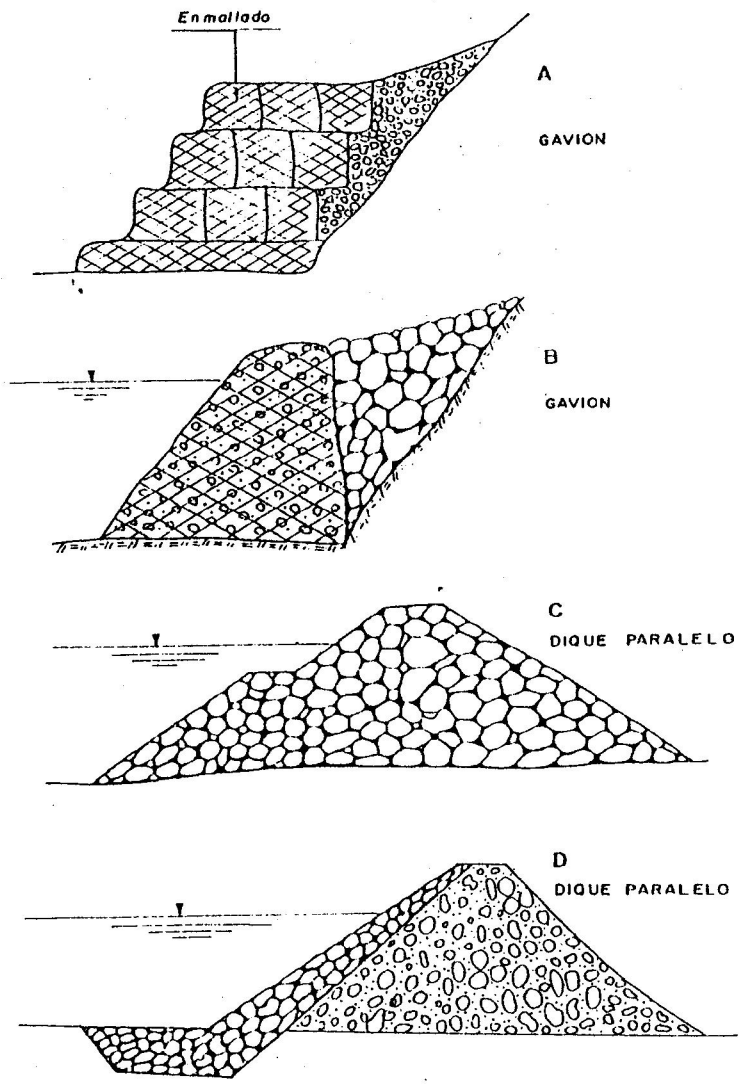


GRAFICO Nº 36

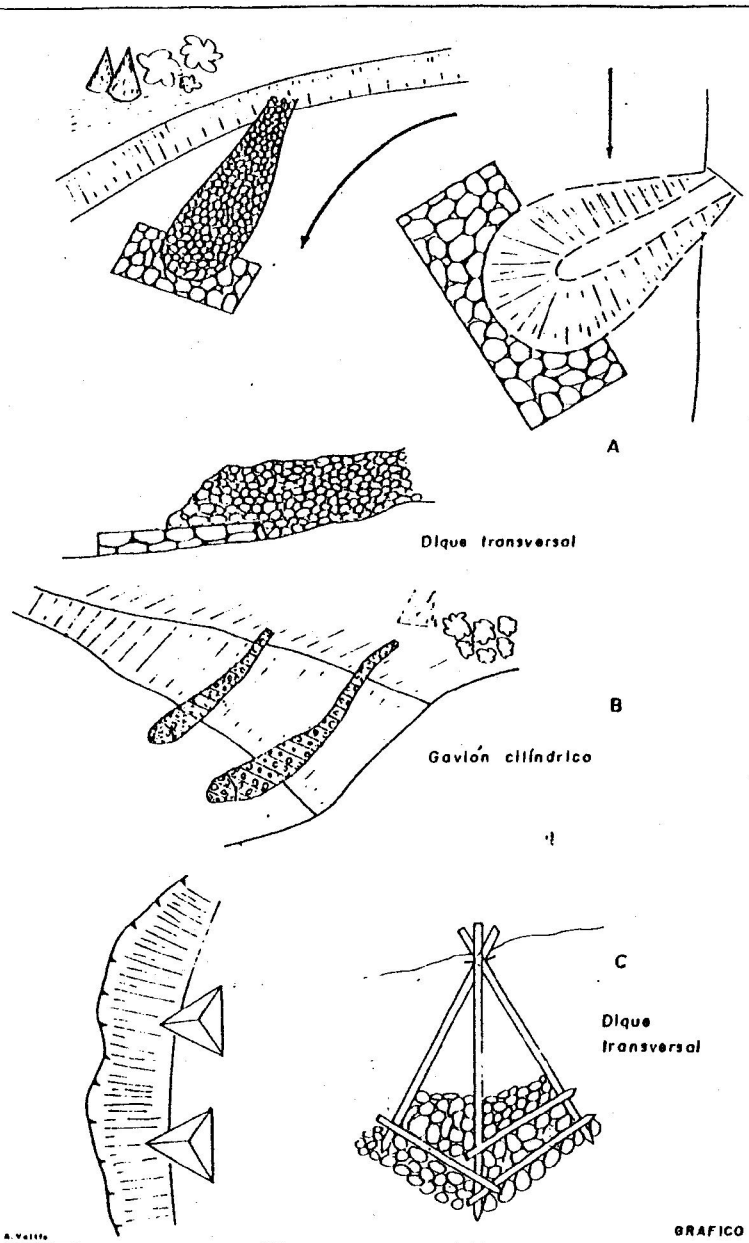
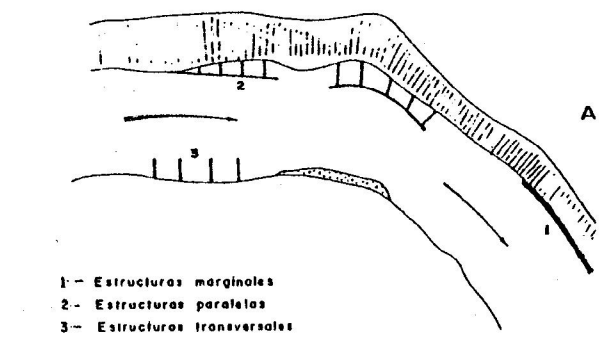
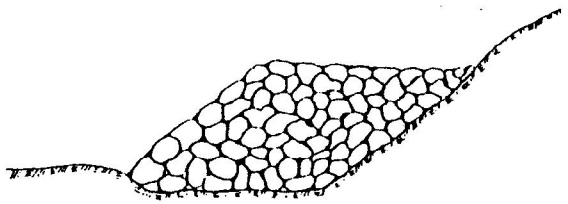


GRAFICO Nº 37





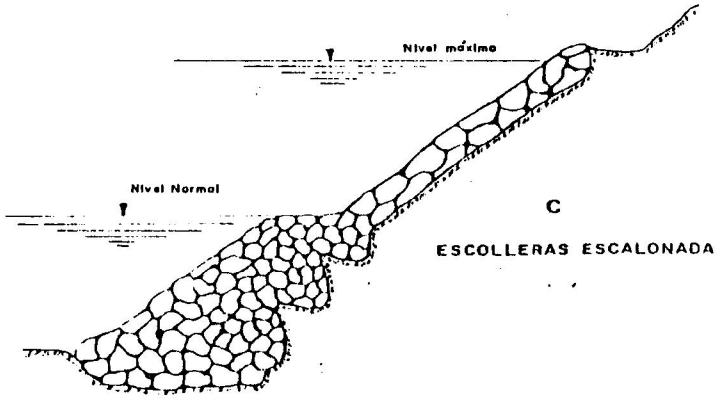
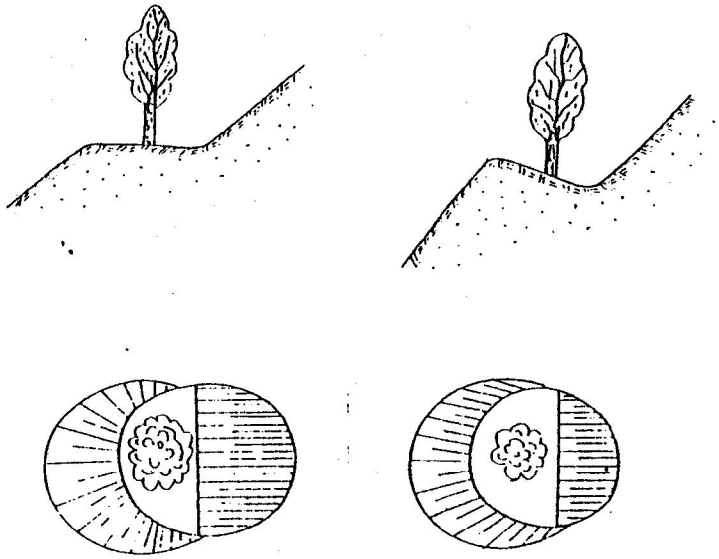
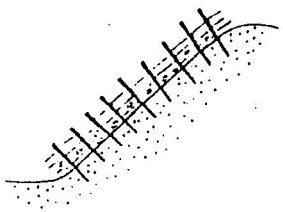


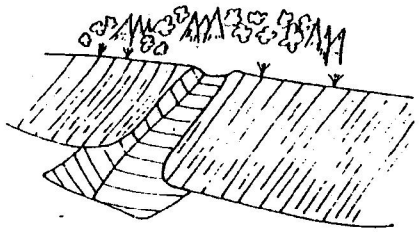
GRAFICO Nº 38



Terrazas individuales



Fajines simples



Surcos de caida

GRAFICO Nº 39

hasta interceptar un segmento exterior del pie del talud, con lo que fijamos el punto 1, del que parte la construcción de la estructura transversal "A".

Por el borde exterior de "A" trazamos una paralela "b" al sentido de la línea de corriente del tramo recto.

Su intersección con el segmento del pie del talud determina el punto 2. El dique "B" partirá del punto 3, con lo que la distancia 1-3 será igual al doble de la distancia 1-2.

Por los puntos extremos de las estructuras "A" y "B" trazamos la recta C, la que corta los segmentos del pie del talud en el punto 4. En este punto proyectamos la estructura transversal siguiente, "C".

Luego continuamos de modo análogo y determinamos si la línea que une los puntos extremos de las estructuras "B" y "C" corta un segmento del pie del talud; en este caso proyectamos una estructura transversal adicional a partir de su intersección. En nuestro caso, la línea BC ya no corta el pie del talud, no siendo necesaria estructura adicional alguna. Ver Gráfico 45.

El sistema de estructuras transversales lo complementamos con una estructura adicional "E", ubicada contra la corriente, desde el punto 1 y a una distancia igual a la longitud 1-3.

La construcción de las estructuras transversales es diversa y dependen de las condiciones locales, así como los materiales que tengamos a nuestra disposición.

-<u>Embalses Medianos</u>: Estos estarían ubicados principalmente en los afluentes. Son importantes por lo siguiente:

.Forman espacios acumulativos mucho menores en comparación con los embalses grandes de los ríos principales, pero el volúmen sumario es importante desde el punto de vista hidrológico.

.Medida eficaz para la protección contra la erosión y huaycos.

.Aprovechamiento hidroeléctrico y agrícola.

.Posibilidades turísticas.

b) Laderas de la Cuenca.- La protección de las laderas en la cuenca están íntimamente ligadas a la protección de quebradas, cárcavas, chorreras, del suelo, etc.

Debido a la influencia de los factores de erosión, las laderas o taludes están sujetas a cambios constantes, en el caso que sus pendientes no hayan sido convenientemente protegidos, suscitándose fenómenos de erosión por surcos, cárcavas, chorreras, erosión laminar, deslizamientos, derrumbes, etc.

