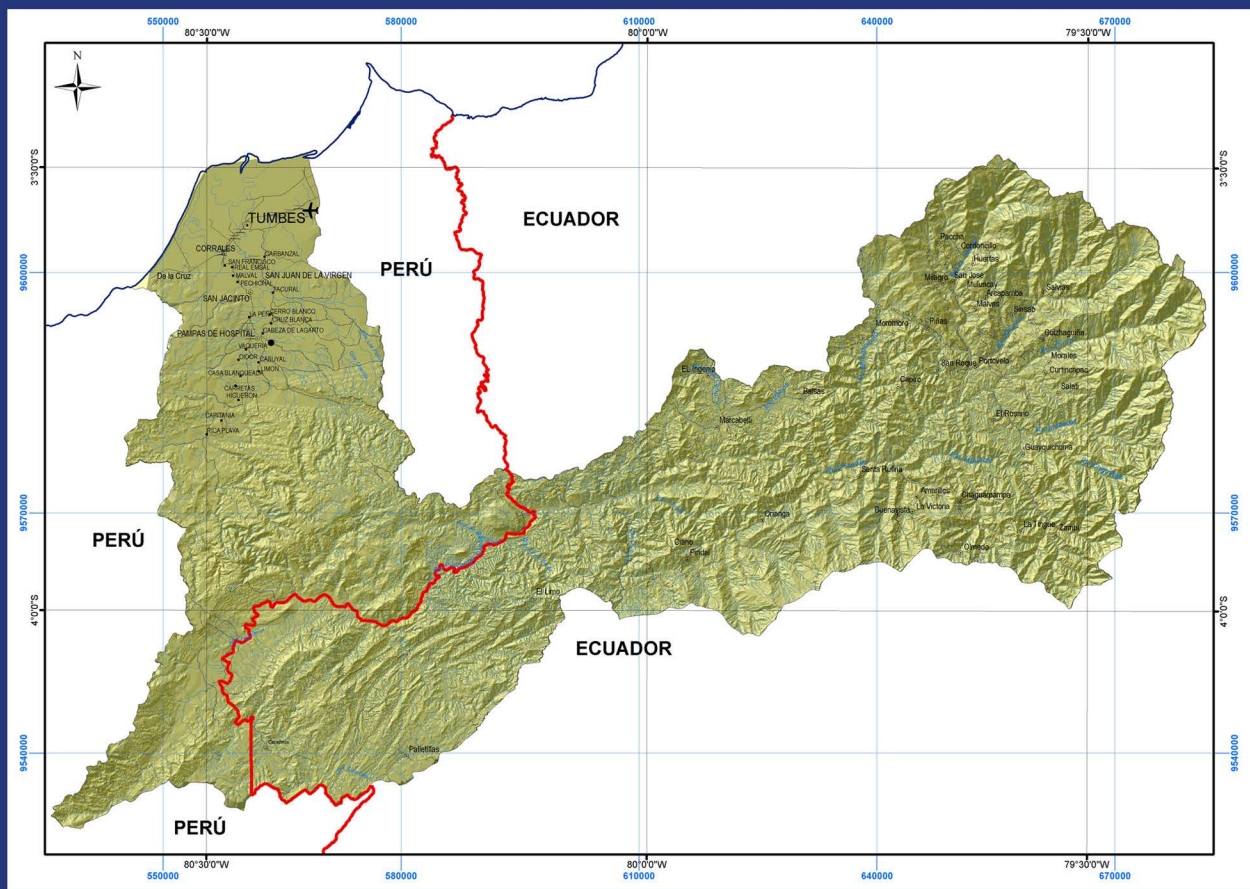


Estudio Geoambiental de la Cuenca del Río Puyango-Tumbes

Boletín N° 32 Serie C
Geodinámica e Ingeniería Geológica



Por:
Segundo Núñez Juárez
Juan Zegarra Loo



Dirección de Geología Ambiental

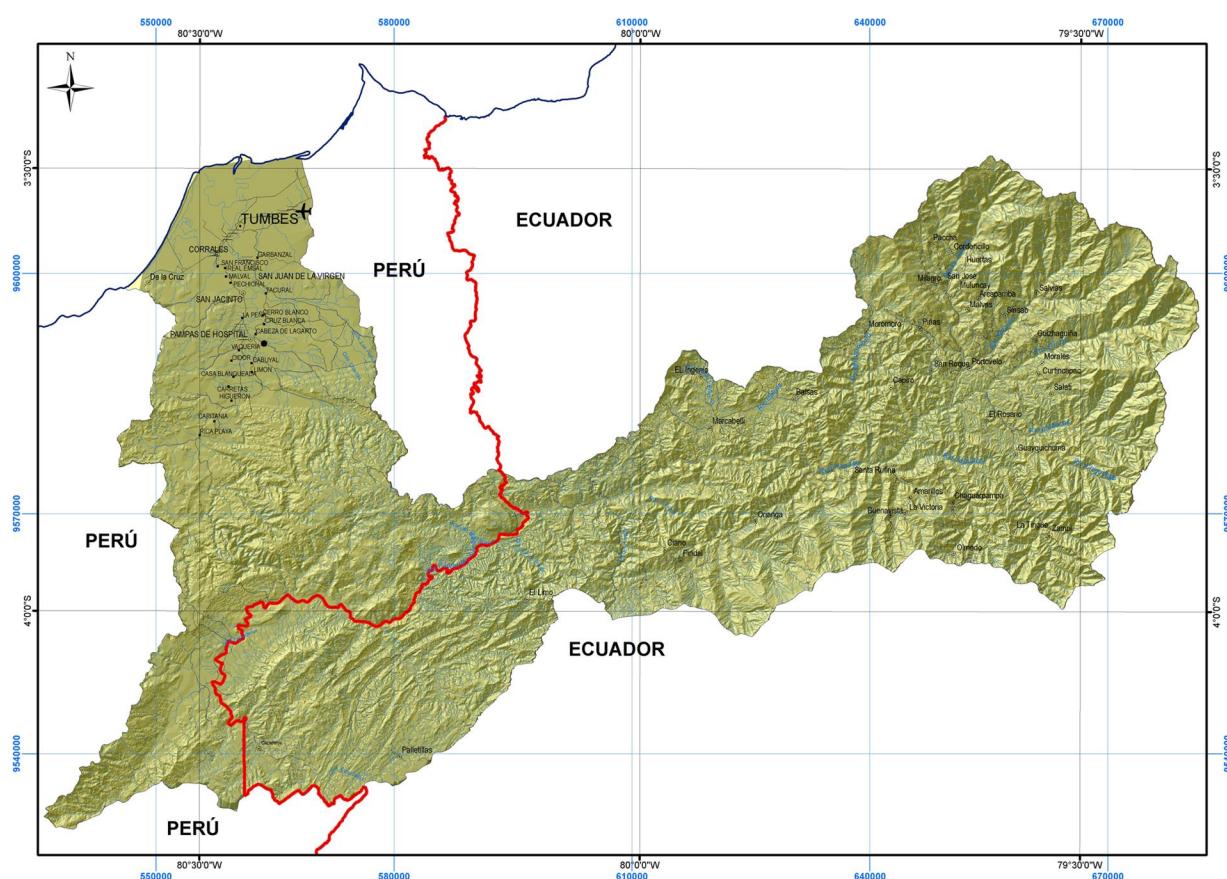
Institución Geocientífica al Servicio del País

Lima-Perú
2006

Estudio Geoambiental de la Cuenca del Río Puyango-Tumbes

Boletín N° 32 Serie C

Geodinámica e Ingeniería Geológica



Por:

Segundo Núñez Juárez

Juan Zegarra Loo



Dirección de Geología Ambiental

Institución Geocientífica al Servicio del País

Lima-Perú
2006

GEODINÁMICA E INGENIERÍA GEOLÓGICA
N° 32, Serie C, 2006

Hecho el Depósito Legal N° 2006-6387
Razón Social: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
(INGEMMET)
Domicilio: Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima-Perú
Primera Edición, INGENMET 2006
Se terminó de imprimir el 10 de agosto del año 2006 en los
talleres de INGENMET

© INGENMET

Derechos Reservados. Prohibida su reproducción

Presidente del Consejo Directivo: Ing. Víctor Lay Biancardi
Director Ejecutivo: Dr. José Macharé Ordóñez
Director Geocientífico: Dr. Víctor Carlotto Caillaux

Comité Editor: José Macharé O., Víctor Carlotto C., Lionel
Fidel S., Hernando Núñez del Prado, Humberto Chirif R.,
Francisco Herrera R.

Unidad encargada de la edición: Oficina de Relaciones
Institucionales y Cooperación

Corrección Geocientífica: Víctor Carlotto C., Lionel Fidel S.
y Antonio Guzmán M.
Digitalización y SIG: Javier Hernández A., Samuel Lu L.
Corrección gramatical y de estilo: Juan Torres R.
Diagramación: Zoila Solis

Referencia bibliográfica

Núñez, S.; Zegarra, J. 2006, Estudio Geoambiental de la
Cuenca Puyango - Tumbes.
INGEMMET, Serie C. Geodinámica e Ingeniería Geológica,
N° 32, 222p., 14 mapas escala 250 000.

Portada: Área geográfica cubierta por el estudio

Contenido

RESUMEN	1
CAPÍTULO I	3
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO II	7
MARCO GEOGRÁFICO	7
CAPÍTULO III	9
CONTEXTO METEOROLÓGICO Y CLIMA	9
CAPÍTULO IV	27
CONTEXTO HIDROLÓGICO	27
CAPÍTULO V	41
CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO	41
CAPÍTULO VI	53
ASPECTOS LITOLÓGICOS	53
CAPÍTULO VII	61
PELIGROS NATURALES	61
Segundo Núñez Juárez, Juan Zegarra Loo & Walter Pari Pinto	
CAPÍTULO VIII	127
SUSCEPTIBILIDAD A LOS PELIGROS	127
CAPÍTULO IX	133
RECURSOS Y POTENCIALIDADES DEL TERRITORIO DE LA CUENCA	133
CAPÍTULO X	149
IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS	149
CAPÍTULO XI	183
VULNERABILIDAD DE LA CUENCA Y ZONAS CRÍTICAS	183
CONCLUSIONES	209
BIBLIOGRAFÍA	211

RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES

Mapa escala 1:250 000

Lámina N° 1	Mapa de Isoyetas de Precipitaciones
Lámina N° 2	Mapa de Isoyetas de Precipitación para el fenómeno El Niño 1982/1983
Lámina N° 3	Mapa de Isoyetas de Precipitación para el fenómeno El Niño 1997/1998
Lámina N° 4	Mapa Hidrogeológico
Lámina N° 5	Mapa Geomorfológico
Lámina N° 6	Mapa Pendientes
Lámina N° 7	Mapa Litológico
Lámina N° 8	Mapa de Inventario de Peligros Geológicos
Lámina N° 9	Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de Suelos
Lámina N° 10	Mapa de Susceptibilidad de los Terrenos a Movimientos en Masa
Lámina N° 11	Mapa de Susceptibilidad a Erosiones e Inundaciones Fluviales
Lámina N° 12	Mapa de Isoaceleraciones para 30 años
Lámina N° 13	Mapa de Isoaceleraciones para 50 años
Lámina N° 14	Mapa de Isoaceleraciones para 100 años

Figuras

Figura N° 1	Mapa de ubicación
Figura N° 2	Mapa ecológico
Figura N° 3	Variación del cuace del río Tumbes (entre 1961 y 2000)
Figura N° 4	Desarrollo geomorfológico dinámico del área de Puerto Pizarro
Figura N° 5	Mapa de líneas isosistas del terremoto del 12 de diciembre de 1953
Figura N° 6	Mapa de líneas isosistas del terremoto del 9 de diciembre de 1970
Figura N° 7	Mapa de distribución de máximas intensidades
Figura N° 8	Mapa de distribución de sismos del Perú y perfil sísmico AB
Figura N° 9	Mapa de zonificación sísmica del Perú
Figura N° 10	Curva de peligro anual-Caletá Cruz
Figura N° 11	Mapa de población y densidad poblacional
Figura N° 12	Mapa de áreas protegidas y patrimonio
Figura N° 13	Mapa de muestreo de aguas superficiales y resultados de análisis químicos
Figura N° 14	Mapa de muestreo de aguas superficiales y resultados de metales pesados
Figura N° 15	Diagrama de Piper de las muestras tomadas en la cuenca del río Puyango-Tumbes
Figura N° 16	Diagrama de Piper de las muestras tomadas en la cuenca del río Puyango-Tumbes
Figura N° 17	Diagrama de Piper de las muestras tomadas en la cuenca del río Puyango-Tumbes

- Figura N° 18 Diagrama logarítmico de Schoeller para potabilidad de muestras de agua de la cuenca del río Puyango-Tumbes
- Figura N° 19 Diagrama logarítmico de Schoeller para potabilidad de muestras de agua de la cuenca del río Puyango-Tumbes
- Figura N° 20 Diagrama logarítmico de Schoeller para potabilidad de muestras de agua de la cuenca del río Puyango-Tumbes

Gráficos

- Gráfico N° 3.1 Precipitaciones promedio anuales de 53 estaciones.
- Gráfico N° 4.1 Histograma de caudales medios en la estación El Tigre.
- Gráfico N° 4.2 Curva de duración de descarga media anual.
- Gráfico N° 9.1 Población peruana en la cuenca Puyango-Tumbes.
- Gráfico N° 9.2 Densidad poblacional de la cuenca Puyango-Tumbes (parte peruana).
- Gráfico N° 9.3 Distribución de la población económicamente activa por actividad.
- Gráfico N° 9.4 Relación de la población rural y urbana de la cuenca Puyango-Tumbes (parte peruana).

Cuadros

- Cuadro N° 3.1 Estaciones climatológicas de Perú-Ecuador.
- Cuadro N° 3.2 Valores de precipitación anual para cada estación.
- Cuadro N° 3.3 Precipitación media anual en estaciones representativas.
- Cuadro N° 3.4 Precipitación media mensual según altitud.
- Cuadro N° 3.5 Distribución de las precipitación media anual, mínima y máxima.
- Cuadro N° 3.6 Precipitaciones mensuales representativas (mm).
- Cuadro N° 3.7 Análisis de las isoyetas para períodos normales de la cuenca, (30 años).
- Cuadro N° 3.8 Precipitaciones acumuladas (setiembre–mayo) durante el fenómeno El Niño de los años 1982/83 y 1997/98.
- Cuadro N° 3.9 Precipitaciones máximas en 24 horas registradas en algunas de las estaciones de la cuenca y aledañas.
- Cuadro N° 3.10 Fenómenos El Niño de 1847-1998.
- Cuadro N° 3.11 Temperatura promedio anual, cuenca Puyango-Tumbes.
- Cuadro N° 3.12 Valores de temperatura media mensual según altitud.
- Cuadro N° 3.13 Zonas de Vida.
- Cuadro N° 4.1 Descargas mínimas mensuales registradas en la estación El Tigre (período 1963-2001).
- Cuadro N° 4.2 Descargas máximas mensuales registradas en la estación El Tigre (período 1963-2001).
- Cuadro N° 4.3 Descargas medias mensuales registradas en la estación El Tigre (período 1963-2001).
- Cuadro N° 4.4 Descargas máximas instantáneas registradas en la estación El Tigre (período 1979-2003).
- Cuadro N° 4.5 Descarga media anual (QMA) y probabilidad de ocurrencia $QMA = \dot{Q} >$, estación El Tigre, años característicos.
- Cuadro N° 4.6 Información para curva de duración anual, río Tumbes. Estación El Tigre, período 1963-2001.
- Cuadro N° 4.7 Descarga media diaria (QMD) y probabilidad de ocurrencia $QMD = \dot{Q} >$. Estación El Tigre, años característicos.
- Cuadro N° 4.8 Caudales máximos instantáneos registrados, estación El Tigre (1963-2003).
- Cuadro N° 4.9 Análisis de extremos, caudales máximos para diferentes períodos de retorno, estación El Tigre, río Tumbes.
- Cuadro N° 4.10 Características morfológicas de la napa freática de la cuenca del río Puyango–Tumbes.
- Cuadro N° 4.11 Uso de aguas subterráneas en la cuenca del río Tumbes.

- Cuadro N° 4.12 Variación de la conductividad eléctrica por distrito en la provincia de Tumbes.
- Cuadro N° 4.13 Variación del pH por distrito en la provincia de Tumbes.
- Cuadro N° 4.14 Agrupación de las formaciones geológicas según litología.
- Cuadro N° 7.1 Distribución del inventario de peligros geológicos según su tipo y distribución espacial.
- Cuadro N° 7.2 Cronología y relato histórico de los principales peligros geológicos.
- Cuadro N° 7.3 Distribución de los peligros de remoción en masa.
- Cuadro N° 7.4 Descripción de los principales deslizamientos.
- Cuadro N° 7.5 Descripción de los principales derrumbes.
- Cuadro N° 7.6 Descripción de los principales huaycos.
- Cuadro N° 7.7 Descripción de los principales flujos de lodo.
- Cuadro N° 7.8 Principales erosiones de ladera de la cuenca.
- Cuadro N° 7.9 Movimientos complejos importantes de la cuenca.
- Cuadro N° 7.10 Principales caídas de rocas en la cuenca.
- Cuadro N° 7.11 Principales zona inundables de la cuenca.
- Cuadro N° 7.12 Principales fenómenos de erosión fluvial que afectan a la cuenca.
- Cuadro N° 7.13 Descripción de los datos macrosísmicos ocurridos en la región norte.
- Cuadro N° 7.14 Clasificación del factor detonante (sismicidad).
- Cuadro N° 7.15 Sismos causantes de tsunamis ocurridos en el norte del Perú (cuenca Puyango-Tumbes).
- Cuadro N° 7.16 Ciudades de la costa norte del Perú que reportaron tsunamis originados en otras regiones.
- Cuadro N° 8.1 Escalas útiles para mapas
- Cuadro N° 8.2 Parámetros y sus porcentajes.
- Cuadro N° 8.3 Categorías de susceptibilidad de la cuenca Puyango-Tumbes.
- Cuadro N° 8.4 Categorías de susceptibilidad para huaycos y flujos de lodo.
- Cuadro N° 8.5 Criterios empleados para designar el grado de susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial.
- Cuadro N° 9.1 Proyección de la población de 1999 al 2010.
- Cuadro N° 10.1 Número de minas (bocaminas) en el distrito minero Portovelo–Zaruma (Ecuador), según el censo minero de 1995-1996 y correcciones posteriores.
- Cuadro N° 10.2 Uso agrícola del suelo en la provincia de El Oro (Ecuador) y departamento de Tumbes (Perú).
- Cuadro N° 10.3 Área cultivada en el valle del río Puyango-Tumbes (parte peruana).
- Cuadro N° 10.4 Resumen del nivel tecnológico de producción.
- Cuadro N° 10.5 Número de unidades agropecuarias, superficie total y promedio en el departamento de Tumbes.
- Cuadro N° 10.6 Población pecuaria del departamento de Tumbes – 1994.
- Cuadro N° 10.7 Generación de residuos sólidos en las principales ciudades de la cuenca del río Puyango–Tumbes.
- Cuadro N° 10.8 Otras fuentes de contaminación en la cuenca Puyango–Tumbes.
- Cuadro N° 10.9 Código, ubicación y fecha de muestreo de las muestras de agua tomadas en la cuenca del río Puyango–Tumbes.
- Cuadro N° 10.10 Resultados de los análisis químicos por cationes y aniones de muestras de agua de la cuenca del río Puyango–Tumbes.

- Cuadro N° 10.11 Resultados de los análisis químicos por metales pesados de muestras de agua de la cuenca del río Puyango-Tumbes.
- Cuadro N° 10.12 Estándares internacionales de calidad de aguas para uso doméstico y agrícola – riego.
- Cuadro N° 10.13 Estándares de pH permisibles para uso doméstico, agrícola y riego.
- Cuadro N° 10.14 Valores de pH, TDS y CE, tomados en muestras de agua recolectadas en la cuenca del río Puyango-Tumbes.
- Cuadro N° 10.15 Relación de adsorción de sodio en muestras de la cuenca del río Puyango-Tumbes.
- Cuadro N° 10.16 Clasificación por relación de adsorción de sodio (SAR), riesgo de salinización y alcalinización basada en el laboratorio de Riverside (USA).
- Cuadro N° 11.1 Vulnerabilidad de centros poblados.
- Cuadro N° 11.2 Vulnerabilidad de obras de ingeniería no lineales.
- Cuadro N° 11.3 Descripción de zonas críticas.