Factores para la formación de éstos fenómenos:

-Escurrimiento superficial, predominante en la cuenca.
-Naturaleza litológica de las formaciones.
-Desintegración natural, mecánica, química (meteorización).
-Socavado fluvial al pie de las laderas.
-Escasa vegetación natural y la eliminación indiscriminada de árboles y arbustos.
-Actividades del hombre (mal uso del agua de regadío, rompimiento del talud natural, etc.).

Para la conservación de las laderas se debe tener en cuenta el uso de los suelos:

1.-Suelos Agrícolas: Su conservación puede cumplirse a través de las siguientes acciones:

-Obtención del uso más adecuado, sin olvidar las realidades socio-económicas del país y teniendo en cuenta que la agricultura en la cuenca es, especialmente, una agricultura de laderas.

-Promover prácticas culturales y agronómicas conservacionistas por medio de la asistencia técnica, supervisión del crédito y demostraciones.

-Promoción y ejecución de obras y tratamientos mecánicos de conservación.

2.-Suelos No Agrícolas: Los mayores problemas en la cuenca provienen de estos terrenos (cuenca media, subcuencas de las quebradas que tienen problemas de huaycos). En estos suelos las prácticas mecánicas son las más adecuadas y se refieren a obras de pequeña ingeniería para, encauzar las aguas de escorrentía, disminuir la velocidad de las corrientes y la carga de sedimentos, aumentar la infiltración y controlar los movimientos en masa.

La forestación solo dará resultados en áreas donde la aridez disminuya ó se planteen riesgos especiales.

Técnicas Agrícolas de Conservación: Ver Gráficos 35,39,41,42A.

-Cultivos de contorno, estacas: barreras vivas: tienen por objeto disminuir la escorrentía superficial y aumentar la infiltración. Emplear la penca, cabuya, las cactáceas, molle, etc.

-Cultivos de cobertura y planteo. Pastos de corte: todos éstos cultivos tienen como fin proteger el suelo por una cobertura vegetal pemanente y contínua, por lo cual contribuyen a la defensa de los suelos en todos los medios morfoclimáticos.

-Aislamiento Fajas Protectoras: Es aconsejable manterner los lechos de los ríos, quebradas y cárcavas con faja protectora de vegetación ribereña en ambas márgenes, inclusive si se trata de una franja no muy ancha. Estas fajas impiden que demasiados sedimentos lleguen directamente a los cauces y, por otra parte evitan o disminuyen los efectos de la erosión lateral.

-Distribución adecuada de los cultivos, rotaciones anti-erosivas de las siembras, sistema de riego apropiado (por goteo ó aspersión).

Técnicas Mecánicas de Conservación:

-Construcción de terrazas y bancales (andenes), zanjas de infiltración (trincheras): Estas técnicas sirven para reducir la velocidad del agua que se escurre sobre las laderas y

obligarla a infiltrarse en buena parte. Son aconsejables en medios no muy húmedos (cuenca baja y media) pero no funcionan en terrenos muy empinados, deleznables o saturados. Gráficos 39,41,45.

Estas obras se pueden construir con máquina o a mano; éste último usualmente suavizando progresivamente la pendiente natural del terreno.

- Empalizadas, fajinas, azudes; se emplean para luchar contra todas las formas de erosión concentradas, especialmente en el carcavamiento. Estas impiden la profundización; estabilizan el perfil longitudinal y al mismo tiempo contribuyen a la detención de sedimentos. De acuerdo con las condiciones locales, se emplean: palos, maderas, ramajes o piedras. Gráfico 40.

- Muros de contención, drenaje y acequias de desvío y corona: son técnicas adecuadas para impedir que se produzcan deslizamientos y derrumbes, o una vez ocurridos, tratar de estabilizarlos. Para ser eficiente, los muros de contención deben dejar paso libre a las aguas infiltradas en tal forma que no se estanquen por detrás. Por lo tanto, puede convenir la mampostería gavionada. Gráfico 43.

- Los drenajes tienen a menudo forma de espinas de pescado y se ejecutan en la parte afectada o amenazada por el movimiento. Las acequias de corona se ubican más arriba y tienen como fin el de sacar el agua y lodo, alejándolo de la zona inestable.

-Las acequias de desvío se usan también para impedir que las aguas de las lluvias caigan en las cárcavas contribuyendo de esa manera a estabilizarlas.

9.6.3 TECNICAS DE CONTROL Y TRATAMIENTO DE LADERAS:

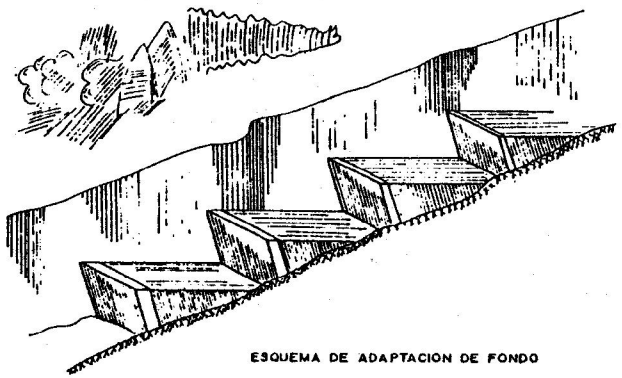
Tomado de los folletos publicados por: PRONAMACCS, PROANDES, UNICEF (Ministerio de Agricultura-Perú).

CONSTRUCCION Y USOS DEL NIVEL EN "A"

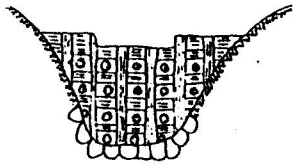
-La erosión en las formas de erosión laminar, en surcos y cárcavas afectan los suelos agrícolas, siendo las causas principales: el agua de escorrentía y el mal riego.

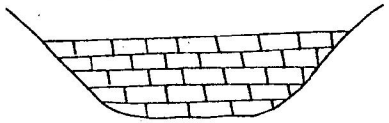
PROTECCION DE FONDO DE CARCAVA

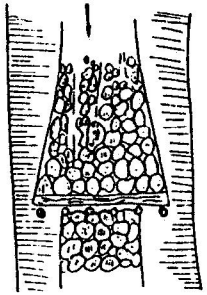
TIPOS DE AZUDES (PRESAS ESCALONADAS)

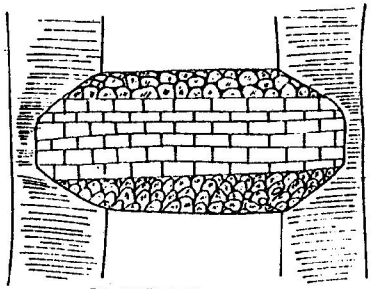


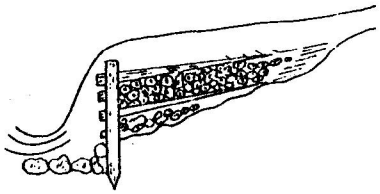
ESQUEMA DE ADAPTACION DE FONDO



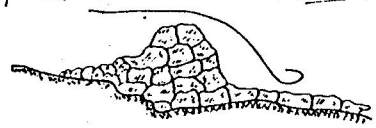








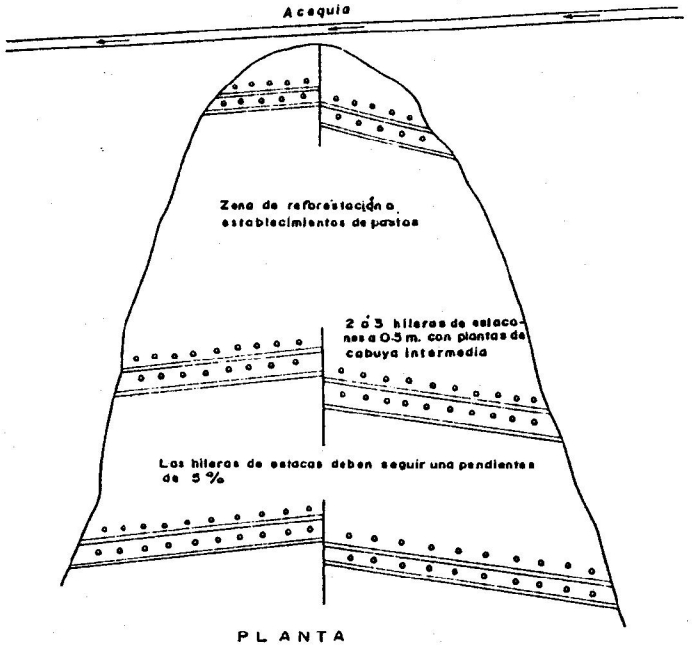
AZUD DE RAMAJE Y MATERIAL PETREO



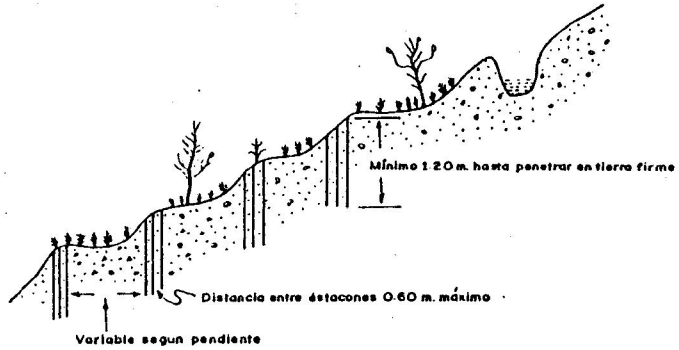
AZUD DE PIEDRA

Dib. A. Velito

GRAFICO Nº 40



PLANTA

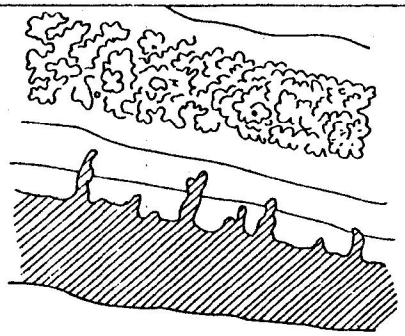


SECCION TRANSVERSAL

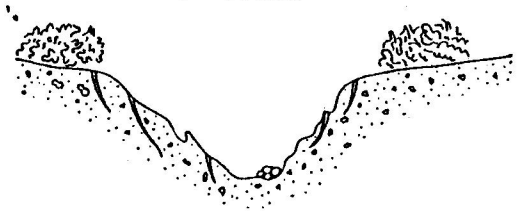
ESTABILIDAD DE TALUDES CON BANQUETAS, ESTACONES Y PLANTACIONES

Dib. A. Velito E.

GRAFICO Nº 41

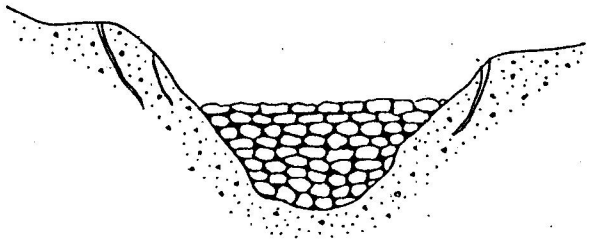


PLANTA

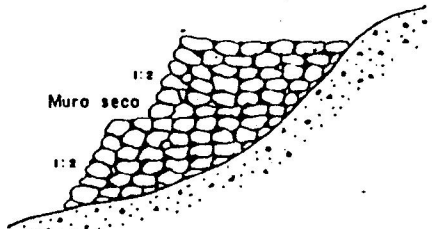


SECCION TRANSVERSAL

Ubicación de los cinturones boscosos sobre la pendiente atacado por grietas laterales



VISTA FRONTAL

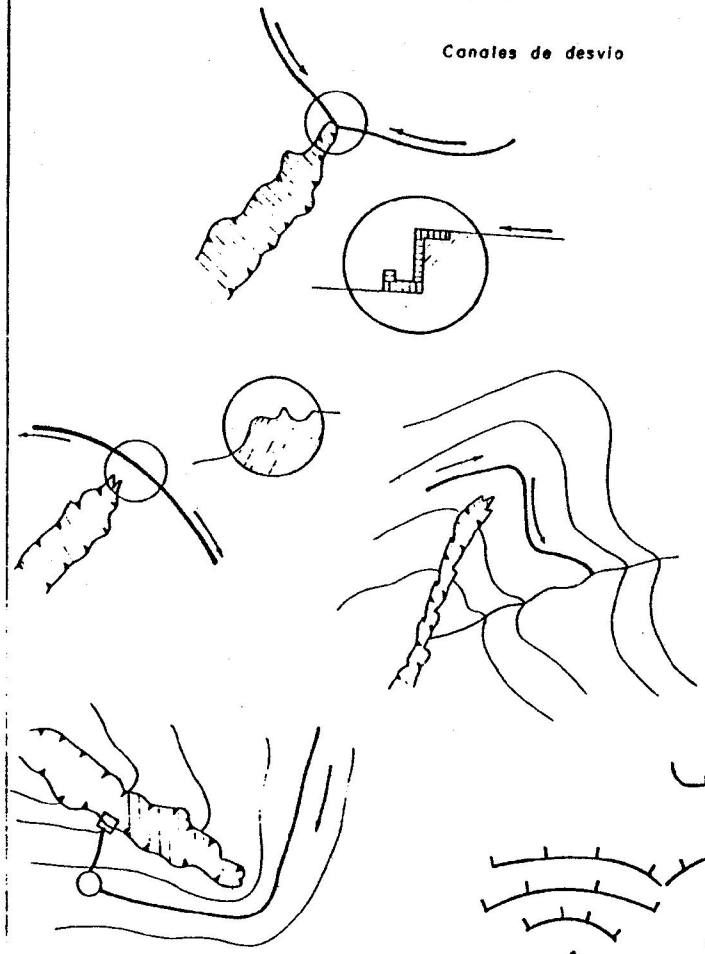


PERFIL LONGITUDINAL

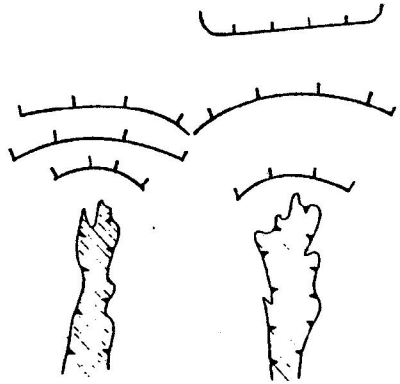
Dib. A. Vallto T.

GRAFICO Nº 42

Canales de desvio



Canal de desvio a la misma cárcava con obra artificial



Diques de contención

Dib. A. Vallto.

GRAFICO Nº 43

-El suelo agrícola se puede conservar con: acequias de infiltración, surcos de contorno, terrazas (bancales) diques o muros de piedra, etc.

-Para construir los medios de conservación, es necesario hacerlos a nivel, y una de las medidas más económicas es construir un nivel rustíco tipo nivel en "A".

.Materiales: 2 palos largos (± 150 cm), 1 palo de 100 cm. de largo, cordel y una piedra.

.Construcción:

a)Se amarran los 2 palos largos por un lado

b)Se amarra luego el palo mediano formando una letra "A".

c)Se amarra la piedra con un cordel y finalmente se le amarra a la parte de arriba del nivel en "A" (servirá de plomada) Ver fig. 44 (a).

.Calibración a Nivel:

a)Se coloca el nivel en "A" en una bajadita, marcando bien donde caen las patas (ó se colocan 2 palitos como estacas). Se deja hasta que la plomada no se mueva y se marca el palo horizontal donde lo cruza el cordel (punto A) Ver fig. 45 (b).

b)Se voltea el nivel en "A", y se pone las patas en los puntos ya marcados. Luego se espera que la plomada no se mueva (la piedra) y se marca el palo horizontal donde cruza el cordel (punto B) ver fig. 44(c).

c)Se toma la distancia entre los puntos A y B con una pita extendida, luego se dobla la pita para obtener el punto medio entre A y B, punto c. Ver fig. 44(c).

d)Luego de doblado, se marca el centro entre A y B.

Después de estos procedimientos Ud. estará listo para usar el nivel.

-Para hacer una curva de nivel con este nivel "A" se procede de la siguiente manera:

a)Se empieza marcando un punto fijo en el suelo donde cae una de las patas.

b)Se mueve la otra parte hacia arriba o abajo, buscando el punto donde cruza el cordel con el punto central.

c)Una vez que se encuentra el punto a nivel, se marca bién, donde toca el suelo la pata libre.

d)Con los 2 puntos bien marcados, se levanta el nivel, luego con la pata que marca la primera marca, se busca la ultima marca y se coloca encima de este y se repite el mismo proceso.

De esta manera, se puede cruzar la ladera, marcando una línea de contorno, o sea "a nivel".

- Recomendaciones:

a)Los palos no deben ser débiles ya que se arquean fácilmente y causan errores en los trabajos.

b)Si se aflojan los amarres o se corren los palos ya no se debe seguir usando ese nivel. Es necesario desarmar todo el nivel para reconstruirlo y recalibrarlo.

CONSTRUCCION DE TERRAZAS (ANDENES), TERRAZAS DE BANCO O BANCALES

-Las terrazas son una forma muy efectiva de defender nuestro suelo, aprovechar mejor el agua y aumentar las cosechas.

-Se necesita: Nivel en "A", lampa, pico, chakitaklla, barreta.

-Las terrazas se pueden hacer en terrenos no muy inclinados, con suelos profundos, de preferencia donde se siembra panllevar.

-El ancho de las terrazas depende de la inclinación del terreno ver fig. 45a.

-Es mejor hacer terrazas con un ancho entre 1.5 y 8 m, no más ni menos, el talud del borde no debe ser mayor de 1.20 m.

-Antes de empezar la construcción de las terrazas se debe cavar una acequia de 40 cm. de ancho y 30 de profundidad, en la parte superior de la chacra, para defender el terreno de las avenidas de agua.

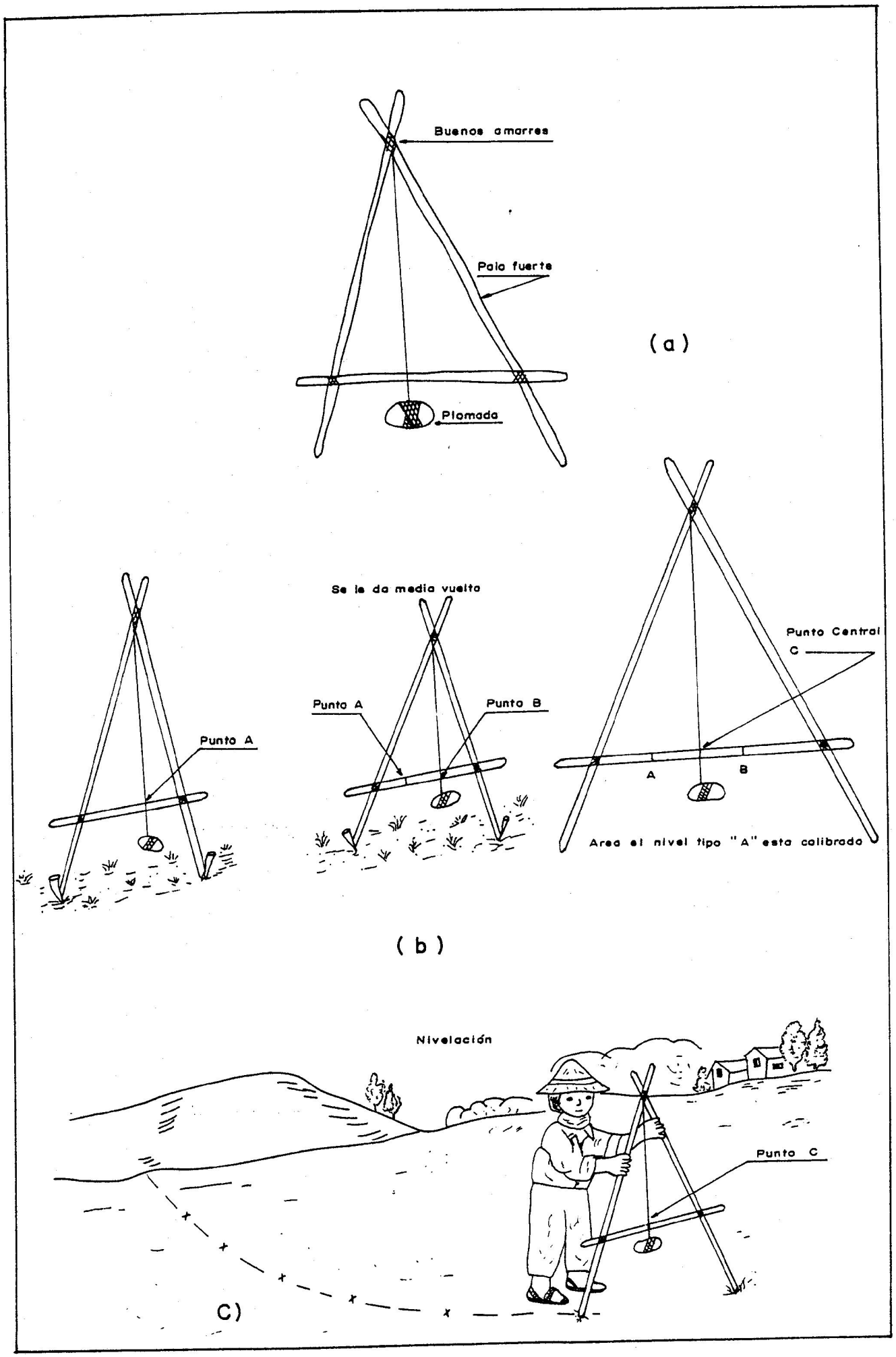

Buenos amarres
Palo fuerte
Plomada
(a)
Punto A
Se le da media vuelta
Punto A
Punto B
Punto Central
C
A
B
Area el nivel tipo "A" esta calibrado
(b)
Nivelación
Punto C
C)

Fig. 44

-La distancia entre la acequia y la primera terraza (ladera abajo) tiene que ser mínimo de 2 metros.

-La terraza se debe construir a nivel (se usa el Nivel "A").

-Cuando los terrenos no son muy profundos, conservar la capa más buena del suelo en la superficie.

-No se mueve la tierra de arriba hacia abajo porque así, se pierde el suelo bueno, cubriéndolo con el suelo malo.

-Las etapas del movimiento lateral del suelo se muestran en la fig. 45 (b).

-Las terrazas deben estar bien niveladas. Si el nivel no esta bien se pone la tierra de donde está alto a donde está bajo.

-El suelo de las terrazas debe estar bien preparado para que se infiltre la lluvia o el riego, después cercar y sembrar.

-Los taludes de las bancas no tienen que ser muy verticales y sembrar pastos en ellos para evitar que se caigan.