RESUMEN

El presente estudio es una investigación geoambiental desarrollada para la cuenca binacional Puyango - Tumbes en el norte del Perú, cuya extensión es de 5 530 km² y cubre territorios de Perú y Ecuador. El estudio ha sido desarrollado bajo los alcances del Proyecto Multinacional Andino, con la finalidad de generar información científica sobre los peligros geológicos y las características geoambientales de la cuenca, y así proporcionar a las autoridades de cada país, la base científica necesaria para los trabajos de prevención ante la posibilidad de ocurrencia de desastres naturales y para fines de ordenamiento territorial.

El 66% del territorio de esta cuenca pertenece a Ecuador y el 34% a Perú, la población peruana es de 147 330 habitantes según el Censo de INEI del año 2002 y la población ecuatoriana asciende a 116 221 habitantes según Censo de 2001. La principal ciudad peruana es Tumbes, capital del departamento y las ciudades más representativas de Ecuador son Piñas, Zaruma, Portovelo y Balsas. Las principales actividades económicas son la agricultura, ganadería, pesca, comercio e industria. La minería está fundamentalmente relacionada al territorio ecuatoriano en las provincias de El Oro y Loja, donde se ha registrado la ocurrencia de 395 bocaminas activas y 164 abandonadas, todas a nivel de pequeña escala, que en 1999 produjeron 50 mil onzas de oro fino; la explotación se realiza en forma artesanal sin mayor cuidado con la emisión de contaminantes.

La región de Tumbes en épocas pasadas ha sido duramente afectada por fenómenos geológicos naturales como deslizamientos, inundaciones, erosión fluvial, entre otros, sobre todo en épocas de ocurrencia del fenómeno El Niño de los años 1982/1983 y 1997/1998, eventos que causaron grandes pérdidas a la economía de esta región. La actividad sísmica en épocas pasadas también ha sido igualmente fuerte, habiéndose registrado desde 1619 sismos y terremotos que afectaron duramente a la región, como lo demuestra la tabla de datos macrosísmicos que se publica en este boletín.

Por ello, el INGEMMET a través de la Dirección de Geología Ambiental ha llevado a cabo este proyecto de investigación, en coordinación con la Dirección Nacional de Geología del Ecuador (DINAGE), compilando en campo y procesando en gabinete un total de 379 peligros registrados, de los cuales, 163 están en

territorio peruano y 216 en Ecuador. Esta información ha servido de base para el análisis y preparación de los mapas de susceptibilidad a múltiples peligros.

El estudio se ha efectuado en cinco etapas de gabinete y tres de campo. En gabinete, compilando y procesando datos, utilizando para ello técnicas computacionales y sistemas de información geográfica, y en campo los geólogos efectuaron detallados acopios de información y mediciones para lograr la mejor representatividad de la geodinámica de la cuenca.

Las rocas presentes en la zona, son sedimentarias, volcánicas, intrusivas, volcánico-sedimentarias y metamórficas, las cuales presentan diferente comportamiento geotécnico de acuerdo a sus características y las condiciones climáticas donde se encuentran. Las rocas metamórficas e intrusivas que afloran en la cuenca alta son muy inestables, generalmente presentan deslizamientos, movimientos complejos y derrumbes. Las rocas sedimentarias en la cuenca baja son inconsolidadas, las que se ubican en la cuenca alta son consolidadas pero muy alteradas. Las rocas volcánicas están conformadas por tobas alteradas. Las rocas intrusivas y volcánico-sedimentarias se encuentran muy alteradas por las propias características climatológicas de la región.

Se han distinguido las siguientes unidades geomorfológicas: faja litoral, planicie costanera, lomadas, colinas y montañas, las cuales están surcadas por ríos y quebradas.

En la cuenca baja los peligros geológicos más saltantes son los flujos que afectan a los centros poblados y carreteras de acceso, especialmente cuando ocurre el fenómeno El Niño. Los deslizamientos y derrumbes también existen, siendo el más importante el de Caleta Cruz.

En el análisis de la susceptibilidad de la cuenca a los peligros geológicos se han tenido en cuenta los fenómenos registrados en la base de datos, los factores condicionales del terreno como litología, pendiente, hidrogeología, geomorfología, cobertura vegetal y uso de suelo, y mediante el uso del sistema de información geográfica se han definido las áreas según el grado de susceptibilidad. Igualmente se estimó la susceptibilidad a las inundaciones y erosión fluvial.

Se analiza luego los recursos y potencialidades de la cuenca, que significan la base de las actividades económicas primarias, la industria de artesanías, la pesca, la industria de langostinos y los recursos geoculturales como los espacios protegidos y la biodiversidad, resaltando la importancia de las áreas protegidas como el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, el Bosque petrificado de Puyando en Ecuador, el Parque Nacional de Amotape ubicado en la margen izquierda del río Tumbes y la Zona Reservada de Tumbes creada en 1994, lugar que construye el hábitat de numerosas especies animales y vegetales en peligro de extinción, todas ellas constituyen valioso patrimonio para ambos países y para la humanidad en general.

El estudio también analiza el impacto de las diversas actividades humanas en la cuenca, sobre todo los pasivos ambientales generados por la actividad minera, la actividad agrícola, la disposición de los residuos sólidos urbanos y la contaminación que viene generando en diversos lugares de la cuenca, afectando en muchos casos la calidad del agua, para lo cual se han tomado muestras en diversos lugares para caracterizarlas en función a

los parámetros de calidad estipulados por la Ley General de Aguas.

Finalmente, se analiza la vulnerabilidad de la cuenca con relación a los peligros naturales, teniendo en cuenta la ubicación de los centros poblados, obras de infraestructura como carreteras, presas, puentes, obras de ingeniería no lineales, describiendo las zonas críticas desde el punto de vista de la vulnerabilidad y los daños ocasionados, proporcionando recomendaciones de prevención para cada caso.

De esta manera, este estudio podrá servir de base a las autoridades regionales en la planeación de los grandes proyectos de desarrollo, a los Municipios de la región para fines de ordenamiento territorial y el manejo más ordenado de la deposición de residuos sólidos con el objeto de evitar la contaminación ambiental, a las autoridades mineras para la prevención de la contaminación ambiental por desechos propios de esta actividad, a las empresas para la mejor realización de las obras de desarrollo y a la población en general para aprender a convivir con la naturaleza, y lograr de esta manera una calidad de vida más segura.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el presente estudio geoambiental de la cuenca Puyango-Tumbes se da principal importancia a los fenómenos geológicos e hidrometeorológicos que afectan a la cuenca, que causan grandes daños a las poblaciones y obras de infraestructura ubicadas en las zonas ribereñas del río Tumbes, sus tributarios, así como en su entorno.

OBJETIVOS

Objetivo General

Estudiar y evaluar la problemática geoambiental de la cuenca de este río que nace en territorio del Ecuador. En la zona baja, en territorio peruano presenta problemas de inundación y desbordes que comprometen la seguridad física de los pueblos y obras de infraestructura ubicados en su ribera, otro objetivo es detectar los problemas de contaminación ambiental.

Objetivos Específicos

- Confeccionar una base de datos georeferenciada de los peligros geológicos presentes en la cuenca.
- Cartografiar los peligros geológicos en la cuenca.
- Identificar las áreas con mayor ocurrencia, magnitud e influencia de los peligros geológicos y las causas que los originan.
- Determinar la susceptibilidad de la cuenca a procesos de movimientos en masa, inundaciones y erosión fluvial que sirva para los planes de ordenamiento territorial de la cuenca.
- Buscar alternativas de solución para atenuar los efectos de los peligros geológicos sobre la población u obra de infraestructura.
- Ayudar a mejorar la calidad de vida de la población de la cuenca.

ANTECEDENTES

El presente estudio ha sido realizado por la Dirección de Geología Ambiental del INGEMMET, enmarcándose dentro de los proyectos de integración fronteriza entre Perú y Ecuador.

El Proyecto Multinacional Andino (PMA-GCA) ha apoyado la ejecución de este estudio brindando asesoramiento técnico parcial.

La cuenca Puyango-Tumbes comprende territorios de Perú y Ecuador, la parte peruana corresponde a la provincia de Tumbes y parte de la provincia de Sullana; en zona ecuatoriana abarca parte de las provincias de El Oro y Loja. El área de la cuenca es de 5 530 km² el río tiene un recorrido total de 532 km desde sus nacientes hasta su desembocadura en el océano Pacífico.

La población de la cuenca en la parte peruana, según las proyecciones del INEI al año 2002 es de 147 330 habitantes.

El crecimiento de las ciudades y los pueblos de la cuenca debería ser ordenado y controlado en zonas menos vulnerables, es necesario evitar o saber convivir con peligros geológicos.

En la parte baja de la cuenca se encuentran extensas áreas de terrenos de cultivos, dedicados principalmente a la siembra de arroz y plátano, generando en el primer caso un incremento de la salinización de suelos.

La cuenca cuenta con recursos turísticos de gran potencial que merecen una amplia difusión para su aprovechamiento ecoturístico. Así, en la parte peruana se encuentran los manglares de Tumbes, la zona reservada del cerro Los Amotapes y de Playa Hermosa. En la parte ecuatoriana el bosque petrificado de Puyango.

En la parte ecuatoriana, entre Portovelo, Zaruma y Galeras, se ha observado actividad minera aurífera informal muy acentuada, que produce desechos (relaves y botaderos), que son arrojados a las quebradas o a los ríos Amarillo o Galeras, sin control alguno en las labores que efectúan.

En la cuenca está ocurriendo una intensa deforestación, principalmente en la parte media y alta por un mal manejo de la agricultura. Muchos de los bosques son quemados y con el tiempo se convierten en terrenos áridos por pérdida de los suelos, esto es un factor para el incremento de fenómenos geodinámicos.

En la parte baja de la cuenca (manglares), se desarrolla desde hace muchos años una intensa actividad de la industria langostinera, la cual efectúa pozas de diferentes dimensiones (por Ej. de 20 m x 50 m) donde se vierte agua proveniente de los esteros, observándose en varios lugares el abandono de estas pozas. Cuando se evapora el agua vertida, queda una costra de sal, haciendo a los suelos inservibles para uso agrícola.

El clima en la parte costera es semiseco, su temperatura oscila entre 18 °C y 39 °C, en la parte alta (ecuatoriana) tiene un promedio de 22 °C («Estudio de Prefactibilidad Para Obras Hidrológicas del Río Puyango–Tumbes» PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL, 2002). Las precipitaciones totales anuales en la zona de costa llegan a 300 mm y en la parte alta hasta 2 800 mm, esto en lo referente a años normales; las precipitaciones se incrementan cuando ocurre el fenómeno El Niño.

METODOLOGÍA

El presente informe está enfocado mayormente a la parte peruana, incluyendo en algunos capítulos la parte ecuatoriana cuando se contó con información.

El trabajo se ha programado en las siguientes etapas:

I Etapa: Gabinete I

- Recopilación de información existente
- Selección de la información obtenida
- Preparación de mapas bases, planteando los puntos del inventario de los peligros geológicos (Base de Datos).
- Interpretación de imágenes satelitales.

II Etapa: Campo I (parte peruana)

- Realizado entre abril y mayo de 2004 (30 días)
- Entrevista con autoridades del Gobierno Local de Tumbes y del Proyecto Binacional Puyango-Tumbes.
- Recopilación de información de entidades públicas y privadas del área de trabajo.
- Verificación de los peligros geológicos planteados en gabinete.
- Inventario de peligros geológicos e hidrometeorológicos.
- Inventario y evaluación de la seguridad física de las obras de infraestructura y centros poblados.
- Muestreo de aguas superficiales (ríos y quebradas).
- Determinación de posibles áreas críticas.

III Etapa: Gabinete II

- Selección de la información bibliográfica obtenida en campo
- Envío de muestras de aguas obtenidas en campo para su respectivo análisis.
- Interpretación de los resultados obtenidos en campo.

- Ingreso de información a la base de datos de los peligros geológicos e hidrometeorológicos para la cuenca Puyango-Tumbes.

IV Etapa: Campo II

- Realizado en julio de 2004 (25 días).
- Continuación del inventario de peligros geológicos e hidrometeorológicos, evaluación de obras de infraestructura y centros poblados.
- Recolección de muestras de aguas de las nuevas áreas visitadas.
- Visita a la zona ecuatoriana, para coordinar los próximos trabajos de campo.
- Replanteo de los mapas de peligros.

V Etapa: Gabinete III

- Envío de muestras de aguas para su respectivo análisis.
- Interpretación de datos obtenidos en campo.
- Interpretación de resultados de las muestras de aguas.
- Elaboración preliminar del Mapa Litológico.

VI Etapa: Campo III

- Realizado entre noviembre y diciembre (20 días), en forma conjunta entre INGEMMET y los representantes ecuatorianos de DINAGE y PREDESUR.
- Muestreo de aguas principalmente, en las áreas urbanas y áreas comprometidas con actividades mineras.
- Inventario de peligros geológicos e hidrometeorológicos.
- Evaluación de centros poblados.

VII Etapa: Gabinete IV

- Envío de muestras de aguas al laboratorio, para su respectivo análisis.
- Interpretación de los resultados obtenidos en laboratorio.
- Elaboración de los siguientes mapas temáticos: geomorfológico, litológico, pendientes, modelo de elevación digital (DEM), peligros geológicos e hidrometeorológicos, peligro sísmico, susceptibilidad.
- Redacción del informe final.

PARTICIPACIÓN

En el presente trabajo han intervenido los siguientes profesionales:

- Ing. Antonio Guzmán M. Coordinador
- Ing. Segundo Núñez Juárez Jefe de Proyecto
- Ing. Juan Zegarra Loo Asistente
- Ing. Walter Pari Pinto Peligro sísmico
- Bach. Richard Farfán Saénz Asistente de Campo.
- Ing. Marcelo Oleans Colaborador en los
trabajos de campo de la
parte ecuatoriana.

CAPÍTULO II

MARCO GEOGRÁFICO

UBICACIÓN DE LA CUENCA

La cuenca está ubicada en el departamento de Tumbes en Perú y las provincias de El Oro y Loja en Ecuador (Figura N° 1).

Geográficamente se encuentra entre las siguientes coordenadas:

9 530 000 N	9 615 000 N
535 900 E	681 500 E

Con una extensión total de 5 530 km², de los cuales el 65 % es ecuatoriana (3 594,5 km²) y el 35 % es peruana (1 935,5 km²), el río tiene un recorrido de 532 km desde Portovelo hasta su desembocadura en el océano Pacífico.

A la parte peruana se accede por vía aérea a la ciudad de Tumbes, que cuenta con el aeropuerto Internacional CAP. FAP Pedro Canga Rodríguez y por vía terrestre por la Carretera Panamericana Norte, de la cual salen varios ramales, unos asfaltados y otras son trochas afirmadas que conducen al interior de la cuenca baja y media.

Hacia el lado ecuatoriano se accede por vía terrestre mediante carreteras asfaltadas, como la vía Puyango–Loja, Puyango–Alamor, Piñas–Alamor, Piñas–Paccha, Marcaveli–Balsas, Balsas–Piñas–Zaruma, Balsas–Portovelo–Zaruma, de las cuales salen varios ramales como carreteras afirmadas que conducen al interior de las cuencas media y alta.

OCUPACIÓN ANTRÓPICA

En la cuenca baja se ubica la ciudad de Tumbes, en la margen derecha del río del mismo nombre. Entre otros asentamientos poblacionales destacan: San Juan de la Virgen, Pampas de Hospital, San Jacinto y San Pedro de los Incas. Estos están desarrollándose a lo largo de las riberas del río Tumbes. Muchos de ellos deforestando las zonas aledañas en su afán de expansión.

Puerto Pizarro, es otra zona de expansión urbana que se encuentra ubicada aledaña a los manglares, los habitantes de esta área están dedicados a la producción de langostinos y conchas negras.

La mayoría de la población tumbesina se dedica a la agricultura (producción de arroz y plátanos), otra a la producción de langostinos.

Está ocurriendo un constante cambio en el uso de suelos con una intensa tala y quema de bosques naturales para obtener suelos agrícolas, originando como consecuencia muchas zonas de deforestas, donde los suelos son fácilmente erosionables. Este cambio de uso del suelo se está acentuando más en la parte ecuatoriana.

La industria langostinera desde hace mucho tiempo se sigue desarrollando en zonas aledañas a los esteros, ocupando grandes espacios terrestres para la producción de langostinos. Cuando son abandonados estos espacios se produce una salinización de los suelos, dejándolos inservibles para la agricultura.

En la parte ecuatoriana los pueblos más desarrollados son Portovelo, Zaruma, Balsas y Marcavelí, los cuales se están expandiendo en forma desordenada. En las dos primeras poblaciones, sus habitantes se dedican a la explotación de oro en forma artesanal, lo cual trae muchos problemas ambientales como la contaminación de aguas y suelos, y la deforestación.

En la cuenca media y alta (Ecuador), existe un deterioro constante por la tala de los bosques naturales para convertirlos en pastizales, o terrenos agrícolas, sin un sentido técnico.

La deforestación ocasiona que en tiempos de lluvia, las aguas laven los suelos, produciendo mucha sedimentación en la parte baja de la cuenca, generando problemas para cualquier obra de irrigación que se quiera realizar. Otro problema generado es el incremento de los fenómenos geodinámicos en estas zonas.

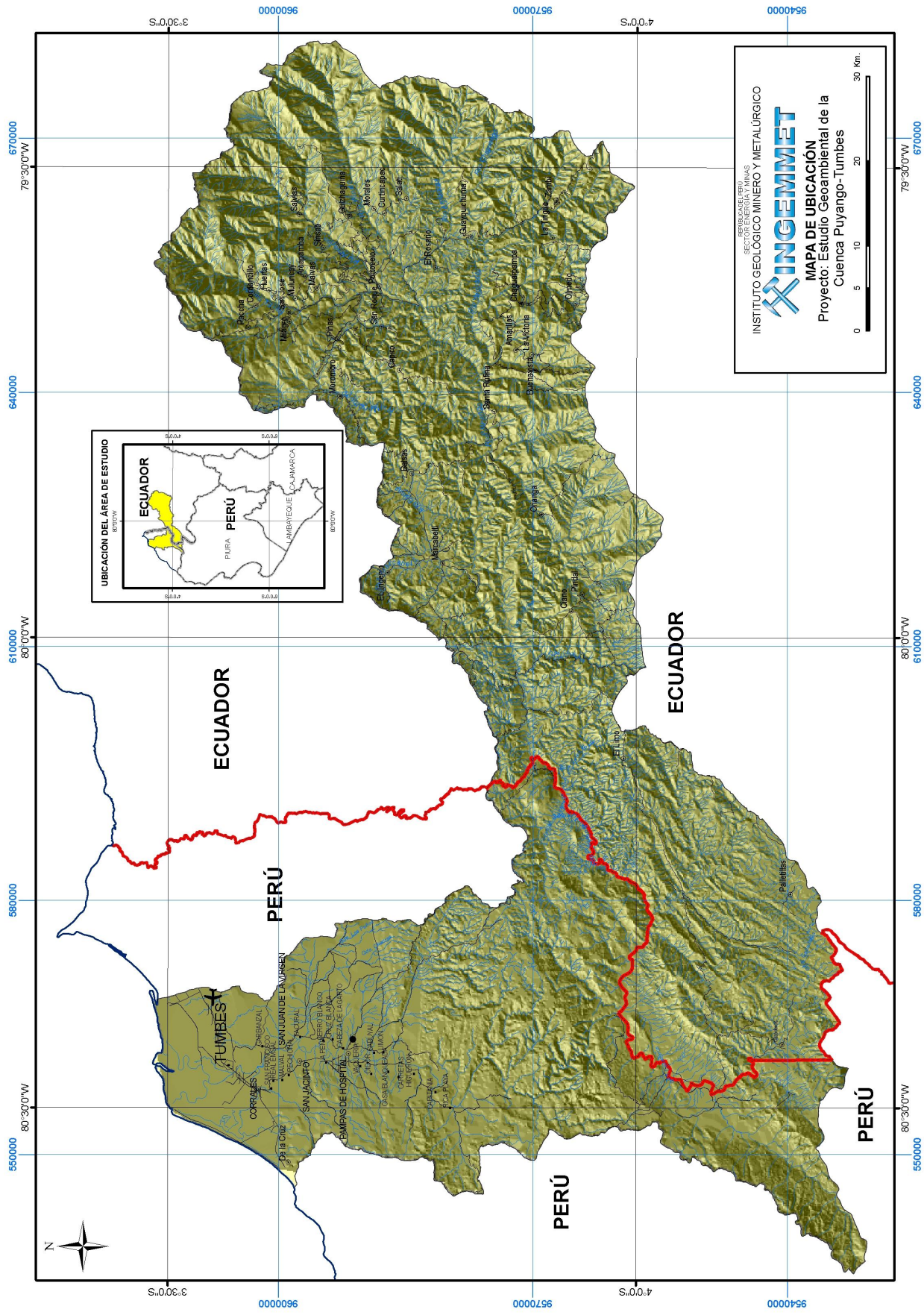


Fig. N° 1

CAPÍTULO III

CONTEXTO METEOROLÓGICO Y CLIMA

ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS Y CLIMATOLÓGICAS

Para el análisis de las precipitaciones de la cuenca se han considerado un total de 49 estaciones en una área de 5 530 km², lo que da una densidad de 113,5 km²/estación, quedando así dentro del margen según las recomendaciones de la Organización Mundial de Meteorología (OMM), de 500 km²/estación. («Estudio de Pre-Factibilidad Para Obras Hidrológicas del Río Puyango-Tumbes» PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL, 2002).