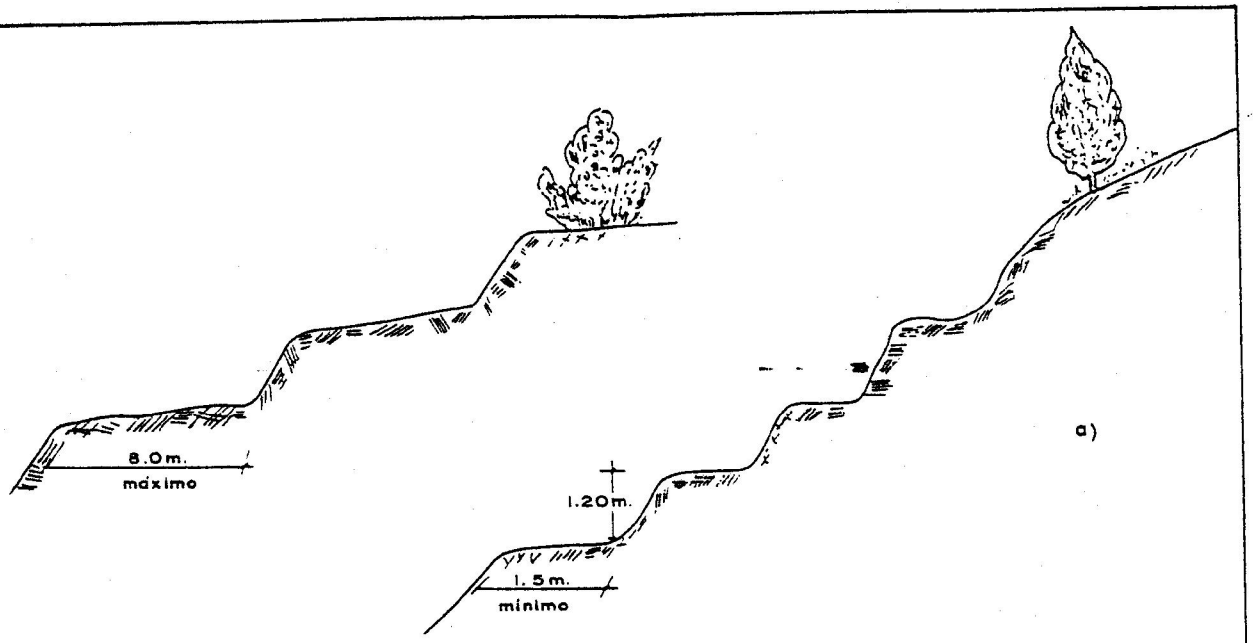
-En terrenos donde se siembra a secano o sin riego, es mejor dar a las terrazas una inclinación hacia adentro para aprovechar mejor el agua y evitar la erosión.

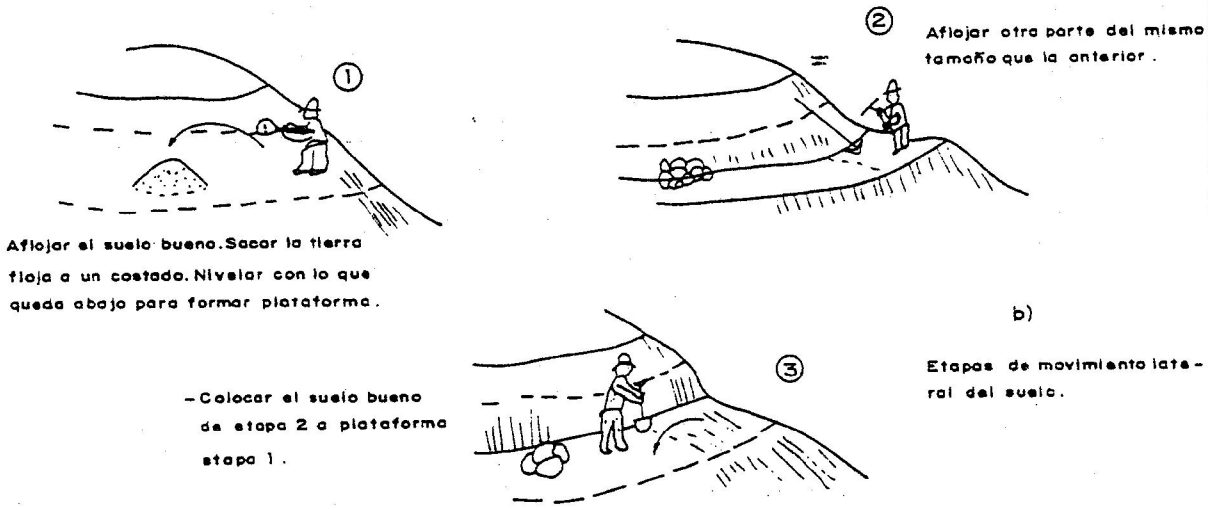
-En zonas muy lluviosas se puede hacer una pequeña acequia y darle una ligera inclinación lateral para evitar que el agua se empose. Lo mismo se hace en suelos arcillosos. Ver Fig. 45c

-Cuando en el terreno hay muchas piedras grandes, se las puede usar para formar muros y bordes de piedra o pircas (tipo andenes de los incas).

CONSTRUCCION Y USOS DE LAS ACEQUIAS DE INFILTRACION:

-Con la erosión muchos de los suelos de ladera estan siendo perdidos, aunados con la acción de las lluvias los suelos se están adelgazando y quedándose pedregosos, otros terrenos son muy


8.0m.
máximo
1.20m.
1.5m.
mínimo
a)


①
Aflojar el suelo bueno. Sacar la tierra floja a un costado. Nivelar con lo que queda abajo para formar plataforma.
②
Aflojar otra parte del mismo tamaño que la anterior.
b)
③
- Colocar el suelo bueno de etapa 2 a plataforma etapa 1.
Etapas de movimiento lateral del suelo.

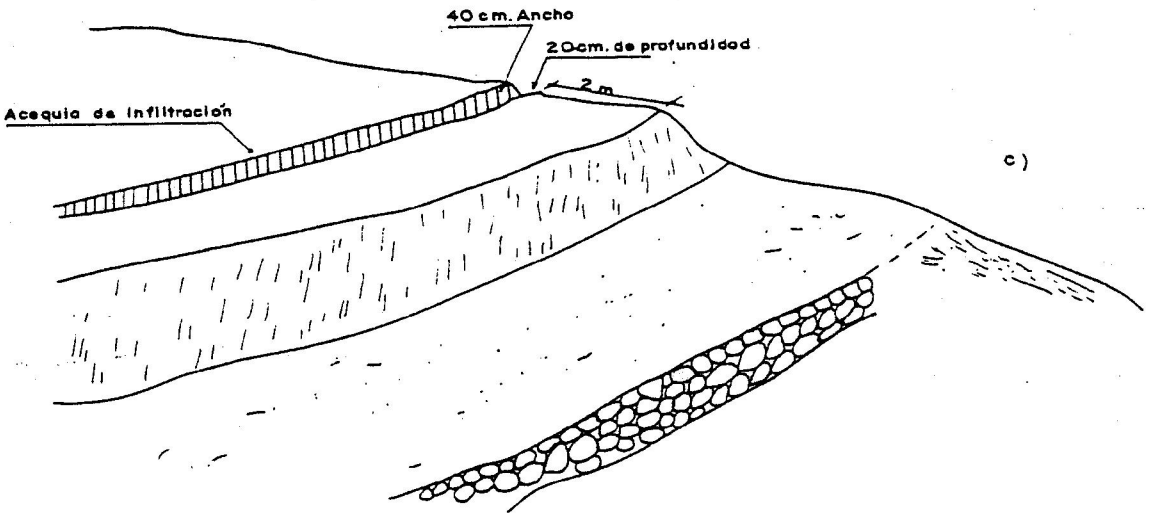

40 cm. Ancho
20cm. de profundidad
2m
Acequia de infiltración
c)

Fig. 45

inclinados y sembrarlos sería un peligro, porque el aguacero los lava. En estos casos se construyen acequias de infiltración, para proteger las laderas.

-Las acequias de infiltración se deben hacer en terrenos de pastos, en donde se van a plantar árboles.

-Las acequias de infiltración disminuyen la fuerza erosiva del agua de lluvia que corre por las laderas. El agua de lluvia se filtra mejor en el suelo, disminuyendo la erosión para así mejorar el suelo, ademas de la humedad, se mejora el pasto.

-Las acequias de infiltración son zanjas de 35 cm. de profundidad por 40 cm. de ancho, que se construyen a nivel a través de la pendiente. Se utiliza el nivel en "A" para marcar las acequias.

-A mayor pendiente del terreno menor distancia, a menor pendiente mayor distancia. Se recomienda una distancia mínima de 5 m. y máxima de 15 m. entre acequias.

-Mantenimiento de acequias: limpiar o secar la tierra de las acequias, arreglar los derrumbes que resultan después de fuertes aguaceros, no caminar por las acequias porque apelmazan y endurecen y ya no chupa el agua.

SURCOS EN CONTORNO O SURCOS A NIVEL

-Sin surcos de contorno, la tierra se lava y empobrece, se pierde agua, se lava el abono, los cultivos no producen bien, la tierra se muere.

-Con surcos de contorno, las lluvias ya no lavan el terreno, se aprovecha mejor el agua (más infiltración), se aprovecha mejor el abono, aumenta la cosecha, cuesta más y la tierra se conserva.

-Todos los terrenos, aunque tengan poca pendiente, deben sembrarse con surcos de contorno. En terrenos muy inclinados los surcos de contorno pueden malograrse.

-Se usa el nivel en "A" para hacer las líneas guias niveladas. Ver fig. 46a

- Se deben hacer surcos a nivel ó en contorno para el caso de cultivos que se siembran en surcos (papa, camote, tarwi, oca, yuca, maíz mashua, hortalizas, etc.).

-Para hacer surcos de contorno se sigue el siguiente procedimiento:

a)Se prepara el terreno

b) Se hacen las líneas guias con el nivel en "A". A estas líneas se les marca con piedras, estacas, con el pico ó con la yunta.

c)Luego se hacen los surcos entre las líneas guias con la yunta.

d)Los surcos se pueden hacer con picos y pala, yunta o tractor.

-Cuando el terreno es irregular, van a quedar espacios.Estos se llenan con surcos cortos ó "rellenos", ver fig. 46c

-Cuando la chacra es con riego, se da una pequeña caida lateral a los surcos para que el agua llegue al final de cada surco. Esto es importante hacerlo en el caso de suelos arcillosos y en lugares donde llueve mucho.

-Los surcos en contorno no controlan totalmente la erosión, esto se produce por ejemplo: Al principio del cultivo, cuando los surcos no estan formados, después de la cosecha, por que se borran los surcos.

-Los surcos en áreas con mucha pendiente no deben ser mayor de 100 m. de largo.

-Nunca se debe hacer surcos de arriba hacia abajo. Ver Fig. 46c

X MATERIALES DE CONSTRUCCION

Los materiales de construcción para las diferentes obras que se proyecten en la cuenca, deben tener en primer lugar la condición de ser obtenidas en lo posible de fuentes locales, cuya utilización puede disminuir los costos de la obra.

10.1 ROCAS

Es el elemento fundamental en las obras antierosivas sobre todo en aquellos que estan destinadas a la protección contra la acción directa de la corriente de agua.La roca de construcción debe ser homogénea y compacta, límpia de materia orgánica. Su resistencia deberá cumplir las exigencias impuestas (500 Kg/cm² para las rocas eruptivas y 250 kg/cm² para las rocas sedimentarias) y además no deberá ser fácilmente desintegrable.

También a las rocas que se usen para hormigon se le exige que tengan buena fuerza adhesiva y que su absorción no sobrepase el 3% de su peso.

Los bloques de roca granodiríticas y graníticas que se exponen mayormente en el área costanera, se pueden emplear en los enrrocados de los diques reguladores o gaviones a proyectarse.

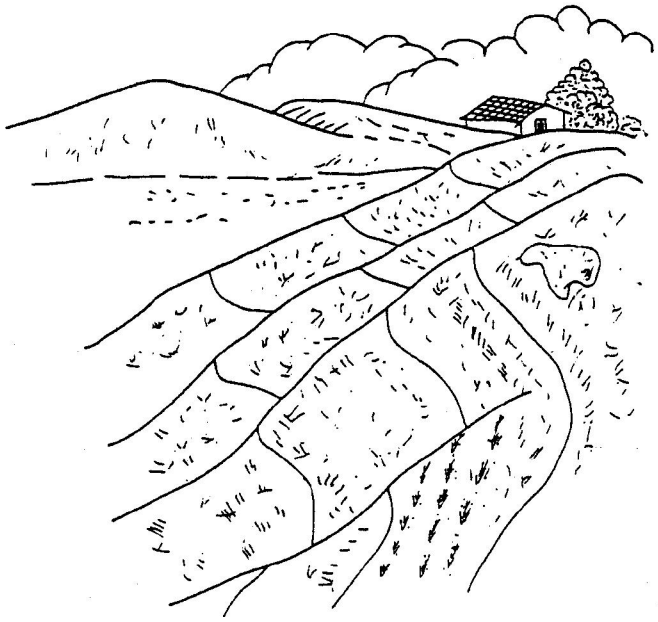
10.2 ARENAS

Material importante para la producción de morteros y hormigón, esta arena no debe tener limos, arcillas, carbón, etc. La arena de mortero no debe tener más de un 2% de arcillas.