Para el análisis de las precipitaciones del fenómeno El Niño del año 1982/1983 se han tomado datos de 40 estaciones, con una densidad de 139 km²/estación, y para el fenómeno El Niño 1997/98 se han tomado datos de 36 estaciones, lo que da una densidad de 154 km²/estación, quedando dentro de los parámetros establecidos por la OMM.

Para el análisis de las precipitaciones medias anuales, se dispone de la siguiente información: 34 estaciones pluviométricas (PLU), 10 estaciones ordinarias (CO) y 5 estaciones climatológicas principales (CP), lo cual hace un número de 49 estaciones.

En el Cuadro N° 3.1 se muestran la distribución de las estaciones:

Cuadro N° 3.1
Estaciones climatológicas de Perú-Ecuador

Tipo de estaciones	N° de estaciones		
	Perú	Ecuador	Total
Pluviométricas	9	25	34
Climatológica Ordinaria	6	4	10
Climatológica Principal	2	3	5
Total	17	32	49

PRECIPITACIONES

Precipitación Anual

La precipitación en la cuenca principalmente ocurre en los meses de enero a marzo, concentrándose en este período el 85 % a 90 % de la precipitación total anual.

Las precipitaciones totales anuales en la cuenca presentan valores promedio de 300 mm en la parte baja, a 1 150 mm en la parte media en el sector peruano, llegando hasta 2 600 mm, en las zonas altas montañosas del sector ecuatoriano.

Para la precipitación media anual de la cuenca se han analizado un total de 53 estaciones, de las cuales 44 se ubican dentro de la cuenca y 9 aledañas a ella.

Las precipitaciones en la cuenca, siempre se presentan bajas en la parte peruana (cuenca baja) y altas en el lado ecuatoriano (parte media y alta de la cuenca).

Las estaciones no tienen una toma de datos uniforme, éstos han sido tomados en diferentes períodos, se tienen datos desde 1964 hasta 2001 en algunas estaciones. El Cuadro N° 3.2 registra las estaciones y su período analizado.

Se ha hecho un análisis de las precipitaciones, observándose variaciones muy fuertes con períodos de sequía muy importantes, como el del año 1968, y de precipitaciones muy altas como las ocurridas en los años 1983 y 1998 a causa del fenómeno El Niño.

La precipitación media anual registrada en las estaciones representativas del lado peruano, Puerto Pizarro y El Caucho, se ubican en altitudes de 1 a 450 msnm y presentan valores entre 300 a 949 mm. Para el Ecuador las precipitaciones van de 679 a 2 528 mm, como se refleja en las estaciones de Quebrada Seca y Salati, respectivamente, las cuales se ubican entre 80 y 1 300 msnm. Este análisis ha considerado el período lluvioso del fenómeno meteorológico El Niño.

En el Cuadro N° 3.3 se muestran las estaciones meteorológicas más representativas y sus valores de precipitación media anual.

En el Cuadro N° 3.4 se muestran datos de las precipitaciones medias mensuales según su altitud, para estaciones ubicadas en el lado peruano y ecuatoriano.

En el Cuadro N° 3.5 se muestra las precipitaciones anuales con valores máximos y mínimos registrados. Todos los valores de máximas precipitaciones corresponden al período lluvioso del fenómeno de El Niño del año 1982/83. Los valores bajos de las precipitaciones corresponden al año 1968, que fue un año seco.

Cuadro N° 3.3
Precipitación media anual en estaciones representativas

Perú			Ecuador		
Estación	Altitud msnm	Precipitación Anual (mm)	Estación	Altitud msnm	Precipitación Anual (mm)
Puerto Pizarro	1	300	Quebrada Seca	80	679
Los Cedros	5	264	Las Lajas	430	1262
Rica Playa	70	528	El Salado	580	1055
El Caucho	450	949	Salati	1150	2528
			Huertas	1300	2208

Fuente: "Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas del Río Puyango-Tumbes" PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL, 2002.

Cuadro N° 3.5
Distribución de las precipitación media anual, mínima y máxima

País	Parte	Media Anual Observada (mm)	Mínima Anual Observada (mm)	Máxima Anual Observada (mm)
Perú	Baja (0~250 m)	395	3	5 154 (*)
	Media (250~1000 m)	589	1	
Perú Medio Ponderado		481		
Ecuador	Baja (0~250 m)	972	56	3 766
	Media (250~1000 m)	1 382	108	4 688
	Alta (1000 m>)	1 854	137	7 212 (**)
Ecuador Medio Ponderado		1 459		
Área de Estudio Ponderado		1 056		

Fuente: "Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas del Río Puyango - Tumbes" PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL, 2002

**Estación Rica Playa (1983)*

***Estación El Limo (1983)*

Del cuadro anterior se observa que la mayor parte de las precipitaciones se presentan en el lado ecuatoriano, entre la cuenca alta y media.

Precipitación mensual:

Del análisis de los datos de precipitaciones estudiadas hay dos estaciones bien marcadas, un período húmedo entre los meses de enero y mayo y un período seco entre los meses de junio y diciembre, siendo el mes de enero el más lluvioso, lo que se refleja en el Cuadro N° 3.6.

En base al mapa de isoyetas de la precipitación media anual (PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL y el Proyecto Puyango-Tumbes, 2002), del análisis de 53 estaciones, la

precipitación media anual varía desde 300 mm en la costa hasta 2 600 mm en la parte alta (Lámina N° 1).

En el Cuadro N° 3.7 se muestran los rangos de precipitación media anual y los lugares donde se presentan.

Se han elaborado mapas de isoyetas para los eventos del fenómeno El Niño 1982/1983 y 1997/1998, basado en los datos de 43 estaciones.

En el Cuadro N° 3.8 se muestran los registros de los valores acumulados durante el fenómeno El Niño de los años 1982/1983 y 1997/1998.

El fenómeno El Niño del año 1982/1983, registró las mayores precipitaciones pluviales en las estaciones El Limo (1983) con un total de 7 137,60 mm y Huertas con 7 005,80 mm.

PAGINA EN BLANCO

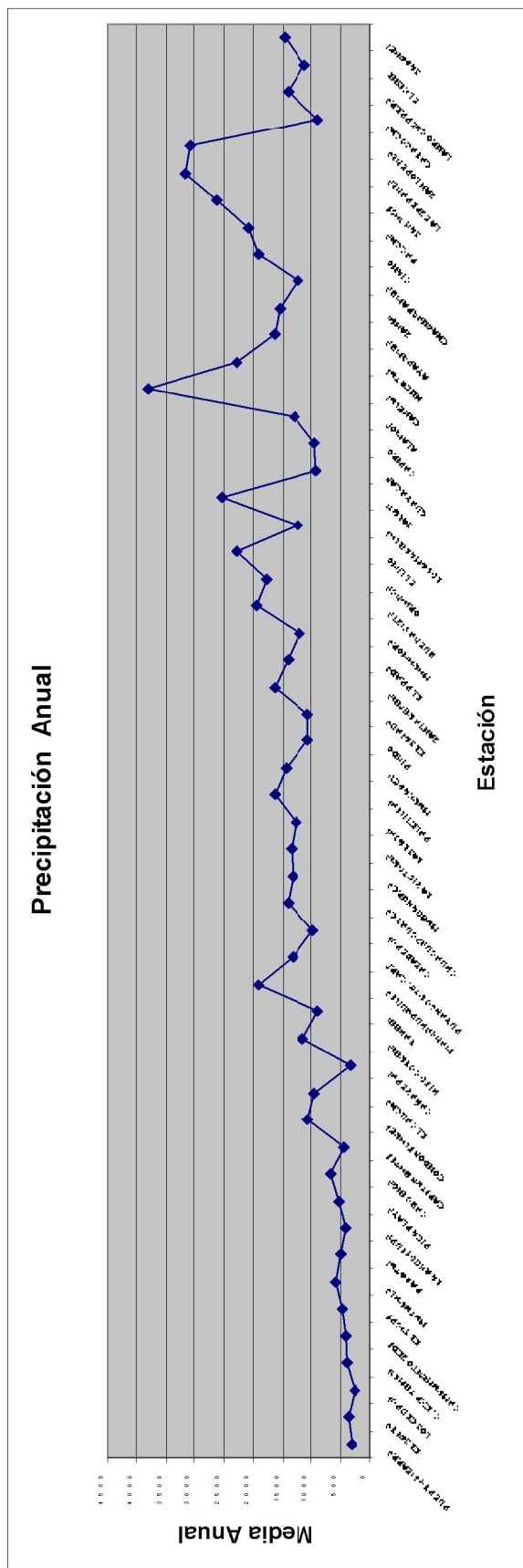


Gráfico N° 3.1 Precipitaciones promedio anuales de 53 estaciones

Cuadro Nº 3.4
Precipitación media mensual según altitud

	Estación	Alt.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	Zona Baja														
P	Los Cedros	5	44,8	84,1	67,8	45,9	9,6	1,4	1,1	0,6	1,2	2,1	3,4	3,0	264,8
P	Hda. Fernández	120	8,5	47,3	90,2	107,9	13,8	0,1	0,0	0,0	0,0	1,7	0,7	0,5	270,6
P	C. Exp. Tumpis	18	24,9	26,8	26,8	26,8	26,2	24,7	23,5	22,9	23,1	23,7	24,3	25,5	299,2
P	Puerto Pizarro	1	54,9	68,0	84,3	56,8	24,5	10,6	4,7	0,5	1,4	1,2	1,7	6,7	315,3
P	Cañaveral	710	51,8	100,3	110,0	57,3	12,0	8,7	0,1	0,1	0,2	0,5	0,6	4,4	346,1
P	El Salto	3	55,4	59,9	109,2	95,6	27,9	27,1	0,4	0,7	1,4	1,3	2,0	12,1	392,9
P	Campamento Sede	25	55,7	99,2	105,2	79,0	35,0	14,2	5,6	0,4	1,2	2,8	4,3	18,3	420,7
P	Capitan Hoyle	235	33,7	153,7	128,9	85,2	17,3	0,8	0,1	0,0	1,9	3,6	6,5	10,1	441,8
P	El Tigre	40	73,3	117,1	122,4	82,8	34,0	13,0	8,4	3,3	2,2	4,5	4,4	12,1	477,5
P	Papayal	60	78,7	134,8	133,4	77,0	27,7	7,6	0,8	0,7	2,1	3,6	7,2	25,5	499,1
P	Angostura	70	49,8	138,5	150,7	110,3	39,5	0,2	0,8	0,2	0,7	3,3	4,6	8,3	506,9
P	Rica Playa	70	84,7	127,6	130,8	92,8	67,7	12,0	1,5	0,7	2,1	1,5	4,2	26,3	551,9
P	Matapalo	58	86,0	154,4	122,8	101,2	49,3	4,6	2,2	1,7	2,4	4,3	8,3	43,2	580,2
E	Quebrada Seca	80	99,8	159,3	138,5	96,5	52,2	15,1	4,4	3,3	7,1	6,4	9,3	32,7	624,8
E	Arenillas	25	104,1	151,7	145,2	109,4	41,2	26,5	10,5	6,3	12,8	14,8	9,5	25,4	657,3
P	Cabo Inga	205	48,6	263,8	137,8	134,0	42,7	9,8	1,0	0,0	0,1	2,5	1,8	33,8	675,9
E	Tahuin	100	150,2	213,5	160,7	125,3	53,8	26,3	5,6	6,2	10,7	8,9	8,6	40,4	810,2
E	La Cuca	20	132,1	203,2	163,3	137,4	50,5	28,8	8,9	5,2	10,1	19,4	30,7	36,9	826,6
	<i>Promedio Zona Baja</i>		68,7	128,0	118,2	90,1	34,7	12,9	4,4	2,9	4,5	5,9	7,3	20,3	497,9
	Zona Media														
E	Catacocha	1 860	121,3	204,6	226,6	164,9	50,6	9,1	3,6	6,9	15,4	35,2	29,4	63,7	931,3
E	Guayacán	1 160	166,6	201,3	182,5	148,7	63,0	7,7	2,5	1,3	9,0	25,4	27,2	98,0	933,2
P	El Caucho	450	127,5	249,3	229,9	209,9	56,1	29,1	1,6	0,4	2,4	5,7	11,9	19,3	943,2
E	Cazaderos	290	106,3	208,6	263,9	168,2	76,5	44,9	10,6	0,5	1,1	9,3	11,4	56,4	957,8
E	Pasaje	15	155,3	180,6	166,1	133,0	48,4	36,2	31,1	26,1	31,9	49,1	37,9	72,0	967,8
E	Palmales	120	160,5	279,2	220,3	149,4	56,8	25,3	8,0	6,1	10,0	10,6	18,9	85,6	1 030,8
E	El Salado	580	182,1	214,3	220,7	189,5	66,4	11,3	4,1	1,2	10,5	19,0	24,3	106,9	1 050,4
P	Condor Flores	320	98,4	238,7	233,8	285,3	74,3	5,9	2,3	0,5	5,6	5,8	87,7	29,4	1 067,6
P	Hito Cotrina	710	98,4	238,7	233,8	285,3	74,3	5,9	2,3	0,5	5,6	5,8	87,7	29,4	1 067,6
E	Capiro	1 180	147,9	242,4	267,2	149,1	54,6	22,1	4,2	0,5	15,7	24,7	41,3	105,8	1 075,5
E	Pindo	520	169,8	217,6	240,7	163,5	88,4	29,3	4,7	8,8	15,6	35,4	27,6	77,8	1 079,2
E	Ortega	900	194,0	235,3	198,4	211,7	57,1	28,1	1,2	0,5	14,1	17,3	44,4	106,0	1 108,2
E	Balsas	700	200,9	246,0	205,9	189,6	74,6	23,3	9,8	5,4	11,1	24,4	26,5	100,2	1 117,6
E	El Cisne	2 340	170,1	220,0	246,2	124,7	57,0	14,2	9,6	11,2	17,8	63,4	77,7	139,9	1 151,7
E	Celica	2 700	170,6	241,2	364,3	187,4	62,2	12,5	5,9	5,6	6,9	18,7	21,4	75,5	1 172,2
E	Los Amarillos	1 150	163,6	275,0	271,1	152,8	71,4	19,8	3,5	2,5	15,8	39,9	61,5	147,9	1 224,7
E	Moromoro	980	195,8	264,6	264,7	195,6	88,8	22,0	6,2	7,8	15,1	20,2	30,1	118,1	1 228,9
E	Chaguarpamba	1 470	274,1	251,8	222,1	180,6	81,5	18,6	2,1	7,5	9,0	26,0	40,8	137,1	1 251,2
E	Las Lajas	430	179,6	292,8	254,1	215,3	96,4	25,9	14,7	5,2	11,0	18,9	25,4	120,1	1 259,5
E	Guanazan	2 580	160,9	227,5	248,1	208,9	102,4	21,5	6,7	5,1	28,7	50,9	81,8	133,6	1 276,1
E	Río Chico	50	196,5	247,5	246,4	174,4	98,3	53,1	41,0	25,7	30,4	38,0	45,6	96,2	1 293,2
E	Puyango Pte. Carret.	280	186,2	307,7	333,5	256,4	81,1	15,6	3,4	0,4	6,7	17,8	21,4	94,2	1 324,4
E	I.A Victoria	410	170,9	307,6	318,9	252,3	97,6	28,9	13,0	5,7	11,4	19,5	22,9	93,4	1 342,0
E	Alamor	1 300	170,8	271,3	395,0	270,5	94,7	21,6	6,2	4,9	8,9	18,8	17,6	72,2	1 352,6
E	Mangahurco	320	185,5	302,9	296,9	310,1	44,9	19,1	5,7	0,8	2,9	14,9	30,6	153,1	1 367,4
E	Zaruma	1 150	233,8	274,1	283,2	231,2	104,1	22,8	6,7	5,6	21,9	34,3	35,0	118,0	1 370,6
E	Chuaguarguayco	290	175,9	296,0	335,2	290,7	119,3	36,7	8,3	1,7	9,4	11,4	13,7	97,8	1 396,2

	Estación	Alt.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	Zona Baja														
E	Portovelo	580	271,1	284,6	316,1	249,2	113,4	28,5	5,1	4,1	19,1	31,4	33,7	121,7	1 478,0
E	Sabadel	3 600	190,3	295,0	304,6	128,7	117,3	70,6	26,6	19,8	63,2	58,5	85,6	138,4	1 498,5
	<i>Promedio Zona Media</i>		173,3	252,3	261,7	202,6	78,3	24,5	8,7	5,9	14,7	25,9	38,7	96,8	1 183,4
	Zona Alta														
E	Paletillas	480	165,5	373,1	355,3	332,0	93,1	14,3	4,6	0,1	8,9	13,0	28,2	130,4	1 518,5
E	Marcabeli	520	228,8	343,0	328,6	285,3	108,6	36,3	7,8	10,1	20,4	27,4	30,3	109,5	1 536,1
E	Lauro Guerrero	1 880	254,6	365,1	399,3	271,5	67,1	18,4	3,3	3,2	13,4	31,0	28,1	111,0	1 566,1
E	Sambi	1 450	286,5	279,9	407,4	208,3	72,9	18,8	12,7	4,8	16,8	38,7	52,7	183,6	1 583,0
E	El Prado	930	258,3	336,2	338,9	267,2	105,6	20,4	4,7	7,9	19,3	42,9	52,8	145,8	1 599,9
E	Ayapamba	1 425	290,3	327,6	300,6	257,0	140,9	45,4	11,5	9,7	26,8	40,0	52,2	162,9	1 665,0
E	Santa Rufina	920	344,1	385,3	454,7	170,6	53,2	21,3	0,9	0,6	23,8	23,2	67,5	169,6	1 714,6
E	Orianga	1 140	296,6	398,3	412,1	307,3	111,8	27,2	9,2	6,1	14,3	34,7	37,7	126,6	1 781,9
E	Ciano	1 470	310,0	374,6	461,9	344,6	114,6	19,6	8,9	4,3	13,1	31,8	42,4	193,1	1 918,9
E	Mangahurquillo	280	185,3	377,9	487,3	474,3	120,4	20,2	8,0	1,0	24,6	18,4	35,5	190,1	1 942,9
E	Buenavista	1 020	268,7	407,1	388,0	369,8	145,1	62,4	24,9	3,6	18,6	47,7	68,0	181,6	1 985,6
E	Paccha	1 540	369,0	403,6	357,0	343,7	156,3	52,9	12,8	9,0	33,0	60,3	77,9	200,6	2 076,1
E	Huertas	1 350	342,1	375,4	367,2	373,5	229,3	71,4	30,5	11,7	42,8	88,7	89,4	203,2	2 225,1
E	El Limo	1 150	305,0	492,4	557,9	459,8	172,9	66,7	15,4	6,3	14,9	24,3	60,9	125,9	2 302,3
E	Salati	1 150	420,4	482,0	461,9	413,0	223,2	44,6	11,5	7,0	31,3	75,1	93,8	275,4	2 539,4
E	San Jose	1 560	440,0	613,8	485,2	339,7	143,5	37,6	9,1	4,6	43,2	84,6	123,6	252,4	2 577,3
E	Canelal	1 300	456,6	573,7	581,7	444,8	220,2	67,1	21,3	5,1	43,6	62,4	110,9	247,8	2 835,1
E	San Lorenzo	1 820	429,8	530,9	639,4	484,2	246,3	96,0	29,8	10,5	65,4	100,5	135,1	335,0	3 103,0
E	La Esperanza	1 600	467,8	604,5	546,0	516,5	265,2	123,6	28,5	9,2	51,9	86,3	141,2	313,8	3 154,5
	<i>Promedio Zona Alta</i>		322,1	423,4	438,4	350,7	146,9	45,5	13,4	6,0	27,7	49,0	69,9	192,5	2 085,5

P: Perú E: Ecuador

Cuadro N° 3.6
Precipitaciones mensuales representativas (mm)

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Perú													
Parte baja	48,3	103,0	116,9	77,3	24,8	5,3	2,2	0,6	1,4	2,8	6,0	13,7	402,2
Parte media	74,0	185,3	192,9	135,8	42,5	7,4	3,0	0,9	2,4	5,2	5,1	35,8	690,3
Medio	59,7	139,6	150,7	103,3	32,7	6,3	2,5	0,7	1,8	3,9	5,6	23,5	530,3
Ecuador													
Parte baja	149,5	228,4	196,7	141,6	66,3	29,7	15,4	9,7	13,9	18,2	26,2	64,0	767,9
Parte media	185,1	285,0	300,4	235,8	84,1	23,0	6,5	3,3	12,2	18,3	30,0	114,6	1 054,9
Parte Alta	289,1	368,0	374,5	285,0	135,2	43,9	13,7	7,0	29,3	52,3	74,6	177,7	1 619,1
Medio Ponderado	212,9	301,6	304,6	233,6	97,7	31,4	10,7	5,8	18,3	29,7	44,2	125,7	1 187,1
Medio de Área	149,8	234,8	241,2	179,9	70,9	21,0	7,3	3,7	11,5	19,0	28,3	83,6	916,4

Fuente: "Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas del Río Puyango-Tumbes" PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL, 2002.

Cuadro N° 3.7
Análisis de las isoyetas en períodos normales de la cuenca (30 años)

Rango (mm)	Lugar típico	País
<300	Puerto Pizarro.	Perú
300-400	Corrales.	Perú
400-500	Tumbes.	Perú
500-600	San Juan de Virgen.	Perú
600-800	Pampas de Hospital, Cabo Inga, Cazaderos.	Perú-Ecuador
800-1000	Gramadal, Las Vegas	Perú-Ecuador
1000-1200	Hito Cordillera Larga, Balsas, Capiro, Portovelo.	Ecuador-Perú
1200-1400	El Ingenio Marcavelí, Trapazola, Puyango, Rosario.	Ecuador-Perú
1400-1600	Malvas.	Ecuador
1600-2000	Malucay Grande, San José, Condorcillo, Amarillo, El Cisne.	Ecuador
2000-2200	Huerta.	Ecuador
2200-2600	Saleti, Curtincapa.	Ecuador

Nota : Resultados a partir de datos de las estaciones proporcionados por el Proyecto Binacional Puyango-Tumbes.

Cuadro N° 3.8
Precipitaciones acumuladas (setiembre-mayo) durante el fenómeno El Niño de los años 1982/83 y 1997/98

N°	Estación	Fuente	País	Total Acumulado 1982/83 (mm)	Total Acumulado 1997/98 (mm)
1	El Limo	PREDESUR	Ecuador	7 137,60	5 300,90
2	Mangahurquillo	PREDESUR	Ecuador		5 684,90
3	La Esperanza	PREDESUR	Ecuador		5 180,00
4	Mangahurco	PREDESUR	Ecuador		4 757,50
5	Chaguarhuayco	PREDESUR	Ecuador		4 476,30
6	Huertas	PREDESUR	Ecuador	7 005,80	3 610,80
7	Chaguarpamba	PREDESUR	Ecuador	5 716,30	
8	Alamor	PREDESUR	Ecuador	4 058,20	1 775,00
9	Paccha	PREDESUR	Ecuador	3 454,40	3 527,40
10	Salati	PREDESUR	Ecuador	3 247,80	4 434,40
11	Paletillas	PREDESUR	Ecuador		4 397,00
12	San Lorenzo	PREDESUR	Ecuador		4 312,80
13	Canela I	PREDESUR	Ecuador		3 687,50
14	Puente Puyango	PREDESUR	Ecuador	3 119,60	3 242,80
15	Cazaderos	PREDESUR	Ecuador		3 251,10
16	Marcavelí	INAMHI	Ecuador	2 901,40	
17	Oringa	PREDESUR	Ecuador		3 082,80
18	Lauro Guerrero	PREDESUR	Ecuador	2 896,90	
19	San José	PREDESUR	Ecuador		2 842,10
20	Ayapamba	PREDESUR	Ecuador	2 813,20	2 801,00
21	Las Lajas	PREDESUR	Ecuador	2 793,10	2 988,40
22	Campamento Sede	PEBPT	Perú		2 747,00
23	Puerto Pizarro	PEBPT	Perú	2 720,10	
24	Balsas	PREDESUR	Ecuador	2 506,40	1 930,80

N°	Estación	Fuente	País	Total Acumulado 1982/83 (mm)	Total Acumulado 1997/98 (mm)
25	Moromoro	PREDESUR	Ecuador	2 448,40	1 808,80
26	La Victoria	PREDESUR	Ecuador	2 285,70	3 544,50
27	El Prado	INAMHI	Ecuador		2 670,20
28	El Tigre	PEBPT	Perú		2 568,10
29	Buenavista	PREDESUR	Ecuador	2 238,90	
30	Zaruma	INAMHI	Ecuador	2 147,00	2 223,90
31	Angostura	PEBPT	Perú	2 105,00	
32	Portovelo	INAMHI	Ecuador		1 964,10
33	Los Amarillos	PREDESUR	Ecuador		1 906,10
34	Santa Rufina	PREDESUR	Ecuador		1 881,00
35	Sambi	PREDESUR	Ecuador		1 674,40
36	Guayacán	PREDESUR	Ecuador		1 449,20
37	Sabadel	PREDESUR	Ecuador		1 448,50
38	Capiro	PREDESUR	Ecuador		1 201,20
39	El Cisne	PREDESUR	Ecuador	1 694,40	925,5
40	Capitán Hoyle	PEBPT	Perú	1 604,00	
41	El Salado	PREDESUR	Ecuador	1 529,30	1 407,10
42	Ortega	PREDESUR	Ecuador		505,2
43	Chaguarpamba	PREDESUR	Ecuador		498,2

■ Datos extremos de precipitación

Nota: Resultados a partir de datos proporcionados por el Proyecto Binacional Puyango-Tumbes.

En el fenómeno El Niño del año 1997/98 la estación que registró mayor descarga pluvial fue Mangahurquillo con 5 684,90 mm, siguiéndole El Limo con 5 300,90 mm.

Comparando las isoyetas de los fenómenos El Niño de los años 1982/83 y 1997/98, la mayor descarga pluviométrica ocurrió en el primero.

Las precipitaciones máximas en 24 horas, se producen generalmente en las noches, correspondiendo al período enero-marzo. El más alto valor registrado fue el 8 de febrero de 1988 con 235 mm, valor registrado en todas las estaciones ubicadas cerca al litoral.

Las máximas precipitaciones registradas en la zona datan de los años 1925, 1932, 1983 y 1998, se muestran en el Cuadro N° 3.9.

El Niño

El fenómeno El Niño históricamente se ha presentado en nuestro país desde tiempos remotos. EGUIGUREN, (1894) recogiendo información de diversas fuentes sobre precipitaciones significativas, ocurridas en la zona norte de la costa peruana, que normalmente es árida, llegó a la conclusión de que este fenómeno se había registrado en los años 1791, 1804, 1814, 1817, 1819, 1821, 1824, 1828, 1837, 1844, 1845, 1864, 1871, 1877, 1878, 1884 y 1891.

Cuadro N° 3.9

Precipitaciones máximas en 24 horas registradas en algunas de las estaciones de la cuenca y aledañas

País	Fecha	Precipitación (mm)	Estación
Perú	25/01/1925	120	Zorritos
	16/02/1925	375	Zorritos
	27/02/1932	198	Tumbes
	01/04/1965	138	El Caucho
	21/02/1971	192	El Caucho
	25/04/1983	173	Rica Playa
	18/05/1983	160	Tumbes
	08/02/1998	210	El Tigre
Ecuador	ene-83	139.8	El Limo
	abr-83	518	Las Lajas
	may-83	153.8	Chaguarhuayco
	may-83	147.8	Chaguarpamba
	06//1983	202	Cazaderos

Nota: Resultados a partir de los datos de las estaciones proporcionados por el Proyecto Binacional Puyango - Tumbes.

Los fenómenos ocurridos en el siglo XX cuentan con estudios y con referencias registradas en el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

Según estos registros «El Niño», se ha hecho presente en los siguientes años: 1918, 1925/26, 1929, 1932, 1939, 1940, 1941, 1943, 1951, 1953, 1956/57, 1965, 1972/73, 1976, 1982/83, 1987, 1991-1993 y 1997/98.

En el Perú, «El Niño» está asociado a un aumento de temperatura en el mar y la región costera, torrenciales lluvias e inundaciones en la costa norte, deficiencia de precipitaciones en la sierra sur, una mayor frecuencia en la ocurrencia de deslizamientos y flujos, incremento del caudal de los ríos de la cuenca del Pacífico.

Durante el fenómeno El Niño, las temperaturas superficiales marinas se incrementaron fuera de lo normal: 7,7 °C en el año 1983 y 8 °C en el año 1998. En la región central ecuatorial, las fluctuaciones del viento generan perturbación en el océano que se propaga como una onda hacia el este.

Los volúmenes de agua captada en la cuenca correspondiente a los dos últimos fenómenos El Niño (1983 y 1998) alcanzan 11 418 MMC/año y 13 777,8 MMC respectivamente.

Una clasificación de El Niño se presenta en el Cuadro N° 3.10.

Cuadro N° 3.10
Fenómenos El Niño de 1847-1998

Intensidad	Frecuencia	Año / Características
Débil	9	1847-1963 Lluvias leves
Moderado	10	1911-1994 Lluvias moderadas
Intenso	5	1858-1973 Lluvias intensas
Muy intenso (Mega Niños)	4	1891, 1925, 1983, 1998 Lluvias torrenciales

Fuente: Evaluación Económica de los daños causados por el fenómeno El Niño (BARBAREN-2002).

De estos fenómenos los que más han afectado a la cuenca corresponden a los años 1982/83 y 1997/98, en el último evento en la estación el Tigre, el 8 de febrero se registró una precipitación pluvial de 210 mm en 18 horas; y en el río Tumbes un aforo histórico de 3 500 m³/s (SENAMHI).

Fenómeno El Niño 1982/83 (FN1983).- La característica particular de este fenómeno ha sido la elevación brusca de temperatura superficial en el mar en un tiempo sumamente corto, significando anomalías del orden de 7 °C, como promedio. El desarrollo de este fenómeno se detectó cuando en el mar del Perú, en setiembre se observó un calentamiento a lo largo de la costa con anomalías mayores de 2 °C, continuando en los meses siguientes. En enero de 1983 se observó la presencia de aguas

con temperaturas de 26 °C a 29 °C que se extendieron hasta la latitud de 14 °S aproximadamente. Este fenómeno es considerado uno de los más intensos del siglo XX.

De acuerdo al boletín del SENAMHI del mes de marzo de 1983, el fenómeno es provocado por la transgresión de aguas cálidas de origen ecuatorial hacia el sur frente a las costas peruanas, suscitándose el calentamiento de las aguas marinas y del aire, aumentando la evaporación y las lluvias. Se produce también un cambio de dirección de los vientos, del SE a NE. Las nubes se condensan y precipitan en la parte media de las cuencas de los ríos y quebradas que bajan a la costa.

Mapa de Isoyetas del FN1983 Se ha elaborado un mapa de isoyetas de precipitaciones basado en 36 estaciones, tomándose como datos sólo el período lluvioso (setiembre-mayo), de éstas, 33 se localizan en la cuenca y las demás están fuera de la cuenca (Lámina N° 2).

En la zona de Tumbes el promedio anual es de 308,4 mm, y para el fenómeno El Niño se elevó a 2 720 mm, lo que quiere decir que se incrementó un 875 %.

En la estación de Rica Playa el promedio anual es de 527,7 mm, con este fenómeno la precipitación acumulada fue de 4 682,2 mm, se incrementó 887 %.

En la estación de El Limo se registró una precipitación acumulada de 7 137 mm y en la de Chaguapamba 5 716,3 mm, la concentración media anual es de 2 287,4 y 1 237,9 mm respectivamente, lo que quiere decir que la primera se elevó 312 % y la segunda 460 %.

En la estación Huertas se registró 7 005,80 mm, la precipitación media anual es de 2 287,6 mm, se incrementó 306 %.

En este fenómeno, en el lado peruano entre Tumbes y Rica Playa (cuenca baja a media) las lluvias se incrementaron en más de 800 %, mientras que en el lado ecuatoriano se incrementaron entre 300 y 450 %.

Fenómeno El Niño 1997-1998 (FN1998), se inició sobre el mar peruano en enero, con desplazamiento de las aguas oceánicas subtropicales a 40 millas náuticas del litoral peruano, desde Atico hasta Tacna. Estas aguas incrementaron la temperatura superficial del mar peruano en 2 °C por encima de lo usual e ingresaron de sur a norte.

El FN1998, superó en destrucción a sus precedentes, afectó la infraestructura pública y privada e incluso con pérdida de vidas humanas.

De marzo a julio, el mar peruano fue afectado por el avance de aguas ecuatoriales, fortaleciendo las condiciones del episodio El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), registrándose anomalías positivas

de agua de mar de hasta 6 °C en el norte y de 5 °C frente a la costa central.

Hacia el sur el incremento fue entre 3 °C y 4 °C de agosto a setiembre sobre la superficie del mar peruano, continuó la presencia de aguas cálidas, manteniéndose las anomalías positivas en la parte norte y central, disminuyendo en el sur.

En la costa peruana, como respuesta a las aguas cálidas, la temperatura del aire, se incrementó de 5 °C a 6 °C. En Lima, ciudad capital del Perú, en el mes de julio (invierno), las temperaturas extremas mensuales oscilaron entre 20,5 °C y 24,0 °C, cuando lo usual es 15, 1 °C y 18, 6 °C. respectivamente, ocasionando el invierno más cálido de los últimos diez años.

El desarrollo del FN1998 se ha visto favorecido debido a que el Anticiclón del Pacífico Sur (centro de alta presión, asociado a los vientos alisios), desde marzo presentó una intensidad inferior a lo normal, desplazándose al SO de su posición normal que genera un debilitamiento de los vientos alisios entre los 0° y 10°S y una situación favorable para el cambio de dirección de los vientos de la atmósfera en los niveles medios; tal es así, que durante los meses de invierno del 97 los vientos ecuatoriales del este colapsaron, presentándose vientos del oeste que ayudaron a mantener las aguas cálidas frente a nuestra costa.

Asimismo, la Zona de Convergencia Intertropical, (zona donde convergen los vientos alisios del norte y del sur, responsables de las lluvias en el norte del país) se mantuvo intensificada y desplazada 3° al sur de su posición normal, la misma que se intensificó desde mediados de noviembre, coincidiendo con las precipitaciones que se registraron en la costa norte del país.

Las lluvias registradas en los departamentos de Tumbes y Piura, sobre la parte baja y media, superaron a las registradas en diciembre/82 y diciembre/83.

Mapa de Isoyetas para el FN1998: Para la elaboración de este mapa se han tomado los datos de 40 estaciones, de las cuales 5 se encuentran en la periferia y las restantes dentro de la cuenca (Lámina N° 3).

En la estación del Campamento Sede (lado peruano), la precipitación media anual es de 420,7 y en FN1998 registró 2 747,0 mm, se incrementó 653 %. En la estación El Tigre el valor promedio anual es 476,6 mm y en este fenómeno tiene una acumulación de 2 568,1, se incrementó 538 %.

En el lado ecuatoriano las estaciones que han registrado mayor precipitación son: Mangahurquillo y El Limo con 5 684,9 y 5 300,9 mm respectivamente, los promedios anuales para estas estaciones son 1 923,8 y 2 287,4 mm, lo que da un incremento de 295 % y 231 %.

La estación Huertas, mencionada en el fenómeno El Niño del año 1998, registró un total de 3 610,8 con un incremento de 157 %.

En este fenómeno el incremento de lluvias ocurre más en la cuenca baja a media, entre 650 y 500 %, mientras que en el lado ecuatoriano las precipitaciones se incrementaron entre 150 y 300 %.

De estos dos fenómenos se puede decir lo siguiente:

1. El FN1983, fue el período donde se presentaron las mayores precipitaciones, se registraron hasta 7 137,60 mm (estación El Limo) y en el FN1998 la máxima precipitación fue de 5 684,9 mm (estación de Mangahurquillo).
2. Las precipitaciones del FN1983 en el lado peruano se incrementaron hasta en un 800 %, y en el lado ecuatoriano entre 300 y 450 %, mientras que las precipitaciones para el FN1998 el incremento para el lado peruano fue entre 500 y 650 %, y en el lado ecuatoriano fue de 150 a 300 %.
3. Las dispersiones de las lluvias en ambos fenómenos El Niño no han tenido el mismo comportamiento, la tendencia de las lluvias ha sido diferente, tal como lo muestra el mapa de isoyetas de cada fenómeno.

Entre los principales impactos positivos generados por «El Niño», figuran los siguientes:

- Las lluvias originan la formación de inmensas áreas de bosques, hay mayor disponibilidad de pastos, suficiente agua para los cultivos, mayor producción de derivados avícolas y la producción de algarroba es abundante.
- En la ganadería hay un incremento de la producción, especialmente la caprina; mayor producción de leche, las familias elaboran más quesillos para vender y se produce abundante regeneración natural de especies forestales nativas.
- Se produce incremento de la producción de mariscos como langostinos y conchas de abanico. Mejoramiento de la producción pesquera y aparición de nuevas especies ictiológicas.
- Las áreas de los desiertos y de bosques secos se vieron favorecidas por las lluvias intensas, produciéndose pastos y forrajes en abundancia. La abundante floración en el bosque favoreció la producción de la algarroba y en la apicultura la producción de miel.
- Reducción significativa de algunas plagas en los cultivos, como es el caso de la broca en el café.
- Mejora del rendimiento del cultivo de arroz por efecto de las altas temperaturas, lluvias y la tropicalización del clima.

- Incremento de los acuíferos de la cuenca media y alta por efecto de las infiltraciones; dando como resultado una mayor reserva de agua subterránea para uso agrícola y doméstico.
- En la parte baja de la cuenca las lluvias intensivas lavaron los suelos salinos, atenuando de esta manera la salinización de los suelos en esta zona.

Impactos Negativos:

- En la zona baja los daños se originaron por la inundación de centros poblados, destrucción de infraestructura social y productiva, inundación de áreas agrícolas y destrucción de la infraestructura de riego y drenaje.
- Las altas precipitaciones en la cuenca activaron los torrentes de quebradas secas de la parte baja y media que arrastraron gran cantidad de materiales e incrementaron el caudal del río Tumbes, el que en su recorrido se desbordó provocando inundaciones que afectaron a poblados ribereños, infraestructura productiva, agricultura y vida de los habitantes de la cuenca.
- La tropicalización del clima, con el incremento de más de 5 °C de la temperatura normal, no permite la floración de algunas frutas como el mango, palto, espárrago y algodón.
- Incremento del nivel freático hasta 0,30 m de la superficie trayendo como consecuencia disminución de los rendimientos de los cultivos.
- Daños a la infraestructura de riego y drenaje.

RÉGIMEN DE LA TEMPERATURA

La temperatura media anual en la parte peruana, basándose en el análisis de los registros de 6 estaciones (Cabo Inga, Cañaverl, El Caucho, Los Cedros, Puerto Pizarro, Rica Playa), es de 24,85 °C y en la parte ecuatoriana, con datos de 3 estaciones (El Salado, Puente Puyango, Zaruma), es de 24,16 °C.

En el Cuadro N° 3.11 se muestran los promedios medio anuales:

Los meses donde se presentan incrementos de temperatura son diciembre, enero, febrero, marzo y parte de abril, los meses restantes muestran un ligero decrecimiento, la temperatura mínima llega a 21,8 °C.

En el Cuadro N° 3.12 se muestran los valores de las temperaturas medias, de diferentes estaciones.

En la estación de Rica Playa la temperatura promedio anual es de 26,1 °C, mientras que la temperatura máxima promedio llega a 27,8 °C la temperatura mínima llega a 24,9 °C.