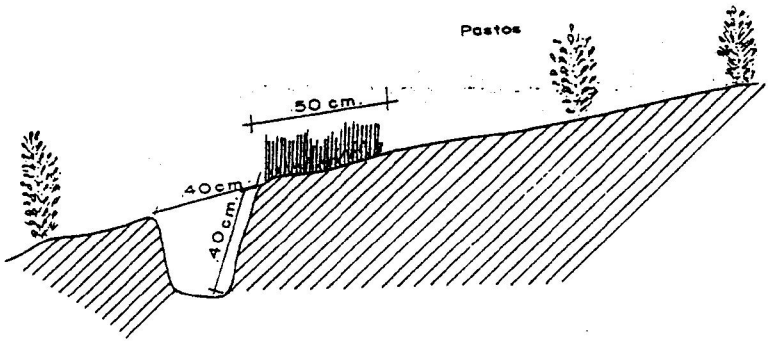
Las arenas de mejor calidad son las que se limpian con el lavado del agua de discurrimiento del río.

Se consideran los materiales tales como: arena, gravas, bloques de rocas intrusivas, que se hallan a lo largo del curso del río Jequetepeque, en las quebradas tributarias y en los flancos de los cerros, de donde pueden ser explotados y extraidos por medios mecánicos, aprovechando los accesos existentes.

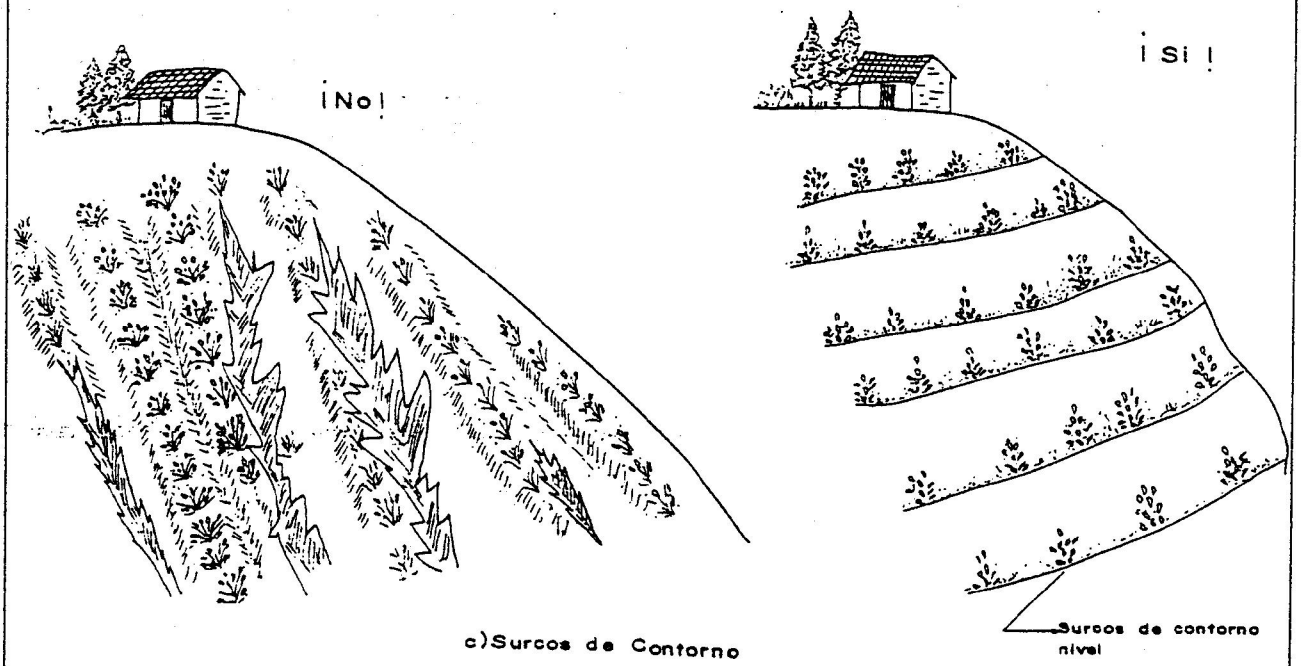
Las arenas y gravas del río son, por lo general, bien seleccionadas, limpias y de buena calidad, pudiendo se utilizadas como agregados en la preparación de concretos.Estas arenas son el resultado de la meteorización y desintegración de las rocas graníticas y granodioríticas y se localizan en el curso inferior del río Jequetepeque y en las quebradas próximas al cauce y en el mismo cauce (grava).



a)



b)



c)Surcos de Contorno

Fig. 46

Página en blanco

Las gravas y sedimentos finos se pueden utilizar como materiales en terraplenes o relleno en obras de defensa.Estos materiales se pueden extraer de los conos aluviales que se encuentran rellenando las principales quebradas del valle del río Jequetepeque.

Las canteras más importantes, estan ubicadas en: la Qda. Monte Grande (materiales impermeables y semi-impermeables y gravas), así como en la Quebrada Los Leones.

CONCLUSIONES

1. La cuenca del río Jequetepeque, adquiere gran importancia con la construcción de la Represa de Gallito Ciego, que ha incorporado más de 63,000 Has. de nuevas tierras agrícolas. Cuenta con una carretera de penetración a Cajamarca, asfaltada (salvo en algunos tramos afectados por fenómenos de geodinámica externa), de gran interes turístico y comercial.

2. La cuenca del río Jequetepeque, se ubica en un sector de la parte septentrional de la Cordillera Occidental de los Andes, perteneciente al Sistema Hidrológico del Pacífico. Incluye terrenos del Paleozoico inferior, Mesozoíco y Cenozoíco (afectados hasta por tres faces de deformación), así como materiales cuater-narios rellenando algunas cubetas y valles. Se reconocen dos Provincias estructurales: Provincia Tectónica de Pacasmayo (con rumbos NE-SO, NNE-SSO y plegamientos ONO-ESE) y la Provincia Tectónica Chimu (con plegamientos de rumbo ONO-ESE).

3. En la cuenca se han definido hasta seis unidades geomorfológicas: Pampa costanera, Valles, Estribaciones Andinas, Cordillera, Altiplanicie y Meseta Volcánica.

4. Las características físicas de la cuenca están dadas por los "índices morfométricos"; un análisis de estos nos permite concluir que:

   Las lluvias de duración semejante al intervalo de tiempos de concentración entre 6 y 12 horas, serán los causantes de las crecidas y los problemas que estos acarrean.

   La cuenca tiene una torrencialidad moderada, relacionada directamente con la erosión y facilitada por la presencia de litologías de baja calidad (rocas blandas) y terrenos mayormente áridos con permeabilidades moderadas a bajas.

   Las precipitaciones encontraran, en corto recorrido, un cauce, facilitando la acción erosiva de las aguas.

   Los valores de los índices estudiados nos reflejan, la forma alargada de la cuenca y lo quebrado y sinuoso de su contorno.

   La cuenca tiene un relieve entre medio accidentado a accidentado. Se deduce también que existe un equilibrio entre los terrenos erosionados y los que faltan erosionar, con tendencia a una erosión mayor. Esto se refleja en el bajo valor de la altura media de la cuenca, para un río de la vertiente del Pacífico.

5. La cuenca del río Jequetepeque, de formas más evolucionadas que otras cuencas de la vertiente del Pacísico, ocupa una superficie aproximada de 4,971 Km^2 con un recorrido de 160 Km. Los caudales máximos calculados para la zona de depósito son: Q5= 370 m^3/seg, Q10= 600 m^3/seg y Q50= 1600 m^3/seg.

   Sus principales tributarios son los ríos San Miguel, Contumaza, Huertas, Laminchan y Pallac.

6. En la cuenca del río Jequetepeque se localizan 16 estaciones metereológicas, de las cuales 8 operan hasta la actualidad (San Juán, Livis, Magdalena, Qda. Honda, Granja Porcón, Llapa, Chilete y Contumaza), 4 solo consignan datos hasta 1983 y 4 están desactivadas.

7. La precipitación promedio en la cuenca es de 409 mm, con promedios en la cuenca alta de 888 mm. Las precipitaciones totales, mayores, se concentran alrededor del poblado de Llapa, en la subcuenca del río San Miguel (río con un caudal constante todo el año).
   Se localizan anomalías de precipitación en el área de Contumaza, producto del llamado Fenómeno del Niño.

8. El volúmen promedio anual de descargas del río Jequetepeque es superior a los 748 m^3/seg, la mayor descarga fué de 1828 m^3/seg en el periodo 1982-1983 (Fenómeno del Niño) y la menor descarga de 86 m^3/seg en el periodo 1979-1980.
   Se tiene también que cada año se espera un caudal medio de 2.6 m^3/seg con un 97% de probabilidades, así como cada 5 años un caudal de 33 m^3/seg con un 22% de probabilidades.

   De acuerdo al Analisis de las Tendencias del río Jequetepeque, es posible que entremos hacia los años 93-95 en años húmedos medios a húmedos extremos.

9. A parte de los factores condicionantes de los fenómenos de geodinámica externa (litológicos-estructurales, clima, pendiente, sísmicos, etc.), los factores antrópicos son los que más afectan al medio natural: invasión de cauces de ríos y quebradas, desforestación, corte en taludes naturales, construcción de represas u otras obras de ingeniería, uso inadecuado del agua de regadío, etc.

10 Los huaycos (flujos de barro) ocasionan ingentes daños en la cuenca y estan supeditados a la presencia, en su cauce y/o área de influencia, de centros poblados, terrenos de cultivo y obras de servicio. Los principales ríos o quebradas con problemas de este tipo de fenómenos se presentan en el Cuadro Nº 4, destacandose el río Huertas, qda. Los Layos, Salitral, Chuquimango, Chiminote, Las Viejas, etc. Siendo el pueblo de Chilete, el más afectado (río Huertas).

Se localizan dos zonas con deslizamientos de importancia: Sector de Magdalena-qda. Tallal y el sector de Gavilan, afectan a la carretera a Cajamarca y terrenos de cultivo. Se localizan también otras zonas como la qda. Cuzcuden y en el corte de la nueva carretera a Cajamarca. (área del vaso de la Represa de Gallito Ciego).

Los fenómenos de erosión de laderas y erosión fluvial, se han localizado en varias zonas de la cuenca, principalmente en las riberas de la cuenca media del río Jequetepeque.
Se han detectado derrumbes y desprendimientos de roca, que afecta, con mayor incidencia, a la carretera Pacasmayo-Cajamarca: Km 60+000, (sector El Pongo), Km 86+000, Km 87+600, tramo km 90+000 al 92+800, tramo Gallito Ciego-Tembladera, sector La Arenita, sector Quina-Quina.

Los riesgos por inundaciones, han disminuido en la cuenca baja por la construcción de la Represa de Gallito Ciego. En la cuenca media, las áreas más afectadas son las cercanas a las riberas del río (terrenos de cultivo: arrozales) como en los sectores adyacentes al Km 84+000.

El arenamiento o migracion de arenas es uno de los fenómenos que más afecta a la llanura aluvial y a las áreas costeras. Los lugares más afectados son: Balnearios Boca del Río y Santa Elena, Santa María, Hornito, San Rafael; al SE de San Jose, alrededores de San Pedro de LLoc, pampas de Mamá Brígida y al sur de Pacasmayo.

11 En todos los fenómenos de geodinámica externa mencionados, el hombre, es el factor desestabilizante de mayor incidencia por el mal uso de las aguas de regadio, técnicas inapropiadas de sembrio, taludes carreteros mal diseñados, construcciones en lugares inestables, invación de cauces, etc.