En el lado ecuatoriano se han tomado como muestras a las estaciones de Puente Puyango y Zaruma. En la primera la

temperatura promedio medio anual es 25,2 °C y en la segunda 21,8 °C, la diferencia de temperaturas se da porque la primera se encuentra en la parte media de la cuenca y la otra en la parte alta de la cuenca. En la estación de Zaruma las temperaturas medias oscilan entre 21,3 °C y 22,4 °C.

Cuando se presenta el fenómeno El Niño, la temperatura sobrepasa valores máximos diarios de 35 °C a 36 °C. En años normales la temperatura presenta una oscilación media anual de 3 °C, siendo el promedio de verano 26 °C y en invierno de 23 °C.

Cuadro N° 3.11
Temperatura promedio anual, cuenca
Puyango-Tumbes

País	Estación	Temperatura Promedio Media Anual (°C)	Periodos analizados
Ecuador	El Salado	25,5	1983–1999
	Puente Puyango	25,2	1983–1998
	Zaruma	21,8	1964–1998
Perú	Cabo Inga	24,6	1993–2000
	Cañaverl	25,7	1975–1979
			1992–2001
	El Caucho	23,1	1993–1996
	Los Cedros	24,4	1959–1979
			1992–2001
Puerto Pizarro	25,2	1964–2001	
Rica Playa	26,1	1964–2001	

Nota: Resultados a partir de datos proporcionados por el Proyecto Binacional Puyango-Tumbes.

CLIMA

El clima en la cuenca Puyango-Tumbes está definido por la cercanía al Círculo Ecuatorial, se encuentra entre los paralelos 3°30' y 4°15' de latitud sur, ocupando una zona de baja presión, donde la masa de aire frío proveniente de las zonas ubicadas a 3° de latitud sur es calentada produciendo gran cantidad de vapor de agua que al ascender se enfría y condensa dando lugar a la abundante precipitación anual.

Este mayor calentamiento de la superficie terrestre por la incidencia casi perpendicular de los rayos solares tienen una manifestación casi permanente en el calentamiento de las capas superiores del océano Pacífico dando lugar a la Contracorriente Ecuatorial de aguas cálidas que invaden las costas del Ecuador y Perú y con cierta frecuencia se encuentra con la corriente fría de Humboldt que viene del sur desviándola y situándose por encima de ella.

Se ha tomado la clasificación climática del Perú, que está apoyada en datos meteorológicos de veinte años (1965-1984), a partir de

Cuadro N° 3.12
Valores de temperatura media mensual según la altitud

	Estación	Alt	Periodo Regis.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual	Promedio anual
Perú	PUERTO PIZARRO	1	1989-2001	26,4	27	27	26,9	26	24,9	23,7	23,1	23,3	23,7	24,3	25,4	25,2	27,24
	EL SALTO	3	1969-1996	25,7	26,1	26,1	26	25,5	24,5	23,4	22,5	22,4	22,8	23,5	24,5	24,2	26,43
	RICA PLAYA	70	1964-2001	27,1	27,1	27,1	27,3	26,9	25,7	24,8	24,5	24,8	25,3	25,7	26,7	26,1	28,26
	CABO INGA	205	1993-2000	26,7	25,8	26,1	26,1	22,3	21,8	24,6	24,7	25,4	25,8	22,4	22,8	24,6	26,59
	EL CAUCHO	450	1993-1996	23,6	23,5	23,7	24	24,2	23,4	22,3	22,2	22,7	22,9	23,2	23,9	23,1	25,23
	CAÑAVERAL	710	1974-2001	26,7	26,6	26,8	26,8	26,5	25,2	24,4	24,2	24,4	24,7	25,5	26,1	25,7	27,8
	Promedio Perú				26	26	26,1	26,2	25,2	24,3	23,9	23,5	23,8	24,2	24,1	24,9	24,82
Ecuador	PUYANGO PUENTE CARRETERA	280	1981-1999	25,6	25,3	25,9	25,7	25,4	25,1	24,5	24,4	24,7	24,8	25,1	25,5	25,2	27,27
	MARCAVELI	520	1964-1986	22,7	22,9	23,2	23	22,7	22,6	22,6	22,5	22,4	22,3	22,4	22,9	22,7	24,58
	EL SALADO	580	1983-1999	24,9	25	25,4	25,3	25,3	25,4	25,4	25,9	26	26	26	25,5	25,5	27,63
	ZARUMA	1 150	1964-1999	21,3	21,3	21,5	21,6	21,5	21,4	21,6	22,1	22,4	22,3	22,4	22	21,8	23,6
	Promedio Ecuador				23,6	23,6	24	23,9	23,7	23,6	23,5	23,7	23,9	23,9	24	24	23,8

Fuente: "Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas del Río Puyango-Tumbes" PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL, 2002.

lo cual se procedió a formular los «Índices Climáticos» y al trazado de los mismos de acuerdo con el sistema de clasificación de climas de Werren Thornthwaite, donde se toma en consideración la latitud geográfica, la altitud, la Cordillera de los Andes, la corriente fría marítima peruana, el anticiclón del Pacífico Sur, etc.

Según esta clasificación climática el lado peruano (zona de Tumbes) se proyecta hacia el lado ecuatoriano, (área comprendida entre 0 y 2000 msnm) se encuentra en una zona desértica con deficiencia de lluvias en todas las estaciones del año, y con humedad relativa, calificada como húmeda. Cuando se presenta el fenómeno El Niño varía completamente el clima, se hace más lluvioso y cálido.

Las áreas comprendidas entre los 2000 y 3000 msnm se encuentran en una zona de clima semifrío, lluvioso, con deficiencia

de lluvias en otoño e invierno, con humedad relativa calificada como húmeda donde se ubican las zonas de Zaruma, Paccha, etc.

ECOLOGÍA

Basándose en la clasificación ecológica realizada por el INRENA (Mapa Ecológico del Perú, 1995), el Perú se divide en 84 zonas de vida y 17 de carácter transicional, basadas en el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida del Mundo del Dr. Leslie R. Holdridge, enmarcadas en tres regiones latitudinales que cubren al país: tropical, subtropical y templado-cálida (Figura N° 3).

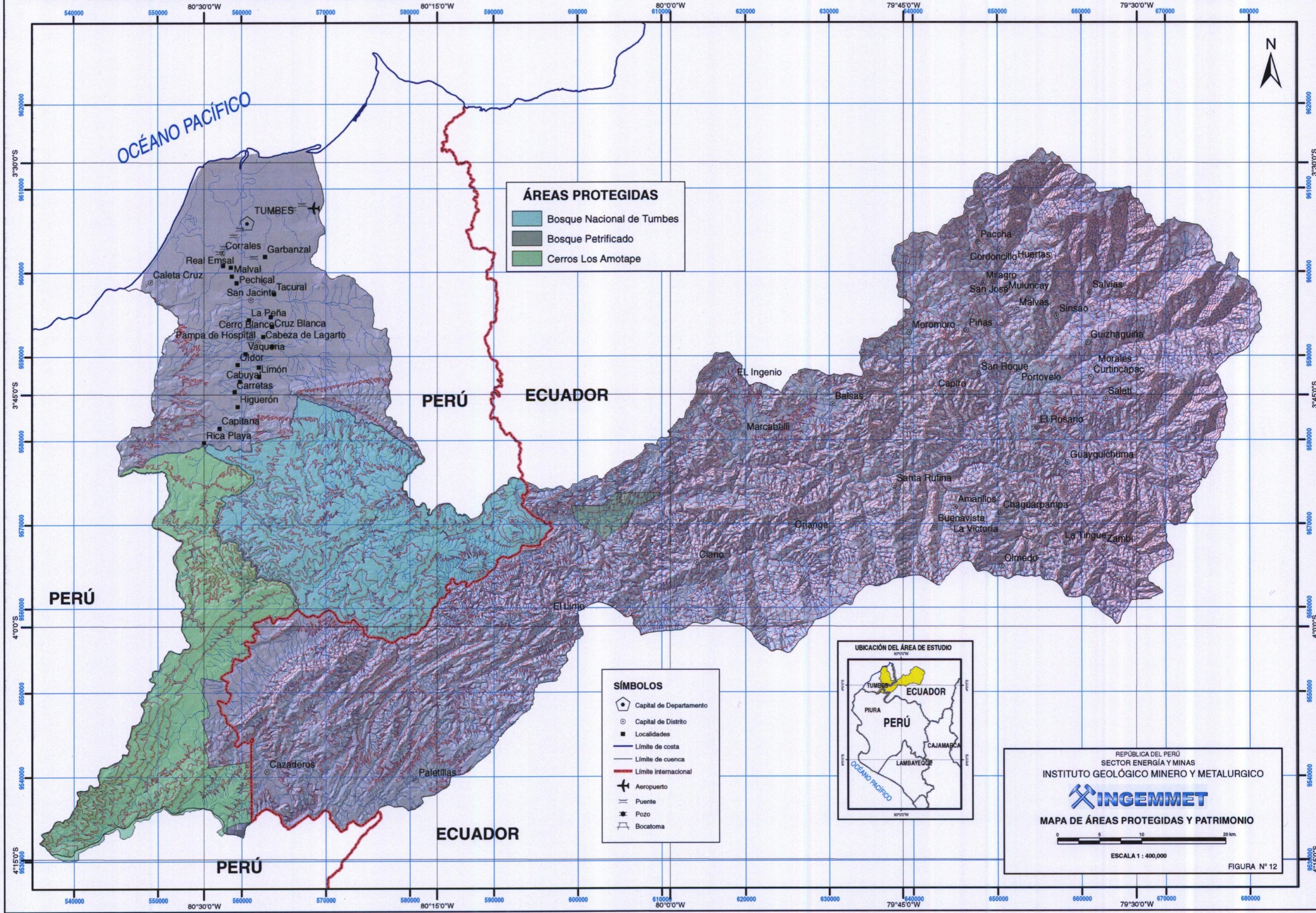
En el lado peruano (Tumbes) se han identificado cinco zonas de vida, las que se mencionan en el Cuadro N° 3.13.

Cuadro Nº 3.13
Zonas de Vida

Zona de vida	Ubicación y extensión	Clima	Relieve y suelos	Vegetación	Uso actual y potencial de la tierra
Matorral Desértico – Premontano Tropical (md-PT)	Se extiende a lo largo de la costa hasta una altitud de 500 msnm. Las áreas que incluyen son Puerto Pizarro, San Juan de La Virgen, San Jacinto y Pampas de Hospital.	La precipitación es muy escasa, alcanza los 300 mm anuales.	Varía entre ondulado y quebrado con algunas áreas de pendientes suaves. El escenario edáfico es muy similar a lo indicado para las zonas de vida Monte Espinoso-Tropical y Matorral Desértico-Tropical.	Está compuesto por árboles pequeños, algunas veces muy achaparrados, como el sapote (<i>Capparis angulata</i>); algarrobo (<i>Prosopis juliflora</i>) y arbustos como el "bivayo" (<i>Capparis ovalifolia</i>), así como una vegetación herbácea rala en su mayoría, como gramíneas pequeñas y de corto período vegetativo. Otras especies muy comunes especialmente en los valles encajonados son el "molle" (<i>Schinus molle</i>); "tara" (<i>Caesalpinia Tinctoria</i>); faique (<i>Acacia</i> sp.); "caña brava" (<i>Gynerium</i> sp.) y el "pájaro bobo" (<i>Tessaria integrifolia</i>)	La mayor parte de estos terrenos son usados para el pastoreo de ganado caprino, aprovechando los pastos estacionales que prosperan durante los períodos de lluvias veraniegas. El bosque como recurso maderero ha estado centrado en la extracción del "algarrobo" para la producción de carbón vegetal y construcciones rurales, últimamente se está usando sus vainas por el alto contenido proteico. Asimismo, la madera "hualtaco" (<i>Loxopterygium husarigo</i>), árboles pequeños y "carizo" (<i>Arundo donax</i>) empleado en la construcción de casas de campo y la "caña brava" (<i>Gynerium sagittatum</i>) usada para la fabricación de canastas y esteras. Esta zona está siendo intensamente deforestada por la explotación del algarrobo, originando extensas zonas deforestadas.
Monte Espinoso – Tropical (mte-T)	Esta zona de vida cálida y árida, se ubica en la región latitudinal tropical, entre Ucumares y Rica Playa.	Las precipitaciones se presentan en los meses de verano, en la estación de Rica Playa se registra un promedio anual de 527 mm y en la estación Ucumares se registró una temperatura promedio media anual de 25,7 °C.	Varía desde suave a ondulado hasta colinoso. Los suelos son predominantemente profundos, con gran promedio de arcillas, en algunos casos con pH alrededor de 8,0 de escaso contenido orgánico y de coloraciones oscuras.	Se caracteriza por estar compuesta por una mezcla casi proporcional de especies arbóreas, arbustos y cactáceas. Los árboles alcanzan alturas máximas de 12 m, siendo el promedio de 8 m. Se pueden distinguir las siguientes especies: "ceibo" (<i>Bombax</i> sp); pasallo (<i>Bombax discolor</i>). En las partes asociadas más secas son comunes el algarrobo (<i>Prosopis juliflora</i>), "palo santo" (<i>Bursera graveolens</i>) y cactáceas del género <i>Opuntia</i> así como herbáceas de tipo graminal.	En los terrenos cercanos a los ríos se cultivan mediante el riego permanente: plátano, yuca y maíz entre los principales. El resto de la zona de vida mantiene en gran parte, pastoreo extensivo de ganado caprino y vacuno, este último a pequeña escala. El bosque primario ha sido explotado en forma intensa y discriminada, principalmente el algarrobo que es usado para carbón vegetal y leña.
Bosque Muy Seco – Tropical (bms-T)	Esta zona de vida es conocida también como Sabana, se extiende hasta los límites del Ecuador, en altitud llega hasta 1 000 msnm.	En la estación de Cabo Inga se ha registrado una precipitación media anual de 662,1 mm y la temperatura promedio media anual de 24,6 °C.	El relieve dominante es colinoso, variando a ondulado. Los suelos que lo dominan son de naturaleza calcárea, profunda y arcillosa. Litosoles o suelos delgados sobre materiales litológicos diversos aparecen en aquellos de topografía accidentada.	La vegetación natural primaria esta conformada por árboles relativamente delgados, con abundantes epifitas llamadas "salvaje" (<i>Tillandsia usneoides</i>), arbustos numerosos cactáceos, así como plantas herbáceas, principalmente gramíneas de densidad variable y de porte alto. Como nota indicadora para reconocer esta zona de vida se tienen la presencia de un bosque constituido por árboles delgados y medianos. Las principales especies forestales que existen en la zona de vida son el ceibo (<i>Bombax</i> sp.), guayacán (<i>Tabebuia caryantha</i>).	Los pastos estacionales, constituidos por gramíneas nativas, alcanzan buen desarrollo durante el período de lluvias estacionales para convertirse en el invierno en alimento en pie, siendo aprovechado por el ganado caprino y vacuno, principalmente. La agricultura es dispersa y escasa, localizada en zonas húmedas y un tanto productivas, donde se siembran principalmente maíz y yuca. La extracción forestal se realiza en pequeña escala y se limita a unas cuantas especies arbóreas, preferentemente para su utilización como leña o para construcciones rurales.

Zona de vida	Ubicación y extensión	Clima	Relieve y suelos	Vegetación	Uso actual y potencial de la tierra
Bosque Seco – Tropical (bs-T)	Se ubica en la zona de Quebrada Honda o Don Pablo, se encuentra en altitudes hasta de 800 msnm en la cordillera de Cochas.	Las precipitaciones en esta zona de vida están entre 800 y 1 000 mm según el mapa de isoyetas, la temperatura media anual es de 25,7 °C.	En el relieve topográfico, hay predominio de terrenos ondulados o colinados. Los suelos son por lo general profundos, arcillosos.	La vegetación natural está conformada por plantas xerofíticas como un buen indicador de esta zona de vida, existiendo "Cactus". Las asociaciones de tipo sabana sobre terrenos de topografía suave a ondulada presentan composición florística a base de especies arbóreas dispersas asociadas principalmente con gramíneas perennes anuales.	Se puede desarrollar la actividad pecuaria y usar estos terrenos para cultivos de café, caña de azúcar, yuca, etc. La actividad forestal consiste en la extracción de madera. Potencialmente esta zona de vida reúne condiciones muy favorables para el desarrollo de la actividad agropecuaria intensa. Debido a la estación invernal seca y un tanto prolongada, requiere de riego suplementario a fin de proporcionar rendimiento económico productivo.
Bosque seco Premontano Tropical (bs-PT)	Abarca una pequeña parte entre la frontera Perú-Ecuador y se extiende hacia las nacientes de las quebradas Cazaderos y Cusco.	En esta zona de vida no hay estaciones meteorológicas, pero por proyecciones la temperatura media anual máxima es de 25,1 °C. Según el mapa de isoyetas de la cuenca, la precipitación media anual debe estar entre 800 y 1000 mm.	La configuración topográfica dominante es inclinada con valles, se encuentran pocas áreas de topografía suave. Los suelos son generalmente arcillosos, relativamente profundos y susceptibles a la erosión.	La vegetación está constituida por bosque alto o por sabanas que conforman asociaciones de árboles y/o arbustos y gramíneas pluvifolios. Tiene vegetación arbórea con algunas especies que sobrepasan los 20 m de altura y diámetros variables entre 40 cm y 1 m que corresponden a los géneros <i>bambax</i> , <i>alseis</i> , <i>centrobium</i> , etc. Muchas especies cubiertas de epifitas, todas como producto de la fuerte influencia de las neblinas marítimas.	Esta zona de vida carece de regadío, se puede sembrar maíz y frejol a comienzos de la temporada de lluvias. Las sabanas son utilizadas para pastoreo de ganado caprino y vacuno. El pastoreo del ganado caprino se realiza en laderas de fuerte pendiente en forma excesiva, degradando severamente la vegetación natural y los suelos, se observa denudamiento de los terrenos y numerosas cárcavas debido a la erosión.

Fuente: Mapa Ecológico del Perú (1995).



OCEANO PACÍFICO

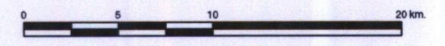


PERÚ ECUADOR

PERÚ

PERÚ ECUADOR

PERÚ



PAGINA EN BLANCO

CAPÍTULO IV

CONTEXTO HIDROLÓGICO

GENERALIDADES

El río Puyango-Tumbes recorre una longitud de 532 km aproximadamente, desde Portovelo hasta su desembocadura ¹.

La precipitación anual varían de 300 mm en la cuenca baja a 2 600 mm en las zonas montañosas de la cuenca alta. Los valores de humedad relativa están por encima del 70 % y la velocidad del viento presenta valores promedio de 5 m/s. (**Fuente:** «Estudio de Factibilidad Proyecto Puyango-Tumbes, C y A Consultores Asociados, 1990).

La disponibilidad de agua superficial en la cuenca, representada por las descargas medias anuales del río Tumbes están estimadas en 118,1 m³/s, que equivale a 3 724 MMC. En el año más húmedo, la descarga promedio es de 520 m³/s y en el año más seco es de 38,3 m³/s ¹.

El río Puyango-Tumbes se caracteriza por transportar gran cantidad de sedimentos en suspensión en épocas de avenidas, como resultado de las altas precipitaciones y la fuerte pendiente del río, principalmente en la parte ecuatoriana. El aporte de sedimentos de los tributarios es también muy significativo. Esta situación ha generado que en el último tramo del río Tumbes se acumule gran cantidad de sedimentos, formándose un valle relativamente joven sujeto a periódicas modificaciones.

HIDROGRAFÍA DE LA CUENCA

El río Puyango-Tumbes nace a una altitud de 3 500 msnm. En su cabecera está formado por numerosas quebradas que discurren principalmente desde la cordillera de Chilla y Cerro Negro en Ecuador. En la parte alta a menudo es llamado río Pindo o río Grande. Cerca de Balsas, a partir de su confluencia con el río Yaguachi cambia de nombre a río Puyango. Siguiendo la dirección oeste en un tramo de aproximadamente 100 km, el río Puyango recibe a la quebrada Cazaderos para formar el río Tumbes; de allí da una vuelta de 50 km para tomar la dirección norte; después de un recorrido de 80 km llega al océano Pacífico. La pendiente promedio del río es de 1,5 %, sin embargo en los últimos 40 km de recorrido es de 0,5 % ¹.