12 En la cuenca, el periodo medio de recurrencia de un sismo, de las características del que ocurrió el 31 de Mayo de 1970 (con daños en Pacasmayo y sentido en casi toda el área de la cuenca), es de 24 años. Esta fuente (F02) es la más activa, con sísmos de 4.8 ms cada dos días.

13 La cuenca de acuerdo al Riesgo Geodinámico, se ha zonificado de la siguiente manera:

<u>ZONA A:</u> De muy alto riesgo geodinámico: Se localizan las áreas más críticas de la cuenca (Sector Chilete, Sector El Mirne-Guana Guana, etc.

<u>ZONA B:</u> Zona de alto riesgo geodinámico: Principalmente Huaycos (flujos de barro). Esta localizada en los principales valles de la cuenca.

ZONA C: Zona de riesgo geodinámico medio: En las partes altas de la cuenca (reptaciones de suelo, soliflucción, erosión por carcavas, etc) y la pampa aluvial (arenamientos, dunas)

ZONA D: Zona de riesgo geodinámico bajo: Localizada principalmente en las partes altas de la cuenca y en la llanura aluvial.

14 La carretera Pacasmayo-Cajamarca, de 160 km de longitud, está asfaltada en su totalidad; salvo algunos sectores donde fenómenos de geodinámica externa la han dañado, principalmente por falta de mantenimiento, mala construcción y falta de esstudios geológico-geodinámicos detallados.

De igual manera, es notorio en toda la cuenca, el mal estado de las trochas y caminos vecinales debido a los factores arriba mencionados.

15 De acuerdo a la Evaluación geodinámica y de seguridad física de los centros poblados en la cuenca, se ha encontrado que los poblados de Chilete (huaycos), Llallan (huaycos con lluvias excepcionales), Platanar (huaycos), San Juán (asentamientos, deslizamientos), Tembladera (huaycos) son los más afectados en la cuenca. Los flujos hídricos (huaycos, flujos de barro), son los que más afectan a centros poblados.

16 Un ejemplo a seguir, en el aspecto de Ordenamiento Territorial y Planificación Urbana, es el realizado en el poblado de Ciudad de Dios (Nuevo Tembladera), en el cual se reubicaron los pueblos de Tembladera (un sector), Montegrande, Chungal y San Mateo; a raíz de la construcción de la Represa de Gallito Ciego.

17 La Represa de Gallito Ciego, puede tener problemas de sedimentación, sobre todo en épocas de lluvias excepcionales, donde la ocurrencia de huaycos y deslizamientos es mayor, considerando que que varias quebradas son potencialmente activas (qda. Monte Grande, etc), así como la inestabilidad creada con la construcción de la nueva carretera en el sector del embalse.

18 El análisis del Impacto Ambiental, permite localizar en la cuenca los siguientes sectores con problemas: Area de influencia de la fábrica de Cemento Pacasmayo, cantera Tembladera, Mina Paredones-La Ponderosa (relaves), desertificación, tala indiscriminada de bosques naturales en el sector de la llanura aluvial, sub cuencas de El Mirne, Huertas, San Pablo, etc., y Represa de Gallito Ciego.

RECOMENDACIONES

1 Es importante que el SENAMHI, ponga en operatividad las estaciones paralizadas desde antes de 1984: San Jose, Pacasmayo, Tembladera, Llagaden, Asunción, Trinidad, Yamagual y Chepen. Ya que el control hidrológico es importante para el mantenimiento de la Represa de Gallito Ciego, así como para la planificación y control de las labores agrícolas, que en la cuenca tienden a incrementarse.

2 Evaluar los recursos de agua subterránea en el valle aluvial del río Jequetepeque, con la finalidad de conocer las características hidrodinámicas e hidroquímicas de la napa, volúmen almacenado y planificar su posterior utilización en la ampliación de la frontera agrícola, en concordancia con las aguas de la Represa de Gallito Ciego; así como su uso doméstico e industrial.

3 Ya que los factores "antrópicos" son los que más afectan al medio ambiente; se recomienda instruir a la población sobre el tema, principalmente lo relacionado a: invasión de cauces de quebradas y ríos (poblados, terrenos agrícolas, etc), forestación y desforestación, uso adecuado del agua de regadio, corte en taludes naturales, etc.

4 En el capítulo 9.4 se dan algunas pautas y recomendaciones para la evaluación del "impacto ambiental", que es necesario tener en cuenta.

5 El uso racional de los recursos y la conservación o mejoramiento del ambiente natural, debe ser preocupación prioritaria de las autoridades, tanto a nivel local como regional.

6 Realizar estudios detallados de Ingeniería Geológica en las áreas críticas localizadas:

A1: Sector río San Miguel
A2: Sector Chilete
A3: Sector El Mirne-Guana Guana
A4: Sector Choten-El Gavilán
A5: Sector Represa Gallito Ciego (márgen derecha)

7 La cuenca cuenta con recursos turísticos y económicos de importancia, para una mejor explotación de estos, es necesario mejorar la infraestructura vial y dotarla de un **mantenimiento adecuado y constante**. Estas acciones se deben realizar, tanto, en la carretera principal (Pacasmayo-Cajamarca), como en las trochas vecinales.

8 Se deben realizar estudios Geodinámicos-Geotécnicos y de Seguridad Física puntuales en los centros poblados de: Chilete, Llallan, Platanar, San Juan y Tembladera.

9 En el capítulo 9.6 se recomiendan diferentes técnicas y diseño de obras, como medida de conservación y protección a los diferentes tipos de fenómenos de geodinámica externa. Estos tienen una característica principal: su bajo costo.

10 En el INGEMMET se cuenta con la infraestructura necesaria para realizar los estudios geodinámicos, geotécnicos y de ingeniería de proyecto a nivel ejecución, para centros poblados y obras de ingeniería.

B I B L I O G R A F I A

AGID Report Nº13: Environmental Geology and Natural Hazards of the Andean Region. Memorias: I Seminario Andino de Geología Ambiental, I Conferencia Colombiana de Geología Ambiental, III Conferencia de Riesgos Geológicos del Valle de Aburra. Medellin Colombia. 1990

Cossío A., Jaen H. Geología de los Cuadrángulos de Poémape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa. INGEMMET.

Duran Valsero, J.J.; Elizaga Muñoz, E; Garzón Heydt, G.: Geología y Prevención de Daños por Inundación. Instituto Geológico y Minero de España. 1985

Dourojeanni R., Axel: Marco Referencial para el Desarrollo, Uso y Conservación de los Recursos Hidráulicos. 1979

Heras, Rafael: Recursos Hidráulicos. CPCICCP. Madrid - España. 1983

IGME. Mapa Geotécnico General. Sta. Cruz de La Palma, San Sevastián de la Gomera. Madrid - España. 1976

IGME. Mapa Geotécnico para Ordenación Territorial y Urbana de Cordova. Madrid - España

INGEMMET. Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Santa. S.Dávila, R. Aniya, L. Fídel, etc. 1984

Linsley Jr, Ray K. Hidrología para Ingenieros. Mac Graw-Hill. Segunda Edición

Naciones Unidas. Prevención y Mitigacíon de Desastres. Volúmen 2. Aspectos Hidrológicos. New York. 1977

Reyes L.: Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. INGEMMET 1980

Rodrigues Maio, Celeste: Parametros Geomorfologicos na Identificacao de Areas Homogeneas. Cadernos de Geociencias Nº5. Brasil 1988

SENAMHI: Boletines Metereológicos e Hidrológicos

Silgado F. E. Historia de los Sismos más Notables ocurridos en el Perú, período 1513-1974. (1978)

Tecnología de la Ciudad. TECNIBERIA. Madrid - España 1983

UNICEF, PRONAMAHCCS, PRONNDES: Ministerio de Agricultura. Folletos de Divulgación para Protección de Laderas.

Wilson, J. : Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendin, Pacasmayo y Chepen. INGEMMET 1984

Foto 1: Ribera litoral y acantilados, fin de la Unidad Pampa Costanera. Al fondo Pacasmayo.

Foto 2: Unidad Geomorfológica Pampa Costanera

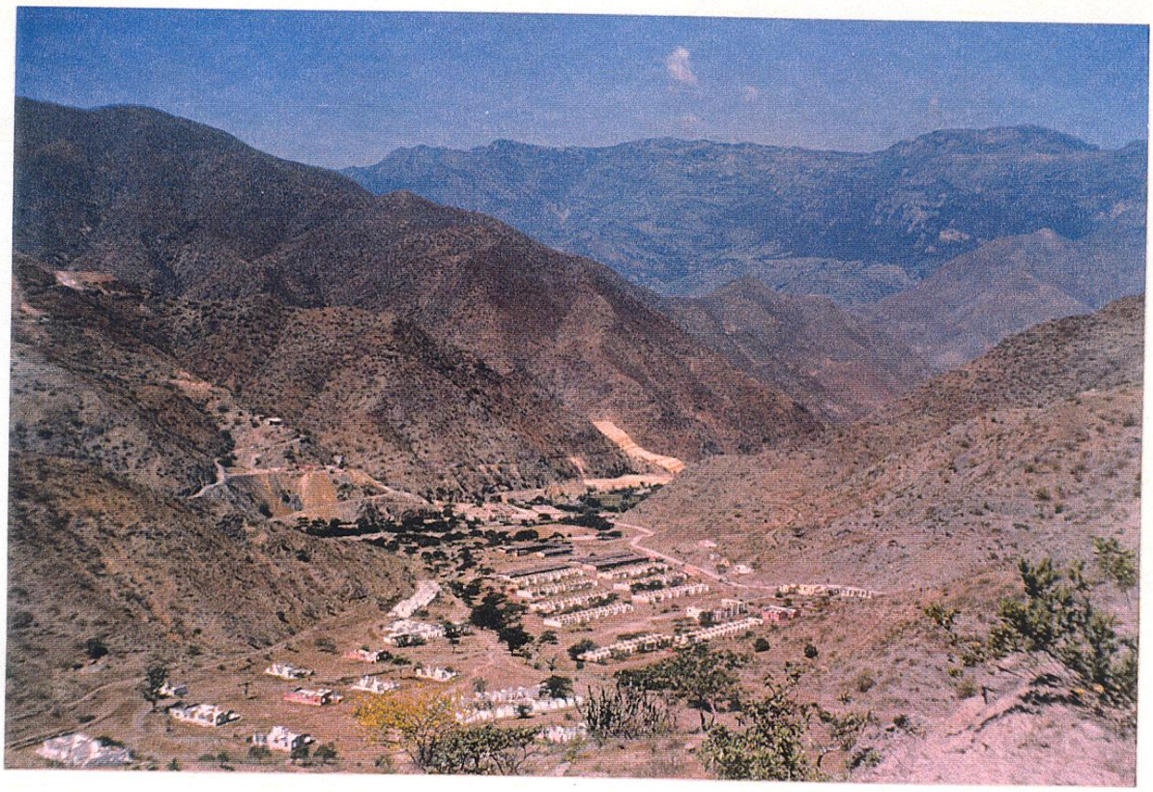


Foto 3: Región Arida Andina. Mina Paredones (abandonada), al fondo y al centro la presa de relaves.

Foto 4: Región Andina: Fisiografía de gran parte de la cuenca media y alta. Al fondo Choropampa.