La red hidrográfica de la cuenca del río Puyango-Tumbes, la constituyen principalmente los ríos Calera, Moro Moro y Amarillo por la margen derecha y los ríos Yaguachi, Ambocas y quebrada Cazaderos por la margen izquierda. La longitud total de la red hidrográfica es de aproximadamente 950 km y la longitud del cauce principal del río Puyango-Tumbes en la parte peruana es de 230 km aproximadamente. La cuenca presenta un área de 5 530 km² aproximadamente (C y A CONSULTORES ASOCIADOS, 1990).

En el período 1964-1975 se registró que el escurrimiento anual en la estación de aforos de Puyango, Puente Carretera, localizada en el centro de la cuenca del río Puyango – Tumbes, alcanzó un promedio de 84 m³/s. La descarga más baja y más alta anual en los 12 años de registro evaluados fueron 33 m³/s en 1968 y 123 m³/s en 1973, respectivamente (SENAMHI).

Según los registros del SENAMHI, en el período 1964-1975, la descarga anual media en la estación El Tigre fue de 102,8 m³/s con un volumen de 3 242 millones de m³. En 1971, el máximo volumen anual registrado fue de 5 400 millones de m³ (170,9 m³/s), y el mínimo se registró en 1968 con 1 210 millones de m³ (38,3 m³/s). En el período 1963-1979, en la estación El Tigre, el caudal medio anual descendió a 95,7 m³/s. Durante la ocurrencia del fenómeno El Niño de 1998, el día 8 de febrero la descarga máxima registrada en la estación El Tigre alcanzó los 2 570 m³/s. Ese mismo día llovió en la cuenca baja 235 mm, estimándose que el caudal frente a la ciudad llegó a 4 000 m³/s.

ESTACIONES DE AFOROS

La información disponible, corresponde a las siguientes estaciones:

- Marcavelí, caudales mensuales período 1964-1994
- Puyango, caudales mensuales período 1964-1982
- Puente Puyango, caudales mensuales período 1965-1984
- Cabo Inga, caudales mensuales período 1979-1980
- Ucumares, caudales mensuales período 1979-1982
- El Tigre, caudales mensuales y diarios 1963-2001

(Fuente: SENAMHI)

¹ Plan de Gestión de la Oferta de Agua en las Cuencas del Ámbito del Proyecto Puyango-Tumbes, Asesores Técnicos Asociados S.A, 2002.

Actualmente en el sector peruano la información hidrométrica del río Tumbes se registra en la estación El Tigre, la cual viene operando desde 1963. Se presenta una interrupción de los registros en 1996 y parte de 1997. Como complemento se instaló una estación hidrológica en el sector de Cabo Inga, próximo a la confluencia del

río Tumbes con la quebrada Cazaderos, sector donde el río ingresa a territorio peruano y otra estación hidrológica en el sector de Ucumares. La ocurrencia del fenómeno El Niño de 1983 y 1988 las destruyó, y sólo han generado información en los períodos 1979-1982 y 1979-1980 (Cuadros N° 4.1, 4.2, 4.3, 4.4).

Cuadro N° 4.1
Descargas mínimas mensuales registradas en la estación El Tigre (período 1963-2001)

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.
1963		76	173	71	41	25,5	17,4	14,4	13,4	12,4	11
1964	28,7	26	40,6	161	72,7	42,5	25,3	20,5	17,3	14	14,5
1965	15,1	22,2	26	129,8	70,3	35,2	28,2	29,9	26	21,9	22,2
1966	61,8	109,7	95	157,7	103,5	44,6	27,5	20,1	16,2	16,1	14,8
1967	20,7	140,5	157,1	79,5	43,4	30	22,8	17,3	11,2	10,1	7,5
1968	14,2	36	86,4	65,7	39,2	32,5	10,5	8,8	7,7	7,7	6,6
1969	13,7	25,8	92,1	187,6	71,4	44,9	38	24,5	20,5	16,4	15,5
1970	23,1	101	106,6	96,8	108	55	34,3	23,4	20,8	14,7	14,1
1971	42,3	106,2	168,3	157,7	85	62,6	38,7	25,5	20,6	19,5	16,6
1972	39,3	65,6	139	322,8	113,6	95,2	52,5	39,7	28,9	28,4	19,3
1973	47,1	116,3	202	213,5	139	92,2	43,6	32,1	24,2	16,1	15,2
1974	44,4	133,8	171,1	89,9	57	50,8	33,3	19,1	15,6	17,8	14,6
1975	49,1	76,2	291,6	213,6	129,4	71,2	43,2	25,3	25,1	23,1	25,8
1976	22,5	227	227	172,6	117,8	61,1	35,1	30,1	21,3	16,4	16,4
1977	23,9	80	73,2	108	61,1	35,1	27,9	21,3	17	15	11,9
1978	31,6	20,3	46,3	55,1	52,9	30,8	21,1	14,6	13,3	11,8	10,4
1979	23,8	60,5	197	111,5	55,8	43	25,8	21,4	19,1	14,6	14,6
1980	12,9	78,6	69	84,3	51,8	34,7	22,8	17,3	15	13,6	13,6
1981	27,9	56,6	101,8	125,2	52,7	32,6	26,7	16,8	14,8	13,4	12,4
1982	29,4	89,9	72,6	71,4	51,4	35,3	23,2	16,9	14	15,5	35,2
1983	214,9	527,6	604,6	564,3	452,1	294,8	81,3	49,8	40,9	36,8	30,2
1984	67,5	95,8	268,2	219,4	93,9	61	43,5	29,2	26,4	24,9	23,9
1985	38,9	59,5	90,8	65,2	41	27,4	19,5	14,6	14,4	11,8	9,8
1986	48,6	154,6	97,6	97,6	95,5	39,5	26,8	20,2	13,9	11,3	16,8
1987											
1988	15,8	82,7	66,9	66,3	58,5	35,8	20,5	14,6	15,3	14,4	13,9
1989	33,6	102,9	71,9	156,5	100,2	45,5	26,6	18,6	14,4	14,7	13,4
1990	15,1	33	50,3	80,9	59,6	32,8	21,8	15,9	12,6	13,3	11
1991	17,8	49,7	88,7	88,8	58,9	33,7	21,5	14,9	12	10,1	9,8
1992	34,6	61,6	83,6	177,2	117	54,7	34	21,2	16,5	13,4	12,2
1993	19	61,3	193,9	271,5	109,4	53,9	36,7	22,9	18,3	14,6	16,4
1994	91,7	169,3	184,8	169,8	95,9	53,6	33,3	21,2	19,5	15	14,7
1995	34,7	49,9	95,6	86,7	68,7	35,7	24,1	15,1	11,6	10,4	11
1996	52,1	109,7	173,9	99,9	51,7	35,5	18,8	14,7	10,4	9,9	
1997									15,1	13,7	53,2
1998	153,9	207,7	339,8	372,1	151,7	83,3	42	28,4	22,5	16,1	16,6
1999	23,3	78,7	222,6	121,6	92,3	57,7	38,4	26,1	21,6	18,8	17,3
2000	55,2	107,4	187,2	251,3	135,7	48,6	43,3	34,5	25,9	21,6	14,2
2001	22,1	51,2	120,8	113,9							
Prom.	41,95	98,7	148	153,5	91,6	54,1	31,4	22,2	18,2	15,9	16,6
Max.	214,9	527,6	604,6	564,3	452,1	294,8	81,3	49,8	40,9	36,8	53,2
Min.	12,9	20,3	26	55,1	39,2	25,5	10,5	8,8	7,7	7,7	6,6

(Fuente: SENAMHI).

Cuadro Nº 4.2
Descargas máximas mensuales registradas en la estación El Tigre (período 1963-2001)

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
1963		464,0	553,0	416,0	91,0	39,5	33,4	17,4	15,0	15,0	18,1	48,0
1964	117,0	198,0	261,0	537,0	252,0	74,0	41,0	25,3	25,3	31,2	31,2	40,0
1965	53,8	150,0	427,5	669,3	547,4	125,8	45,7	37,8	31,1	40,9	45,3	91,1
1966	196,7	427,5	321,3	281,8	184,5	90,5	40,6	26,8	18,7	34,2	34,6	23,1
1967	123,1	582,0	356,6	146,0	83,2	47,3	31,6	22,8	17,3	19,3	15,5	11,9
1968	63,3	78,4	278,8	169,3	63,0	38,1	16,5	10,3	10,9	12,6	13,6	18,9
1969	86,2	250,9	528,2	866,7	312,2	77,2	51,6	38,0	24,0	21,0	19,3	27,0
1970	307,4	370,1	317,3	163,2	255,3	106,3	53,5	35,2	30,4	25,4	22,9	44,8
1971	192,1	816,7	1 370,2	865,8	216,0	95,8	62,6	38,7	41,1	30,5	24,9	100,8
1972	255,7	405,6	1 286,6	867,2	423,5	205,6	93,2	51,9	47,4	35,0	38,2	124,5
1973	563,1	981,2	1 191,4	647,9	271,2	168,0	81,7	45,7	30,9	23,6	22,2	82,3
1974	106,4	278,1	416,5	147,4	249,9	84,5	48,5	29,3	27,2	35,2	38,2	115,4
1975	145,0	598,9	1 224,6	945,7	302,5	175,1	73,2	43,2	39,4	79,5	40,4	46,0
1976	371,7	524,5	645,6	496,0	413,5	95,6	57,1	37,1	28,6	21,9	18,9	28,6
1977	192,0	547,0	723,0	378,1	198,4	58,2	41,0	27,3	35,8	18,3	14,5	37,1
1978	75,9	102,9	371,4	314,0	117,0	62,7	29,6	21,9	15,2	15,2	12,7	29,8
1979	88,3	214,0	578,2	463,3	125,8	79,5	39,5	25,8	30,6	15,9	15,7	21,6
1980	81,7	248,1	163,6	358,6	155,2	58,9	34,7	24,4	17,3	28,0	24,0	69,5
1981	98,0	376,5	1 360,7	325,6	128,2	50,6	32,6	21,1	20,2	15,3	15,9	83,8
1982	109,0	289,8	208,9	406,0	146,3	80,3	35,1	21,9	19,6	50,3	221,0	687,3
1983	2 950,3	2 901,2	2 839,6	1 775,2	2 272,4	1 653,8	503,3	80,2	52,6	69,1	40,9	341,9
1984	249,4	1 023,3	1 095,9	736,5	339,1	101,5	64,0	42,2	32,6	54,5	42,3	117,0
1985	242,5	196,6	320,4	179,3	74,8	40,8	27,4	19,6	15,3	14,4	19,0	137,3
1986	178,2	453,9	237,4	896,4	190,2	90,6	40,8	25,6	19,0	15,8	31,4	34,6
1987												
1988	229,7	500,6	348,9	231,0	136,8	57,0	27,8	20,6	21,8	16,8	21,8	93,2
1989	545,5	1 099,5	1 251,7	907,6	153,9	76,2	45,7	29,6	21,4	27,9	24,0	46,8
1990		291,3	124,8	344,6	173,7	68,6	32,2	21,9	16,3	20,1	22,6	27,1
1991	91,1	239,3	452,0	206,2	103,8	54,1	32,7	21,6	15,5	15,6	22,0	82,2
1992	124,1	306,4	1 378,1	1 138,7	889,0	199,9	56,2	32,6	24,0	16,2	18,7	26,4
1993	90,5	627,4	974,9	1 128,8	395,5	105,7	52,9	34,3	22,9	47,0	38,7	173,0
1994	702,8	752,1	637,3	631,0	351,5	105,9	52,2	31,5	21,7	20,3	22,1	81,7
1995	133,4	370,2	373,7	220,9	115,2	69,9	36,6	22,9	15,1	14,2	25,1	119,8
1996	1 843,3	426,8	451,6	222,0	99,9	53,7	35,5	19,8	13,5	15,1		
1997									36,1	98,6	132,2	914,6
1998	947,1	1 916,1	993,5	930,9	513,2	190,8	68,0	40,3	32,6	22,3	22,9	24,3
1999	110,5	1 116,7	1 418,8	364,0	334,8	95,1	62,5	42,5	33,3	25,3	23,7	251,0
2000	190,8	396,0	813,1	648,3	310,9	102,9	64,5	43,5	33,4	25,9	17,1	40,5
2001	164,3	409,8	1 477,7	871,3								
Prom.	343,4	565,7	750,6	564,8	305,3	135,6	59,6	31,4	25,8	29,4	33,7	117,9
Max.	2 950,3	2 901,2	2 839,6	1 775,2	2 272,4	1 653,8	503,3	80,2	52,6	98,6	221,0	914,6
Min.	53,8	78,4	124,8	146,0	63,0	38,1	16,5	10,3	10,9	12,6	12,7	11,9

(Fuente: SENAMHI).

Cuadro N° 4.3
Descargas medias mensuales registradas en la estación El Tigre (período 1963-2001)

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Media
1963	63,2	173,8	310,0	165,0	63,3	31,7	21,2	16,1	14,1	13,4	12,9	17,3	75,2
1964	52,0	72,9	113,0	279,0	137,0	55,9	31,8	22,8	20,3	20,4	19,1	19,4	70,3
1965	23,5	43,9	191,5	379,5	242,9	54,5	36,1	35,0	29,4	26,7	32,6	37,8	94,5
1966	140,7	193,6	185,7	195,3	141,7	57,3	33,8	23,1	17,5	20,3	16,7	16,3	86,8
1967	59,2	258,7	229,0	108,1	61,0	38,6	27,2	19,6	12,8	11,8	10,8	8,7	70,5
1968	25,6	50,5	152,4	87,1	48,3	35,6	14,2	9,7	8,8	10,7	7,7	8,7	38,3
1969	36,6	109,8	227,3	432,0	141,3	64,0	44,2	34,6	22,1	18,6	17,3	18,9	97,2
1970	122,3	207,8	174,3	119,9	160,5	78,3	42,9	28,8	22,8	18,9	17,2	34,0	85,6
1971	120,2	283,3	497,5	366,3	136,2	77,7	49,3	32,8	27,2	23,0	19,9	39,2	139,4
1972	92,3	184,9	626,9	474,5	229,2	137,6	70,1	42,7	34,2	30,5	27,0	77,7	169,0
1973	151,6	353,7	459,1	352,9	187,8	111,1	57,7	35,6	26,4	19,3	17,5	28,1	150,1
1974	60,5	208,2	256,0	126,7	130,4	63,1	41,3	23,7	18,4	23,8	21,2	51,9	85,4
1975	73,9	250,9	546,6	413,0	204,2	108,2	57,5	35,2	31,4	35,7	30,8	28,5	151,3
1976	96,5	340,6	420,6	288,8	172,1	77,5	41,1	33,7	24,3	18,4	17,2	22,1	129,4
1977	71,2	205,9	181,9	202,0	106,8	43,1	33,6	23,9	21,2	15,5	13,1	16,9	77,9
1978	44,9	50,5	82,8	130,4	77,2	43,8	25,0	17,0	14,3	12,4	11,7	18,2	44,0
1979	42,1	104,3	295,9	172,5	78,4	55,3	31,2	23,3	20,7	15,0	14,8	15,6	72,4
1980	25,4	150,4	95,8	168,2	83,9	44,4	28,6	20,3	16,2	15,8	15,6	37,8	58,5
1981	53,4	194,6	386,6	176,1	85,5	41,0	29,6	18,8	17,2	14,6	13,8	30,9	88,5
1982	55,6	160,6	120,0	156,2	73,8	49,7	28,0	19,4	16,2	29,3	98,4	402,5	100,8
1983	1 053,0	951,5	1 244,2	955,9	925,6	615,7	223,6	58,7	46,0	43,5	35,8	86,7	520,0
1984	106,4	423,6	430,2	395,0	175,1	79,8	51,5	35,7	29,9	33,2	28,5	50,4	153,3
1985	113,4	108,9	155,1	100,0	52,8	32,8	22,7	17,4	15,0	12,4	11,7	35,7	56,5
1986	138,2	254,6	155,4	317,2	124,5	52,6	33,0	22,3	16,5	13,1	26,1	25,6	98,3
1987	391,0	613,9	693,4	611,3	493,1	136,1	78,2	57,5	40,5	39,0	28,4	21,5	267,0
1988	95,6	244,2	133,0	127,0	84,3	45,3	23,8	17,6	17,7	15,3	17,4	26,1	70,6
1989	151,6	549,4	519,2	299,8	101,6	60,1	36,7	24,4	19,2	21,0	14,6	16,4	151,2
1990	33,6	102,9	71,9	156,5	100,2	45,5	26,6	18,6	14,4	14,7	13,4	14,7	51,1
1991	36,4	89,1	219,9	134,0	74,1	40,8	26,0	17,6	13,2	11,6	12,0	22,9	58,1
1992	52,6	152,4	517,8	470,6	253,4	88,0	42,5	26,0	20,0	14,6	13,6	15,3	138,9
1993	43,7	291,9	476,4	495,2	197,2	74,0	44,3	28,2	21,3	18,8	22,9	50,7	147,1
1994	194,0	347,9	320,0	324,4	159,1	73,7	42,0	26,3	20,7	17,3	16,8	31,6	131,2
1995	55,6	141,7	192,7	145,0	87,3	48,4	30,0	18,8	13,2	11,3	16,2	22,7	65,2
1996	114,0	184,4	273,4	148,0	74,1	42,5	26,8	16,8	11,7	11,1	8,2	9,3	76,7
1997	17,3								18,3	23,4	88,3	299,9	
1998	381,7	573,2	587,1	622,3	269,2	112,6	53,0	34,3	26,2	20,0	19,5	16,6	226,3
1999	48,3	333,0	459,4	221,0	181,3	71,7	48,1	31,9	25,4	20,7	18,7	113,2	131,1
2000	90,2	227,4	396,6	374,1	210,7	68,3	52,7	38,8	29,7	23,8	15,2	19,7	128,9
2001	109,8	136,5	410,0	286,3	95,3	53,9	39,4	25,9	17,3	14,1	16,5	19,1	102,0
2002	43,8	127,3	501,5	449,9	121,7	57,9	35,4	24,0	16,7	16,4	19,5	33,3	120,6
2003	46,5	122,2	142,5	157,3	77,4	45,7	30,1	19,9	14,6	12,6	12,5	26,9	59,0
Prom.	115,3	239,4	336,3	289,6	160,5	77,8	42,8	26,9	21,0	19,6	21,7	46,1	114,0
Max.	1 053,0	951,5	1 244,2	955,9	925,6	615,7	223,6	58,7	46,0	43,5	98,4	402,5	520,0
Min.	17,3	43,9	71,9	87,1	48,3	31,7	14,2	9,7	8,8	10,7	7,7	8,7	37,3

(Fuente: SENAMHI).