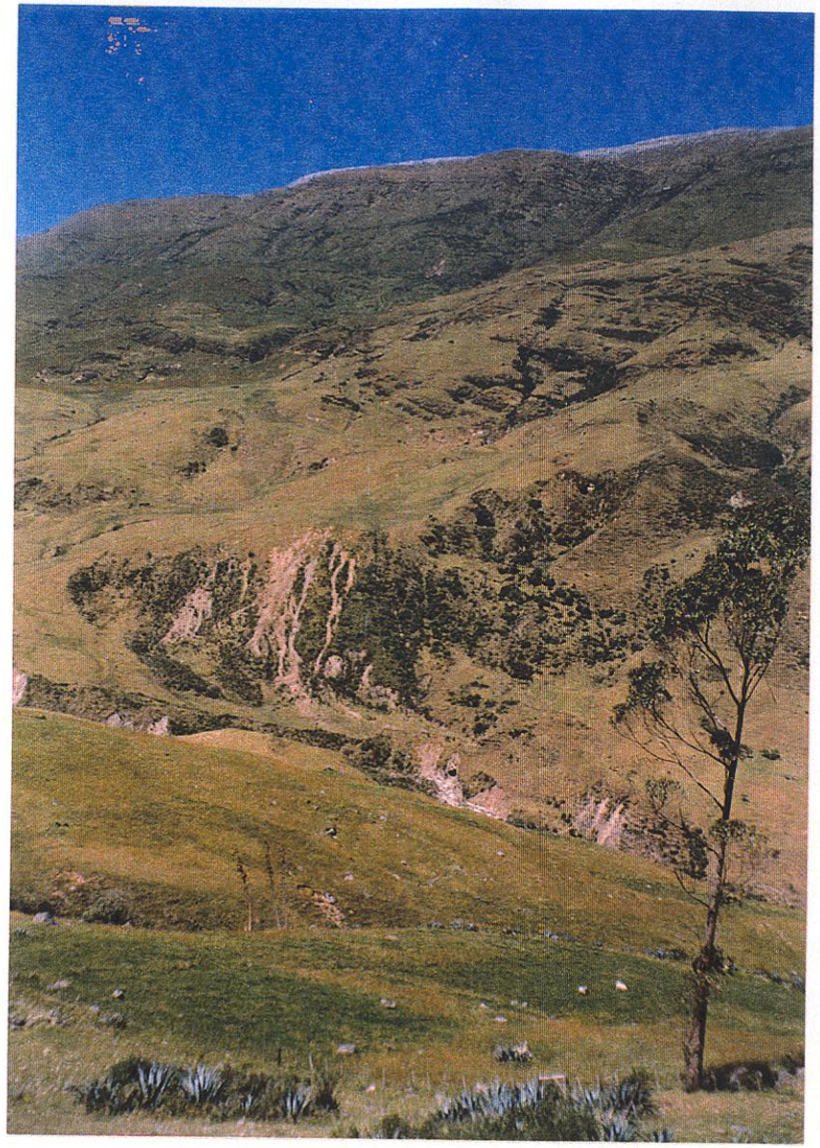


Foto 5: Región Andina Superior. Trocha a Huacraucro. Reptación de suelos

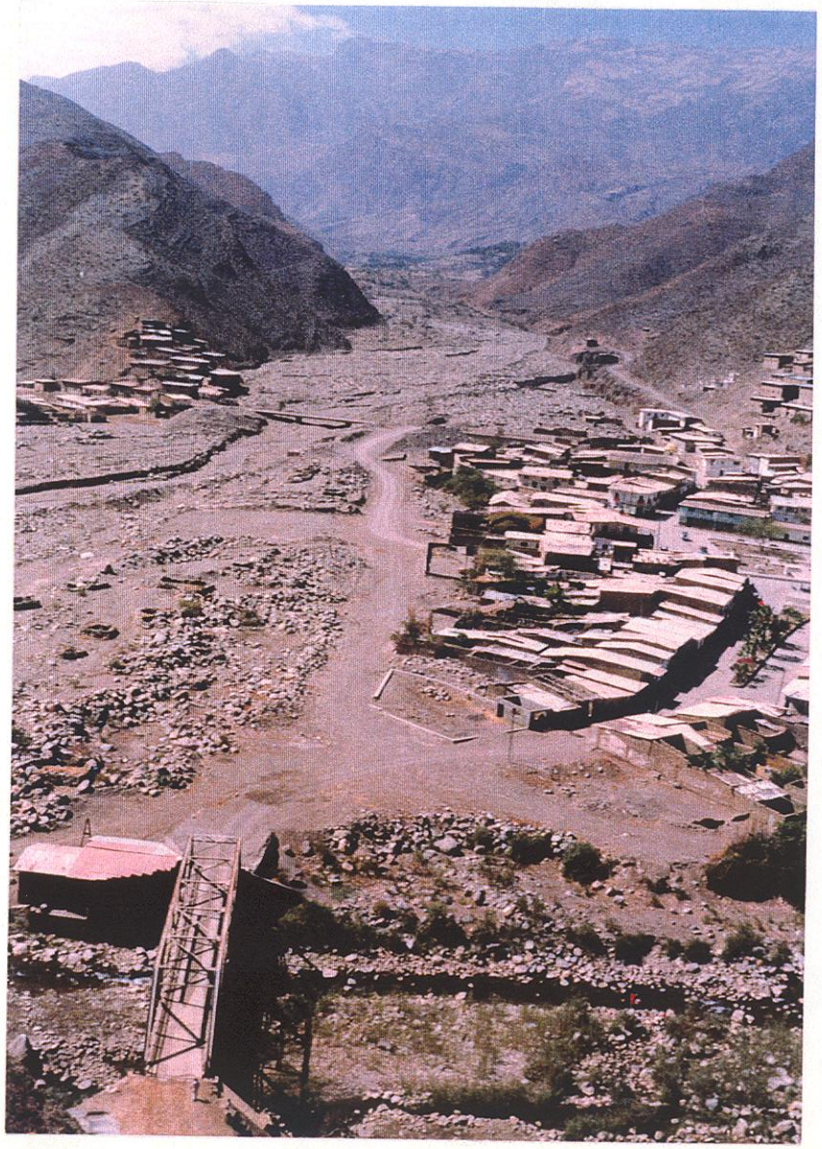


Foto 6: Zona Crítica A2: Chilete, huaycos y erosión de riberas.

Foto 7: Mal diseño de alcantarilla. Se observa la magnitud del huayco comparado con el diámetro de la alcantarilla.

Foto 8: Deslizamiento. Km 119+000 de la Carretera a Cajamarca, sector Guana-Guana. Zona Crítica A3

Foto 9: Deslizamiento ocasionado por la construcción de la presa y la carretera en el Sector Gallito Ciego. Zona Crítica A5

Foto 10: Deslizamientos en el Sector Mirne. Zona Crítica A3

Foto 11: Derrumbes y deslizamientos en la Qda. Magdalena

Foto 12: Deslizamientos en el Km 141+000 de la Carretera Pacasmayo-Cajamarca. Sector el Gavilán, Zona Crítica A4

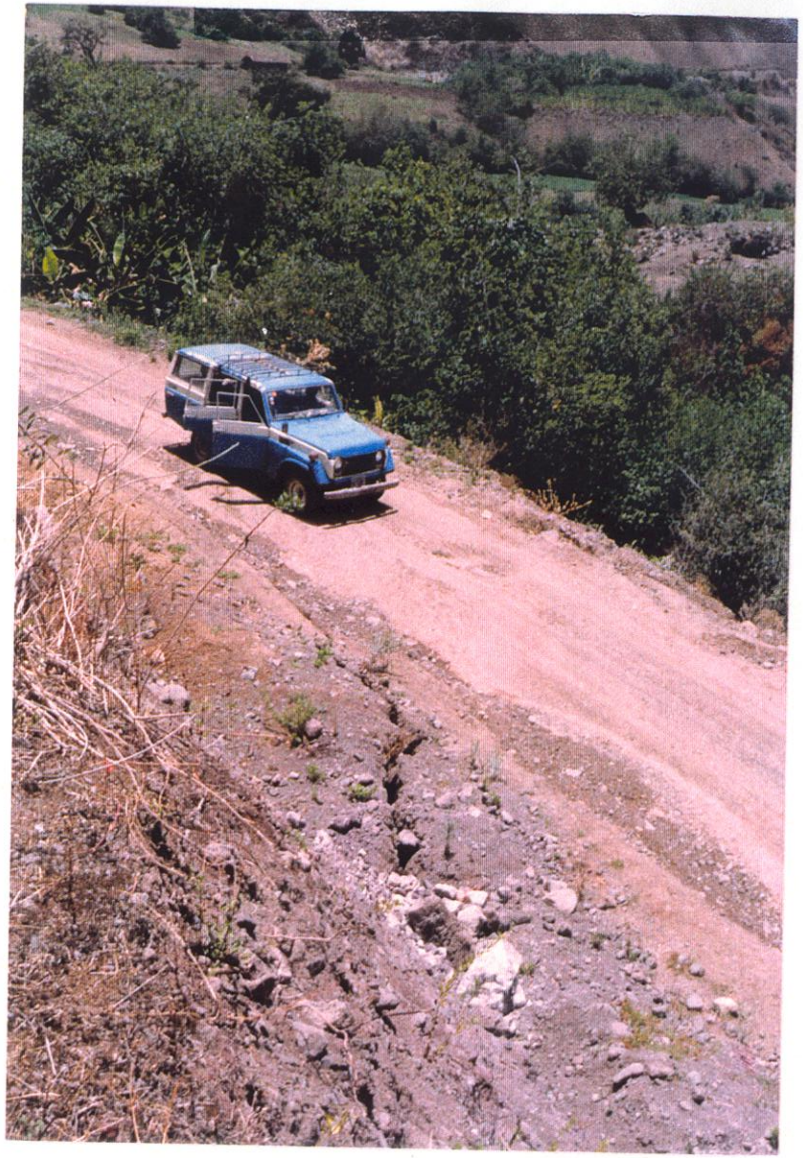


Foto 13: Deslizamiento en la Qda. Cuzcuden río San Miguel, Zona Crítica A1

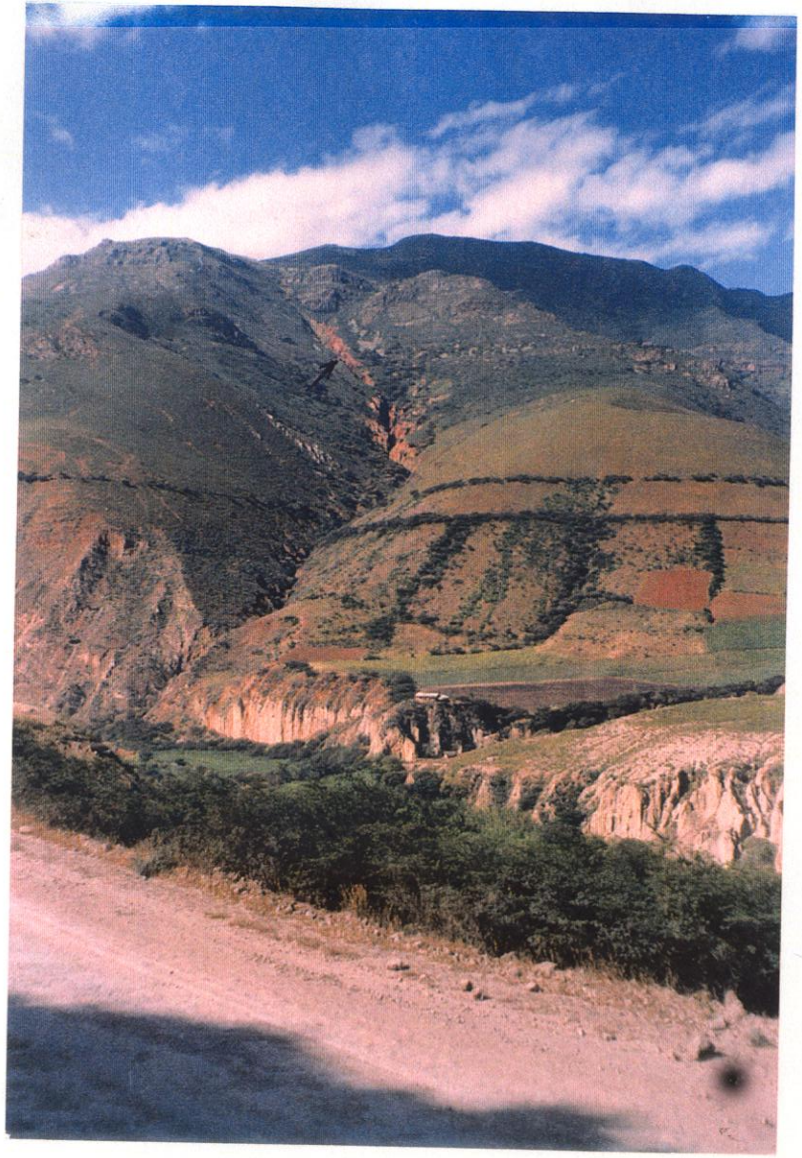


Foto 14: Qda. La Zanjita: Erosión en cárcavas

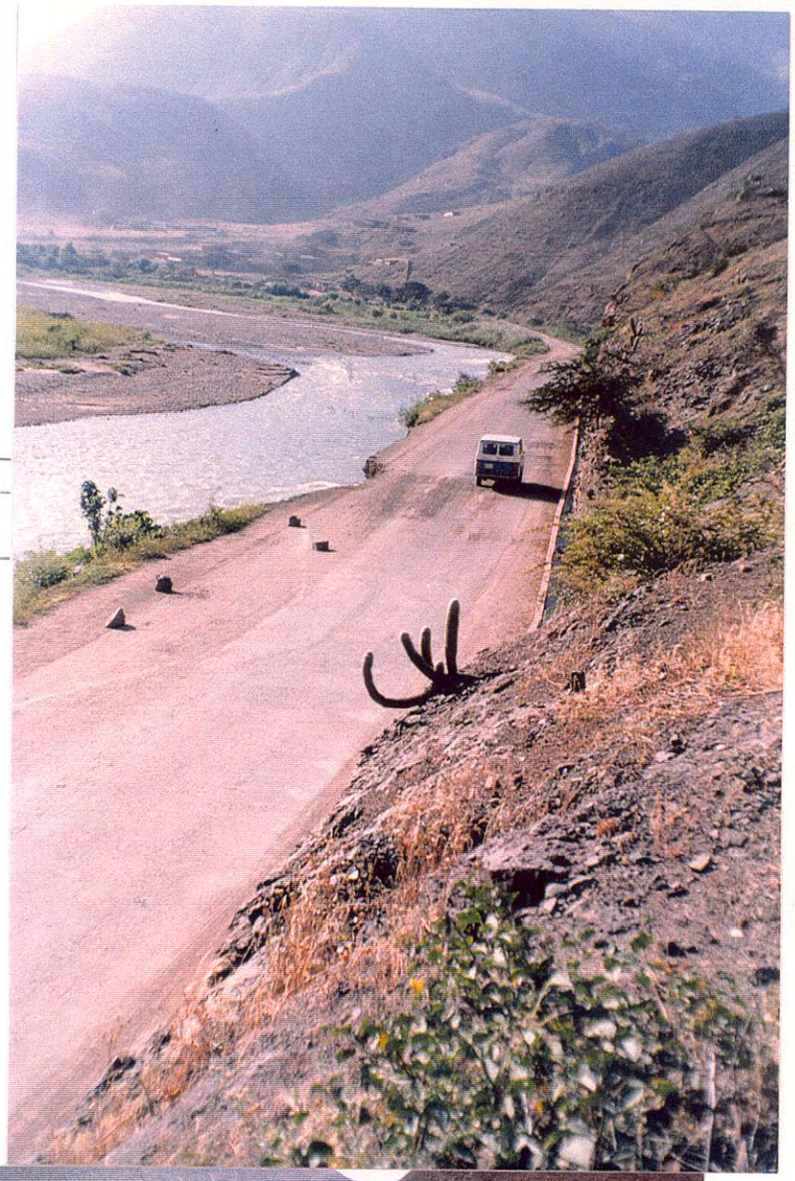


Foto 15: Erosión de riberas, aguas arriba de Chilete, peligra carretera asfaltada.

Foto 16: Qda. Yamichan, río San Pablo. Fuerte erosión de riberas.

Foto 17: Trocha Viroton-Catan: derrumbes falta total de conservación

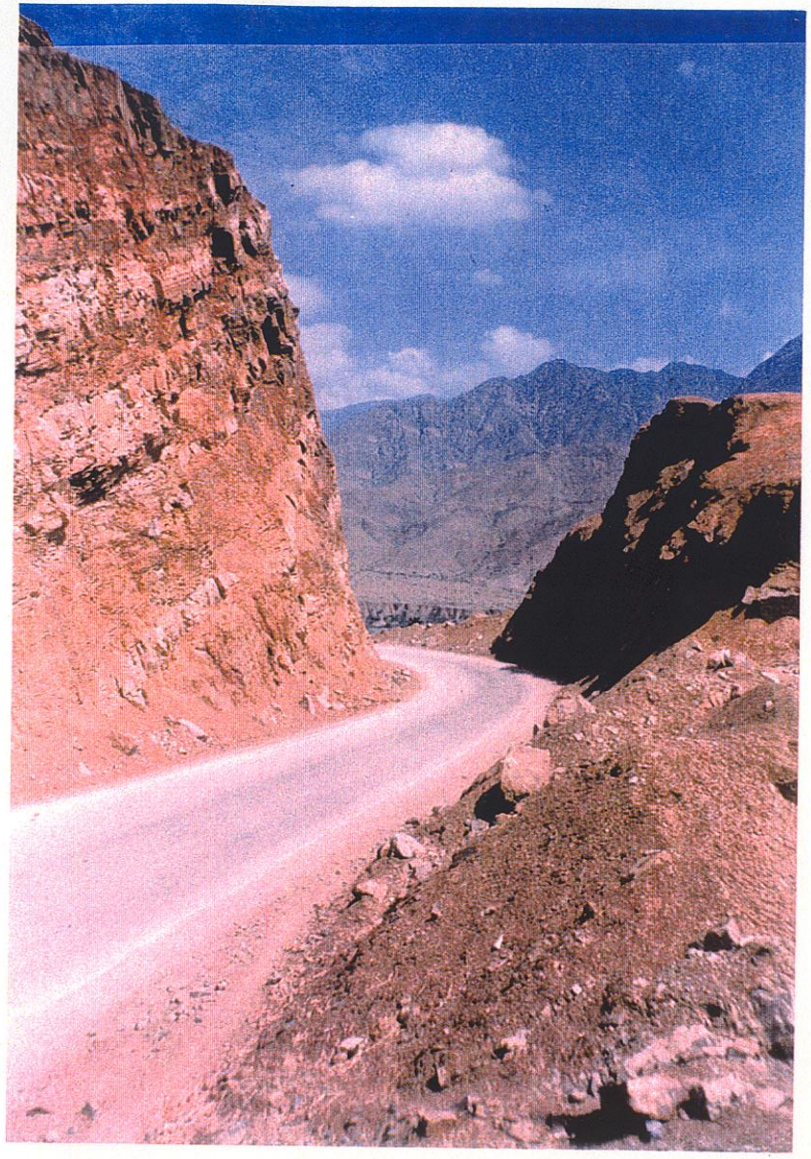


Foto 18: Taludes inestables, posibles derrumbes. Sector Tembladera

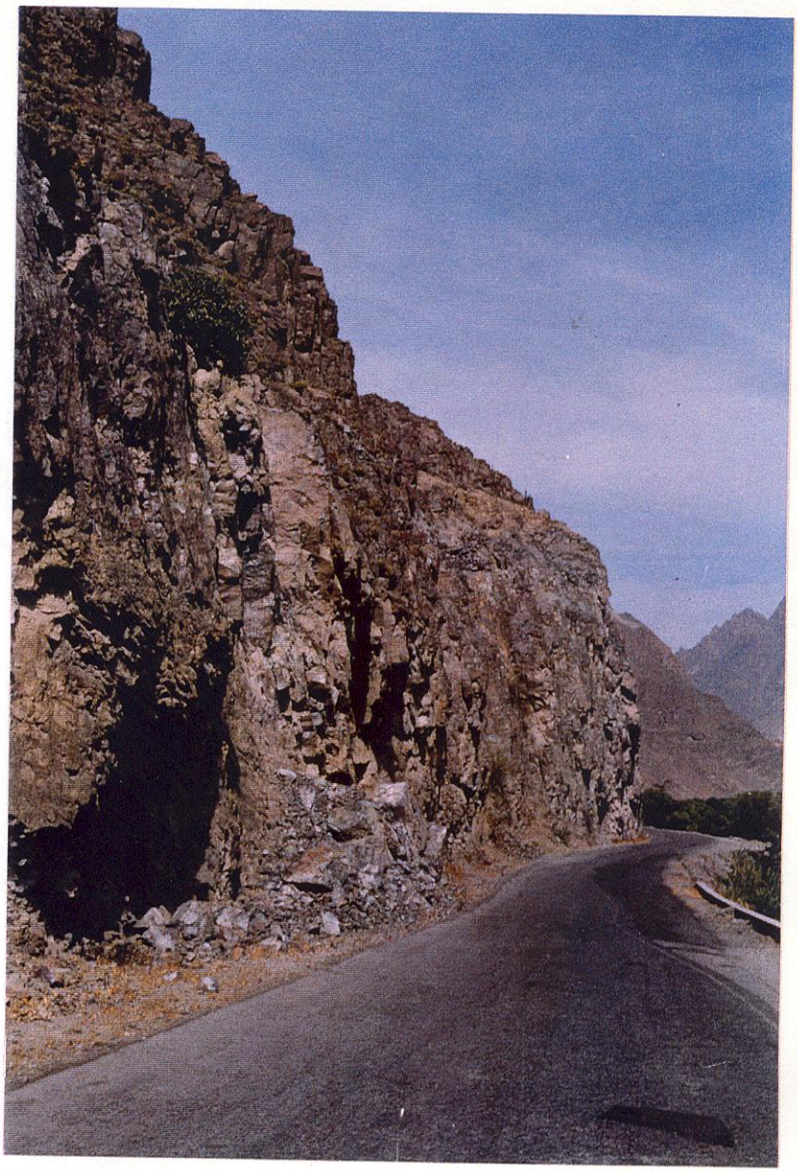


Foto 19: Taludes de corte inestables, cerca a Monte Nazario, Frente a la Qda. Quina Quina

Foto 20: Area inundable. Cuenca media. Aguas arriba del Fundo La Paloma.

Foto 21: Intensos arenamientos en el Balneario de Santa Elena.

Foto 22: Dunas reactivadas por la deforestación, al SE de San Jose. Valle Aluvial

P A R T I C I P A C I O N

El presente trabajo ha sido realizado por la Dirección de Geotecnia, de la Dirección General de Geología del INGEMMET y estuvo a cargo de los siguientes profesionales:

-Ing. Lionel Fidel Smoll

-Ing. Pedro Olivares Ballena

Revisión y aprobación del Informe:

-Ing. Antonio Guzmán Martinez : Director de Geotécnia

-Ing. Oscar Palacios Moncayo : Director General de Geología

INFORMES SIMILARES CONCLUIDOS POR LA DIRECCION DE GEOTECNIA

Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Chillon (Dpto. de Lima)

Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Mantaro (Dptos. de Junin y Huancavelica)

Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río San Juan (Dptos. Ica, Junín y Huancavelica)

Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Pisco (Dptos. de Ica y Huancavelica)

Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Pativilca (Dptos. de Ancash y Lima)

Estudio Geodinámico del Río Cañete (Dpto. de Lima)

Estudio Geodinámico del Río Santa (Dptos. Ancash y La Libertad)

Estudio Geodinámico del Río Rímac (Dpto. Lima)

Estudio Geodinámico del Río Huaura (Dpto. de Lima)

Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Piura (Dpto. de Piura). Inédito

Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Casma-Sechin (Dpto. de Ancash). Inédito

INFORMES SIMILARES EN PROCESO

Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Lurin (Dpto. de Lima)

Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Chancay-Huaral (Dpto. de Lima)

Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Camana-Majes (Río Colca) (Dpto. de Arequipa)

Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Ica (Dptos. de Ica y Huancavelica)