Cuadro N° 4.4
Descargas máximas instantáneas registradas en la estación El Tigre (período 1979-2003)

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Media	Max.
1979	95,1	335,9	689,7	604,4	203,0	83,2	39,5	26,4	22,6	26,4	15,6	24,8	180,6	689,7
1980	53,7	293,8	222,2	628,3	209,0	65,2	33,1	24,6	16,2	28,3	25,8	104,4	142,1	628,3
1981	127,5	390,3	1 578,6	460,9	143,8	55,9	32,6	21,4	20,2	14,8	16,9	101,3	247,0	1 578,6
1982	148,4	342,0	268,7	512,9	210,1	82,3	75,2	21,9	20,8	52,3	279,3	1 429,0	286,9	1 429,0
1983	3 050,5	3 712,5	3 130,2	2 341,3	2 800,0	1 790,3	518,5	81,3	53,5	69,1	39,2	382,3	1 497,4	3 712,5
1984	257,7	1 455,5	1 627,5	1 045,3	353,6	102,4	64,6	42,2	31,3	52,1	43,1	157,3	436,1	1 627,5
1985	364,0	271,3	397,8	245,7	95,2	39,0	25,2	19,0	15,3	15,3	19,0	150,3	138,1	397,8
1986	518,5	518,5	256,0	1 397,4	200,0	87,2	40,3	26,8	19,6	16,8	33,0	34,8	262,4	1 397,4
1987	1 086,5	2 098,5	2 082,9	1 293,8	809,9	195,6	100,0	68,5	46,8	51,7	43,6	24,3	658,5	2 098,5
1988	340,1	651,9	340,1	347,6	164,7	58,1	28,1	20,9	21,8	16,4	21,8	112,8	177,0	651,9
1989	913,3	1 828,8	1 807,9	1 666,2	172,1	78,6	47,1	29,6	21,4	29,6	23,9	62,6	556,8	1 828,8
1990	85,2	513,4	176,2	443,2	192,9	74,8	32,4	21,9	16,3	20,7	24,4	38,1	136,6	513,4
1991	130,1	412,3	584,5	235,7	113,9	54,1	32,7	21,6	15,1	15,4	24,4	110,6	145,9	584,5
1992	203,9	551,8	2 489,6	2 348,6	1 371,1	258,4	58,4	34,0	29,2	16,7	21,8	27,8	617,6	2 489,6
1993	107,3	907,7	1 281,7	1 918,2	642,0	109,1	52,9	34,3	26,3	64,1	68,4	177,4	449,1	1 918,2
1994	1 222,9	890,9	769,0	891,3	428,9	119,2	52,4	32,5	22,2	20,3	27,1	104,6	381,8	1 222,9
1995	196,6	534,4	523,1	334,0	126,0	69,9	37,5	23,4	14,8	11,4				
1996	293,7	665,7	690,3	315,3	135,5	54,5	37,6	19,8	13,5	20,2	10,0	28,9	190,4	690,3
1997									52,4	159,5	173,9	1 583,3		
1998	1 576,1	2 569,9	1 530,6	2 247,2	604,2	217,4	70,1	41,0	30,2	22,6	26,6	31,7	747,3	2 569,9
1999	491,7	1 853,8	2 506,2	461,4	467,0	95,1	66,8	42,5	43,9	26,9	29,0	335,3	535,0	2 506,2
2000	228,3	502,4	1 238,1	866,1	378,4	105,6	64,5	43,5	34,5	25,9	17,1	40,5	295,4	1 238,1
2001	788,3	616,4	2 756,2	1 479,7	127,0	65,2	43,8	33,2	20,2	16,3	27,6	41,3	501,3	2 756,2
2002	149,9	763,4	2 646,6	1 825,5	259,3	76,2	42,6	29,0	19,4	23,8	25,3	102,7	497,0	2 646,6
2003	114,7	681,4	421,6	354,0	114,7	57,6	35,0	23,9	16,4	23,7	96,7	89,5	169,1	681,4
Prom.	522,7	973,4	1 250,6	1 011,0	430,1	166,5	68,0	32,6	25,8	33,6	47,2	220,7	397,1	1 519,0
Max.	3 050,5	3 712,5	3 130,2	2 348,6	2 800,0	1 790,3	518,5	81,3	53,5	159,5	279,3	1 583,3	1 497,4	3 712,5
Min.	53,7	271,3	176,2	235,7	95,2	57,6	25,2	19,0	13,5	11,4	10,0	24,3	136,6	397,8

(Fuente: SENAMHI)

ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA CUENCA

El río Puyango-Tumbes presenta un régimen de descargas muy marcado según los caudales medios registrados en la estación El Tigre. Esta estación está ubicada a unos 25 km aguas arriba de la ciudad de Tumbes, tiene una altitud de 21,88 msnm, latitud de 3° 46' sur y longitud 80° 27' oeste, y controla una cuenca de aproximadamente 4 380 km². Se han observado caudales altos durante el período de avenidas en los primeros cinco meses del año, y caudales bajos, durante el período de estiaje, el cual es bastante marcado en los meses de julio a noviembre. Los meses de transición corresponden a junio y diciembre.

El caudal medio anual medido en la estación El Tigre es de 114,0 m³/s, siendo el caudal medio mensual máximo de 336,3 m³/s en el

mes de marzo y el caudal medio mensual mínimo de 19,6 m³/s en el mes de octubre. El caudal medio mensual durante el período de avenidas entre enero y abril es de 245,1 m³/s.

El Gráfico N° 4.1, muestra el histograma de los caudales medios, registrados en la estación El Tigre, así como los caudales en el año húmedo (1983) y en el año seco (1990). Puede observarse que los meses del período de avenidas son los que marcan la diferencia entre los años húmedos, medios y secos, mientras que los meses de estiaje siempre son más uniformes aún considerando un año seco y uno húmedo. (Fuente: «Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas del Río Puyango – Tumbes» Pacific Consultants International, 2002).

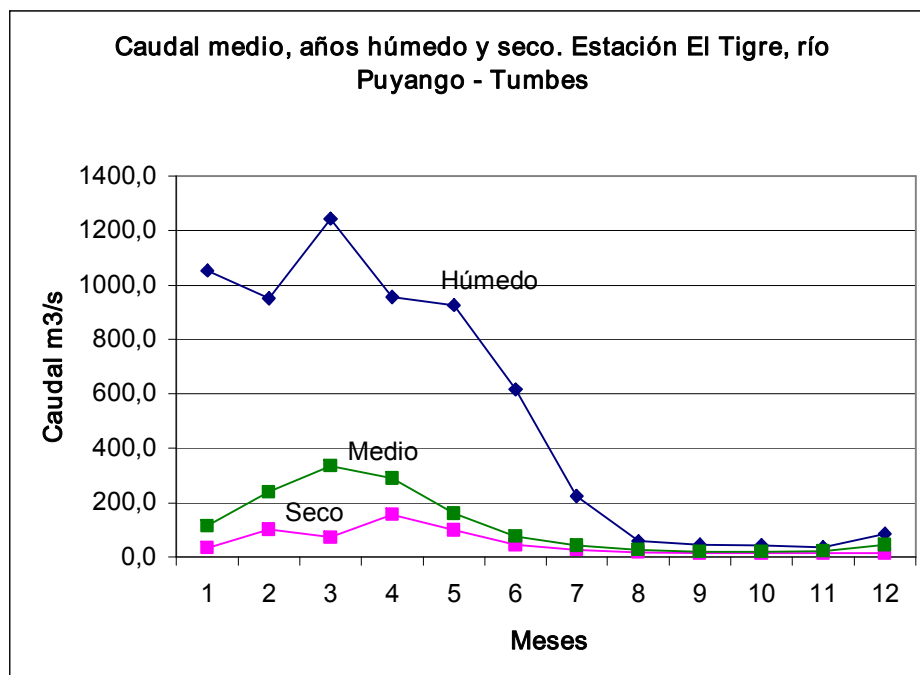


Gráfico Nº 4.1 Histograma de caudales medios en la estación El Tigre

En los registros de la estación El Tigre, se ha identificado el caudal mínimo mensual con un valor de 7,7 m³/s registrado en el mes de noviembre del año 1968. El caudal máximo mensual registrado tuvo un valor de 1053,0 m³/s, en el mes de enero de 1983.

Se han ordenado las descargas medias anuales para construir la curva de volúmenes de descargas medias anuales y determinar las probabilidades de ocurrencia, con la finalidad de caracterizar las series de caudales presentados en la estación hidrométrica El Tigre, en el río Tumbes.

Se tiene información de descargas medias diarias desde el año 1963 hasta el año 2001. Esta información ha sido clasificada, determinando las ocurrencias de los diferentes años, seleccionándolos en húmedos, medio y secos. Los años 1983 y 1998 se pueden clasificar como extremadamente húmedos, como año medio a 1971 y a 1979 como año seco. Los años 1968, 1991 y 1990 son clasificados como extremadamente secos.

Se ha clasificado la serie considerando los caudales medios anuales de acuerdo a la curva de duración, seleccionándose los caudales húmedos, medios y secos. También se han seleccionado los años sobre la base de probabilidad de ocurrencia, es decir, la probabilidad de que los caudales se presenten iguales o mayores.

Un año extremadamente húmedo es aquel que ha registrado caudales húmedos con probabilidad de ocurrencia cercana al 5 %, como año muy seco el correspondiente a un caudal medio

con probabilidad de ocurrencia cercana al 95 %. El año más próximo al caudal anual del 5 % corresponde al año 1983.

En el Cuadro Nº 4.5, se presentan los años característicos, seleccionados de la serie disponible, correspondiente al período 1963-2001.

Cuadro Nº 4.5
Descarga media anual (QMA) y probabilidad de ocurrencia QMA = ó >, estación El Tigre, años característicos

Año	Descarga QMA (m ³ /s)	Prob.	Característica del año
		QMA = ó >	
1983	520	3	Ext. húmedo
1998	226	8	Ext. húmedo
1971	139	25	Húmedo
1986	98	50	Medio
1979	72	75	Seco
1991	58	90	Ext. seco
1990	51	95	Ext. seco
1968	38	99,99	Ext. seco

Fuente: "Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas del Río Puyango-Tumbes" (PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL, 2002).

Cuadro N° 4.6
Información para curva de duración anual, río Tumbes.
Estación El Tigre, periodo 1963-2001

Orden	Año	Prob. %	Qm m ³ /s
1	1983	2,56	520,02
2	1987	5,13	266,99
3	1998	7,69	226,31
4	1972	10,26	168,97
5	1984	12,82	153,28
6	1975	15,38	151,33
7	1989	17,95	151,17
8	1973	20,51	150,07
9	1993	23,08	147,05
10	1971	25,64	139,38
11	1992	28,21	138,9
12	1994	30,77	131,15
13	1999	33,33	131,06
14	1976	35,9	129,41
15	2000	38,46	128,93
16	1997	41,03	107,48
17	2001	43,59	101,91
18	1982	46,15	100,81
19	1996	48,72	99,08
20	1986	51,28	98,26
21	1969	53,85	97,23
22	1965	56,41	94,45
23	1981	58,97	88,51
24	1966	61,54	86,83
25	1970	64,1	85,64
26	1974	66,67	85,43
27	1977	69,23	77,93
28	1963	71,79	75,17
29	1979	74,36	72,43
30	1988	76,92	70,61
31	1967	79,49	70,46
32	1964	82,05	70,3
33	1995	84,62	65,24
34	1980	87,18	58,53
35	1991	89,74	58,13
36	1985	92,31	56,49
37	1990	94,87	51,08
38	1978	97,44	44,02
39	1968	100	38,28

Fuente: "Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas del Río Puyango-Tumbes" (PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL, 2002)

Para los años característicos, considerados como húmedos, medio y seco, se seleccionaron las series de caudales medios diarios, a fin de caracterizar las condiciones del escurrimiento en la estación El Tigre, obteniéndose los caudales, con sus respectivas ocurrencias en los años característicos evaluados, los cuales se presentan en el Cuadro N° 4.7.

Cuadro N° 4.7
Descarga media diaria (QMD) y probabilidad de
ocurrencia QMD = ó >. Estación El Tigre, años
característicos

Descargas medias diarias QMD (m ³ /s)							Prob. QMD= ó > (%)
1983	1998	1971	1986	1979	1991	1968	
2 950	1 916	1 370	896	578	452	279	0,3
2 424	1 141	1 028	461	392	363	216	1
1 653	750	541	311	290	200	139	5
1 124	610	344	243	204	137	94	10
1 025	505	252	209	137	106	73	15
903	454	193	178	112	89	56	20
829	406	165	153	80	78	50	25
751	311	135	113	70	66	43	30
658	223	113	98	59	59	38	35
547	166	92	65	48	41	35	40
311	66	62	38	33	28	16	50
81	37	40	30	25	21	12	60
50	23	28	22	19	15	10	75
39	18	20	16	15	12	8	90
36	16	20	13	15	11	7	95

Fuente: "Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas del Río Puyango-Tumbes" (PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL, 2002)

Ánálisis de Avenidas Máximas

Se cuenta con información de caudales instantáneos en la estación El Tigre, para el periodo 1963-2003. La información disponible corresponde a la que se presenta en el Cuadro N° 4.8.

Se ha realizado el análisis de frecuencias de esta información teniendo en cuenta las diferentes funciones, de las cuales se han seleccionado, las correspondientes a las funciones Normal, Gamma, Gumbel, Pearson-3, Weibull-2 y Weibull-3. Los resultados se presentan en el Cuadro N° 4.9.

La calidad de la información de caudales fueron obtenidos de las bandas limnigráficas, y corresponden a caudales máximos instantáneos, se obtendrán también buenos resultados al transferir información hacia las secciones ubicadas aguas arriba de la estación El Tigre.

HIDROGEOLOGÍA

El recurso hídrico subterráneo, es uno de los recursos naturales más valiosos, actualmente constituye una fuente de abastecimiento de agua para satisfacer las crecientes demandas de la población humana que la requiere para uso doméstico, industrial y agrícola.

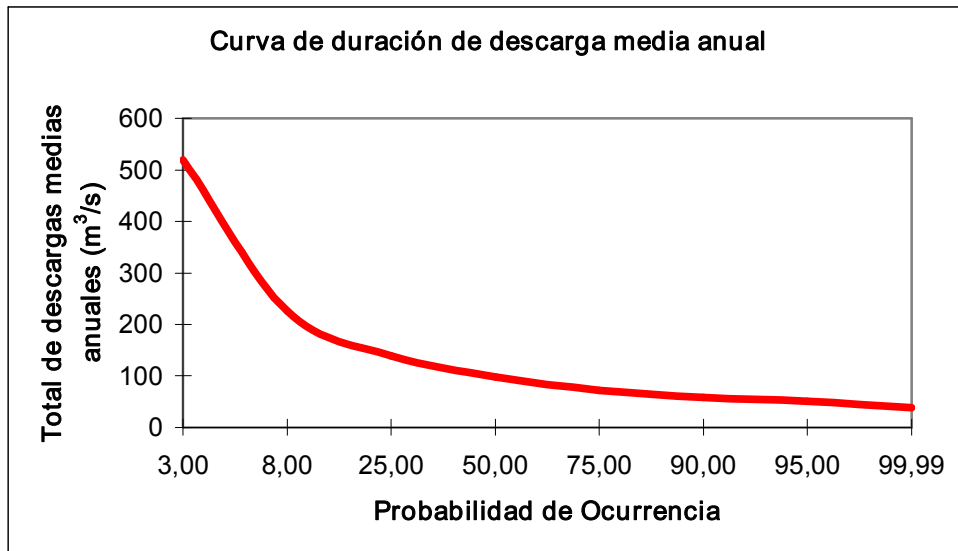


Gráfico N° 4.2 Curva de duración de descarga media anual

Cuadro N° 4.8
Caudales máximos instantáneos registrados, estación El Tigre
(1963-2003)

Año	Q (m ³ /s)	Año	Q (m ³ /s)
1963	553	1984	1 627,5
1964	537	1985	397,8
1965	965	1986	1 397,4
1966	534	1987	2 098,5
1967	695	1988	651,9
1968	325	1989	1 828,8
1969	1 100	1990	513,4
1970	470	1991	584,5
1971	1 722	1992	2 489,6
1972	1 929	1993	1 918,2
1973	1 442	1994	1 222,9
1974	455	1995	534,4
1975	2 074	1996	690,3
1976	772	1997	1 583,0
1977	723	1998	2 569,9
1978	519	1999	2 506,2
1979	689,7	2000	1 238,1
1980	628,3	2001	2 756,2
1981	1 579	2002	2 646,6
1982	1 429,0	2003	681,4
1983	3 713		

Fuente: SENAMHI

Cuadro N° 4.9
Análisis de extremos, caudales máximos para diferentes períodos de retorno,
estación El Tigre, río Tumbes

Período Retorno Tr(años)	Función de Ajuste: Caudales máximos en m ³ /s					
	Normal	Gumbel	Gamma	Pearson-3	Weibull-2	Weibull-3
2	1 260	1 125	1 086	1 123	1 110	1 047
5	1 952	1 852	1 851	1 882	1 900	1 830
10	2 315	2 333	2 362	2 363	2 389	2 371
25	2 700	2 942	2 995	2 944	2 960	3 046
50	2 950	3 393	3 455	3 357	3 353	3 535
100	3 174	3 841	3 905	3 754	3 721	4 009
200	3 380	4 287	4 345	4 141	4 070	4 472
250	3 442	4 430	4 536	4 307	4 178	4 619
500	3 628	4 876	4 917	4 638	4 506	5 069
1000	3 803	5 321	5 344	5 005	4 821	5 511
10000	4 320	6 798	6 734	6 189	5 794	6 930
Orden	11°	9°	4°	5°	2°	1°

Fuente: "Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas del Río Puyango-Tumbes" (PACIFIC CONSULTANTS INTERNACIONAL, 2002)

En la mayoría de los meses del año, uno de los principales problemas en la costa peruana es la escasez de agua superficial, juntamente con la aridez. El escurrimiento superficial se efectúa con rapidez relativa cuando se producen las lluvias, en épocas de pocas precipitaciones o escasez de ellas, los caudales de los ríos bajan notablemente hasta anularse en muchos de los casos.

A nivel regional las aguas subterráneas en la cuenca del río Puyango – Tumbes están en acuíferos de rocas sedimentarias y materiales aluviales, los cuales consisten de grava, arena, limo y arcilla encontrándose esparcidos en la planicie costera y en el interior, a lo largo de los valles principales. Las acumulaciones máximas del aluvión están en el área costera de los valles Puyango-Tumbes y Zarumilla, donde el grosor varía probablemente entre 60 y 100 m.

En la cuenca del río Puyango-Tumbes, el agua subterránea generalmente se encuentra disponible en un acuífero libre. En algunos sectores se encuentra en acuíferos semiconfinados, alimentado por infiltraciones de los ríos y canales de regadío no impermeabilizados, áreas bajo riego, y en tiempo de lluvias por las quebradas principales, así también por infiltraciones producidas en las partes altas de la cuenca, producto de las precipitaciones.

En el Cuadro N° 4.10 se presentan las características de la morfología de la napa freática.

De acuerdo a los estudios realizadas por el INRENA el año 2000, es posible analizar las variaciones de los niveles estáticos para el período setiembre-diciembre 2000:

Cuadro N° 4.10

Características morfológicas de la napa freática de la cuenca del río Puyango-Tumbes

Distrito	Sentido de Flujo	Gradiente Hidráulica %	Rango
			(msnm)
Tumbes	NE a SO	0,1	0,49-9,74
Pampas de Hospital	SE a NO	0,32	19,05-44,55
Corrales	NO a SE	0,29	9,83-13,75
San Jacinto	NO a SE	1,79	12,78-60,76
San Juan de la Virgen	SE a NO	0,18	22,80-46,94

Fuente: Monitoreo de las Aguas Subterráneas del valle de Tumbes (INRENA, 2000)

- En el distrito de Tumbes, 1 pozo mostró un ascenso de 0,28 m y los 5 pozos restantes mostraron un descenso promedio de 1,08 m.
- En Pampas de Hospital, se mostró el ascenso del nivel en 2 pozos con valor promedio de 0,19 m y en los 22 pozos restantes se observó un descenso promedio de 0,51 m.
- En Corrales, los 2 pozos monitoreados mostraron un descenso promedio de 0,29 m.
- En San Jacinto el ascenso promedio en 2 pozos fue de 0,58 m y en los 3 restantes se observó un descenso promedio de 0,17 m.
- En San Juan de la Virgen se apreció un descenso promedio de 0,56 m en 3 pozos y el mismo valor ascendió en los 3 pozos restantes.

Fuente: Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Valle de Tumbes (INRENA, 2000).

La Morfología de la napa freática en los distritos de Tumbes presenta las siguientes características:

- El nivel freático en el distrito de Tumbes varía entre 0,49 msnm y 9,74 msnm, en los sectores Campamento Puyango y A.H. 24 de Junio. El sentido del flujo de la napa es de NE a SO y la gradiente hidráulica promedio de 0,10 %.
- El nivel freático en el distrito de Pampas de Hospital varía entre 19,05 msnm y 44,55 msnm, el sentido de flujo de la napa es de SE a NO y presenta una gradiente hidráulica promedio de 0,32 %.
- El nivel freático en el distrito de Corrales varía entre 9,83 msnm y 13,75 msnm, perteneciente a los sectores Cabeza de Vaca y Universidad de Tumbes, el sentido del flujo de la napa es de NO a SE y una gradiente hidráulica promedio de 0,29 %.
- En el distrito de San Jacinto, el nivel freático varía entre 12,78 msnm y 60,76 msnm, perteneciente a los sectores Carretas y Rica Playa, el sentido del flujo de la napa es de NO a SE y presenta una gradiente hidráulica promedio de 1,79 %.
- En el distrito de San Juan de la Virgen, el nivel freático varía entre 22,80 msnm y 46,94 msnm, valores extremos que corresponden al sector Miraflores, el sentido del flujo de la napa es de SE a NO y una gradiente hidráulica promedio de 0,18 %.

Fuente: Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Valle de Tumbes (INRENA, 2000).

La profundidad del techo de la napa freática a nivel distrital en Tumbes presenta las siguientes características:

- La profundidad del nivel de agua varía de 3,26 a 36,42 m, en el distrito de Tumbes; observándose el menor nivel entre los

sectores de Tumbes y el A.H. 24 de Junio y el mayor nivel entre los sectores Puyango y Puerto Pizarro.

- En el distrito de Pampas de Hospital, la profundidad del nivel de agua varía de 0,61 a 17,76 m, observándose los menores niveles en los sectores de Bigotes y Chacrita y los mayores niveles entre los sectores Cabuyal y El Limón. Así mismo, entre los sectores La Angostura y Rodeo la profundidad del nivel de agua varía de 1,16 a 4,22 m; encontrándose el menor nivel en el sector La Angostura y el mayor nivel en el sector Pueblo Nuevo.
- La profundidad del nivel de agua varía de 0,95 a 1,64 m, en el distrito de Corrales, encontrándose estos niveles entre los sectores Universidad Nacional de Tumbes y Cabeza de Vaca.
- En el distrito de San Jacinto la profundidad del nivel de agua varía de 2,05 a 12,42 m, encontrándose el menor nivel en el sector Casa Blanca y el mayor nivel en el sector Carretas.
- La profundidad del nivel de agua varía de 2,14 a 8,80 m, en el distrito de San Juan de la Virgen, encontrándose el menor nivel en el sector Cafeterías y el mayor nivel en el sector Miraflores.

Fuente: Monitoreo de las Aguas del Valle de Tumbes (INRENA, 2000).

No se cuenta con información actualizada de la explotación de agua subterránea en la cuenca del río Puyango-Tumbes, se han obtenido datos del informe «Uso Actual de Agua y Uso Futuro con Mejoramiento en el Actual Valle de Tumbes 1978-PEBPT», donde se indica que la explotación de agua subterránea hasta ese año es de 7,19 MMC/año, de los cuales 0,76 % corresponde al uso doméstico y el 99,24 % restante para uso agrícola (ver Cuadro N° 4.11)

Cuadro N° 4.11
Uso de aguas subterráneas en la cuenca del río Tumbes

Meses	Doméstico (1000 m ³)	Pecuario (1000 m ³)	Agrícola (1000 m ³)	total (1000 m ³)	caudal medio (m ³ /s)
Febrero	4,54	-	680	684,54	0,283
Marzo	4,54	-	680	684,54	0,256
Abril	4,54	-	748	752,54	0,29
Mayo	4,54	-	714	718,54	0,268
Junio	4,54	-	680	684,54	0,264
Julio	4,54	-	510	514,54	0,192
Agosto	4,54	-	374	578,54	0,141
Setiembre	4,54	-	442	446,54	0,172
Octubre	4,54	-	442	446,54	0,167
Noviembre	4,54	-	510	514,54	0,199
Diciembre	4,54	-	680	684,54	0,256
Anual	54,48	-	7 140	7 194,48	0,227

(Fuente: Monitoreo de las Aguas del Valle de Tumbes, INRENA 2000).

La calidad de las aguas subterráneas se ha evaluado teniendo en cuenta los parámetros de conductividad eléctrica (CE) y el pH.

La CE expresa el contenido global de sales disueltas en ella. Las variaciones de la CE están ligadas a la temperatura, cuyos valores para efecto de la interpretación han sido referidos a la temperatura estándar de 25 °C, por lo tanto en estas condiciones sus variaciones están en función de la concentración y tipo de sales (iones disueltos). Ver Cuadro N° 4.12.

- La CE en el distrito de Tumbes varía de 1,31 a 3,91 mmhos/cm. Estos valores indican aguas de baja a alta mineralización.
- La CE en el distrito de Pampas de Hospital varía de 0,30 a 3,05 mmhos/cm. Estos valores indican aguas de baja a alta mineralización.
- En el distrito de Corrales, la CE varía de 0,58 a 0,86 mmhos/cm. Estos valores corresponden a aguas de baja mineralización.
- La CE varía de 1,13 a 2,28 mmhos/cm en el distrito de San Jacinto. Estos valores indican aguas medianamente mineralizadas.
- La CE en el distrito de San Juan de La Virgen varía de 0,74 a 4,25 mmhos/cm. Estos valores corresponden a aguas de baja a alta mineralización.

Fuente: *Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Valle Tumbes (INRENA, 2000).*

Cuadro N° 4.12
Variación de la conductividad eléctrica por distrito en la provincia de Tumbes

Distrito	Conductividad eléctrica mmmhos/cm
Tumbes	1,31 - 3,91
Pampas de Hospital	0,30 - 3,05
Corrales	0,58 - 0,86
San Jacinto	1,13 - 2,28
San Juan de la Virgen	0,74 - 4,25

Fuente: *Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Valle de Tumbes (INRENA 2000).*

Las medidas del pH permiten conocer la alcalinidad, acidez ó neutralidad de las aguas subterráneas de la zona en estudio. Ver Cuadro N° 4.13.

- El pH del agua en el distrito de Tumbes presenta valores que oscilan entre 7,6 y 8,2, corresponden a aguas ligeramente alcalinas a alcalinas.
- El pH presenta valores que van de 7,1 a 8,4 en el distrito de Pampas de Hospital. Estos valores corresponden a aguas ligeramente alcalinas a alcalinas.

- En el distrito de Corrales, el pH presenta valores que oscilan entre 7,7 y 7,9 y corresponden a aguas ligeramente alcalinas.
- El pH en el distrito de San Jacinto presenta valores que oscilan entre 7,3 y 8,5, correspondiendo a aguas ligeramente alcalinas a alcalinas.
- En el distrito de San Juan de la Virgen, los valores de pH oscilan entre 7,2 y 8,1 y corresponden a aguas ligeramente alcalinas a alcalinas.

Cuadro N° 4.13
Variación del pH por distrito en la provincia de Tumbes

Distrito	pH
Tumbes	7,6 - 8,2
Pampas de Hospital	7,1 - 8,4
Corrales	7,7 - 7,9
San Jacinto	7,3 - 8,5
San Juan de la Virgen	7,2 - 8,1

Fuente: *Monitoreo de las Aguas Subterráneas del Valle Tumbes (INRENA, 2000).*

MAPA HIDROGEOLÓGICO

Constituye la fase final en el proceso de caracterización del medio hidrogeológico, reflejando el nivel de conocimiento geológico, hidrológico e hidrogeológico del territorio estudiado.

Los mapas hidrogeológicos contienen información de las aguas subterráneas y las formaciones geológicas que la albergan. Los elementos representados en los mapas son complejos ya que pueden clasificarse según diferentes criterios que complican su representación.

La interpretación de las formaciones geológicas permitirá clasificar los tipos o grupos principales de acuíferos y unidades hidrogeológicas de ocurrencia de aguas subterráneas. Estos grupos principales de acuíferos representados en el mapa, se diferencian entre sí por un color característico y las unidades hidrogeológicas se diferencian, gráficamente, según la trama asignada dentro del grupo al que pertenecen. Para la representación del Mapa Hidrogeológico de la Cuenca del río Puyango-Tumbes (Lámina N° 4), se ha tomado en cuenta las recomendaciones establecidas en la Leyenda Internacional para Mapas Hidrogeológicos, elaborada por la Asociación Internacional de Hidrogeólogos.

En la elaboración del Mapa Hidrogeológico de la cuenca del río Puyango-Tumbes se ha seguido el siguiente proceso:

Se recopiló toda la información bibliográfica y cartográfica hidrogeológica existente en las diferentes dependencias públicas y privadas (INRENA, INGEMMET, etc.). Con la cual se generó una base de datos que podrá ser usada posteriormente, en la elaboración del Mapa Hidrogeológico del Perú a escala 1:1 000 000 y el Mapa Hidrogeológico de la región Tumbes.

Se relacionó la información recopilada con los mapas geológicos a escala 1:100 000 y el Mapa Estructural del Perú a escala 1:2 000 000 elaborados por el INGEMMET.

Se estableció una base litológica desde el punto de vista hidrológico aprovechando toda la información recopilada. Para esto se tomó como base los boletines del INGEMMET con sus respectivos mapas geológicos a escala 1:100 000, agrupándose las rocas y depósitos superficiales según el Cuadro N° 4.14.

Las unidades litológicas según su permeabilidad son las siguiente:

- Formaciones detríticas permeables en general no consolidadas, las cuales podrían ser acuíferos extensos con productividad elevada (permeabilidad elevada). Estas formaciones están conformadas por arenas, gravas, conglomerados y materiales aluviales. En el mapa litológico se han agrupado como la Unidad I (depósitos marinos, depósitos aluviales recientes, depósitos aluviales pleistocénicos)
- Formaciones que podrían ser acuíferos locales o de productividad discontinua o acuíferos extensos pero sólo moderadamente productivos (permeabilidad media). Son formaciones consolidadas que se encuentran fisuradas. Están conformadas por arenisca, conglomerados y lutitas yesíferas,

Cuadro N° 4.14
Agrupación de las formaciones geológicas según litología

Unidad	Subunidad	Litología	Formación Geológica
I Sedimentos Modernos	I-1	Materiales inconsolidados, conformados por arenas y limos.	Depósitos marinos.
	I-2	Depósitos inconsolidados, conformados por arenas, limos, gravas y ocasionalmente bolones.	Depósitos aluviales recientes.
	I-3	Depósitos inconsolidados, conformados por arenas, limos, gravas y ocasionalmente bolones.	Depósitos aluviales pleistocénicos.
II Rocas Intrusivas	II	Rocas intrusivas meteorizadas, conformadas por un ortogneis, dacitas y granodioritas.	Intrusivo de Higuieron, y batolito de Portachuelo.
III Rocas Volcánicas	III	Igimbritas, brechas piroclásticas, lavas andesíticas, tobas andesíticas y riolíticas, andesitas piroclásticas.	Volcánico: Pisayambo y Saraguro.
IV Rocas Volcánico - Sedimentarias	IV	Secuencia clástico-volcánica, areniscas, niveles de chert, brechas piroclásticas, volcánicos porfiroides andesíticos.	Volcánico Lancones
V Rocas Sedimentarias	V-1	Rocas clásticas conformadas por conglomerados, areniscas, lutitas, limolitas y lodolitas.	Formaciones: Zorritos, Tumbes, Encuentros, Zapotillo y Puyango, Grupo Talara.
	V-2	Rocas clásticas conformadas por areniscas y conglomerados.	Formaciones Máncora, Salinas y Tablones
	V-3	Secuencia de calizas, areniscas calcáreas, lutitas, limolitas y conglomerados	Formaciones: Muerto, Pananga y Río Las Playas.
	V-4	Lutitas	Formaciones Heath y Pazul
	V-5	Areniscas	Formación Cardalitos
VI Rocas Metamórficas	VI	Esquistos, gneises, graníticos, anfibolitas, filitas.	Serie metamórfica del macizo La Brea.

lutitas con intercalaciones de caliza, margas. En el mapa litológico han sido agrupadas como la Unidad V, Subunidades V-1 (formaciones: Zorritos, Tumbes, Encuentros, Zapotillo, Puyango), V-2 (Formación Tablones), V-3 (formaciones: Muerto, Pananga y Río Las Playas), V-5 (Formación Cardalitos)

- Formaciones que podrían ser acuíferos locales (dendríticas o fisuradas), son regiones sin una cantidad de agua subterránea apreciable.
- Acuíferos locales, en formaciones consolidadas, que se encuentran fracturadas o meteorizadas (permeabilidad baja a muy baja) y se encuentran conformadas por lutitas y conglomerados, lutitas y areniscas. En el mapa litológico han sido agrupadas como subunidades V-1 (Formación Talara), V-2 (formaciones Máncora y Salinas), V-4 (formaciones Heath y Pazul).
- Formaciones que generalmente no son acuíferos y están conformadas por rocas volcánicas, intrusivas y metamórficas. En el mapa litológico han sido agrupadas como la Unidad II (intrusivo Higuierón y batolito de Portachuelo), Unidad III (volcánicos Pisayambo y Saraguro) y Unidad VI (rocas metamórficas). Ver Lámina N° 4.

CAPÍTULO V

CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO

GENERALIDADES

En este estudio se clasifican las formas del terreno de acuerdo con su génesis u origen, donde se pueden predecir los procesos erosivos considerando además de otros factores, las pendientes de las laderas.

Las variaciones geomorfológicas encontradas en la cuenca Puyango-Tumbes, tiene una relación estrecha con el tectonismo y los agentes denudativos.

En la actualidad, en la cuenca Puyango-Tumbes muchas geoformas están siendo alteradas por la intervención del hombre, con intensa deforestación y construcción de infraestructura, dando lugar a que los fenómenos de remoción en masa se den con más frecuencia, especialmente cuando ocurra el fenómeno El Niño.

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Se han distinguido siete unidades geomorfológicas (Lámina N° 5), que se describen a continuación:

Faja Litoral

Esta unidad está conformada por dos subunidades:

- a) **Delta:** De todos los ríos que forman el flanco occidental de los Andes que tributan al océano Pacífico, el único que forma delta marino en su desembocadura, es el río Tumbes (DÁVILA y DALE, 1983).

En esta zona se realiza una acentuada depositación de sedimentos, que origina un cambio morfológico constante y una incorporación de nuevos territorios al continente, además de ocasionar erosión en otros lugares. Esta unidad está conformada principalmente, por arenas y limos, donde se desarrollan los manglares con una flora y fauna muy típica.

La actividad geodinámica es muy importante, hay mucha variación del cauce del río y de los esteros, al igual que la desembocadura del río (Figura N° 3).

Un ejemplo de las variaciones geomorfológicas que hay en esta unidad se presenta en la zona comprendida entre la Isla Hueso de Ballena y Puerto Pizarro, donde se forman islas pequeñas (menores a 1 km) que son erosionadas en un tiempo

y engrosadas en otro. El mismo cordón de arena de la isla Hueso de Ballena ha tenido muchas variaciones en diferentes años, lo que se puede apreciar en las fotografías aéreas tomadas en diferentes años (DÁVILA y DALE, 1983) (Figura N° 4).

Con el último fenómeno El Niño 1997/1998, por la gran afluencia de carga de sedimentos y su fuerza erosiva, el cauce del río ha variado (Figura N° 4), tomando el cauce del estero Tamarindo, formándose una nueva desembocadura, lo cual se puede constatar comparando las imágenes satelitales de los años 1988 y 2000, se aprecia además la incorporación de nuevas áreas al continente donde el río le ha ganado terreno al mar. Esta zona se caracteriza por tener gran sedimentación.

En esta unidad se forman constantemente, cordones litorales tales como las Islas Del Amor, Hueso de Ballena, Los Pájaros (Foto N° 5.1) playa Jelí y los Tómbolos de punta Mal Pelo. En el lado izquierdo de la desembocadura del río se está formando un cordón de arena.

Los cambios más bruscos de la desembocadura del río tienen lugar cuando ocurre el Fenómeno El Niño, por ejemplo para El Niño 1997/1998 el río tomó un antiguo cauce (estero Tamarindo), con el tiempo éste se colmatará y el río tomará un nuevo cauce o retomará otro antiguo, el cual podría ser el estero de río Chico por su cercanía al cauce actual. Por lo observado en las imágenes satelitales, este último estero parece ser un antiguo cauce del río Tumbes.

En tiempo de avenidas, gran parte del delta del río Tumbes es inundado, ocasionando grandes pérdidas a la agricultura y a la industria langostinera.

- b) **Faja Litoral:** Esta unidad se ubica al borde del delta en el lado NO (Playa Hermosa) (Foto N° 5.2) y N (Playa Jelí), se caracteriza por ser muy angosta, llega a medir hasta 400 m y se adelgaza por sectores, no tiene un patrón definido (homogéneo), la longitud de playa para el primer lado es de 10 km y para el segundo de 4 km (aproximadamente).

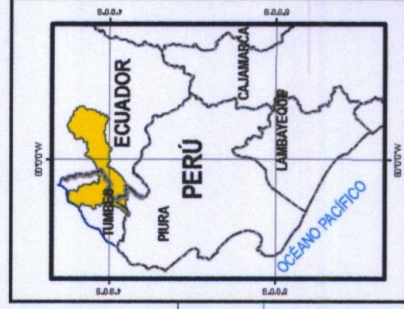
Esta subunidad a través del tiempo ha ido variando, en Playa Hermosa perdió longitud, porque el estero de Palo Santo retomó su antiguo cauce y sale directamente al mar, (suceso ocurrido



Foto Nº 5.1 Zona de los esteros, isla de Los Pájaros (S. Núñez, mayo-2004)

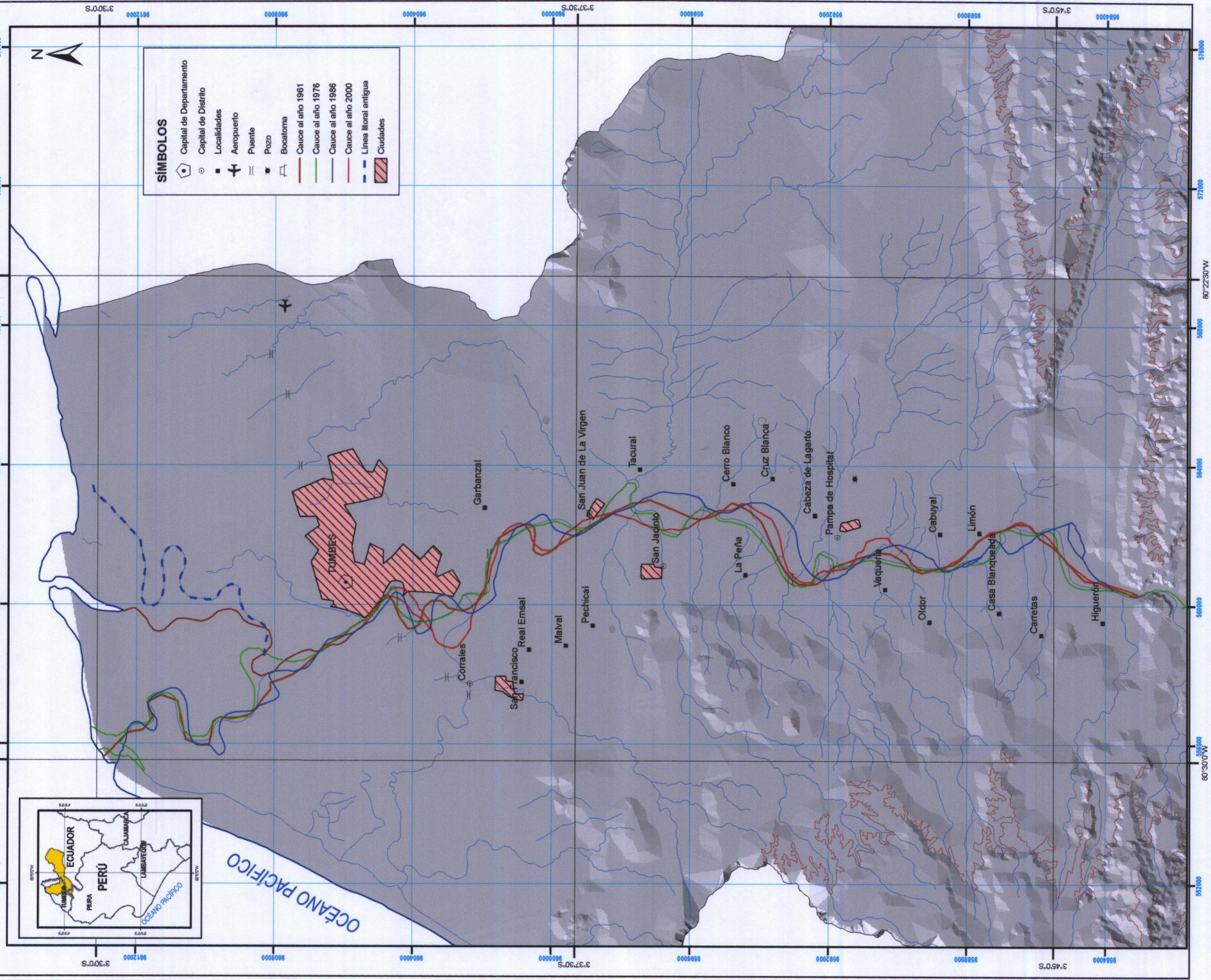


Foto Nº 5.2 Vista hacia el norte de Playa Hermosa (S. Núñez, mayo-2004).



SÍMBOLOS

- Capital de Departamento
- Capital de Distrito
- Localidades
- Aeropuerto
- Puente
- Pozo
- Bocatoma
- Cauce al año 1961
- Cauce al año 1976
- Cauce al año 1986
- Cauce al año 2000
- Línea litoral antigua
- Ciudades



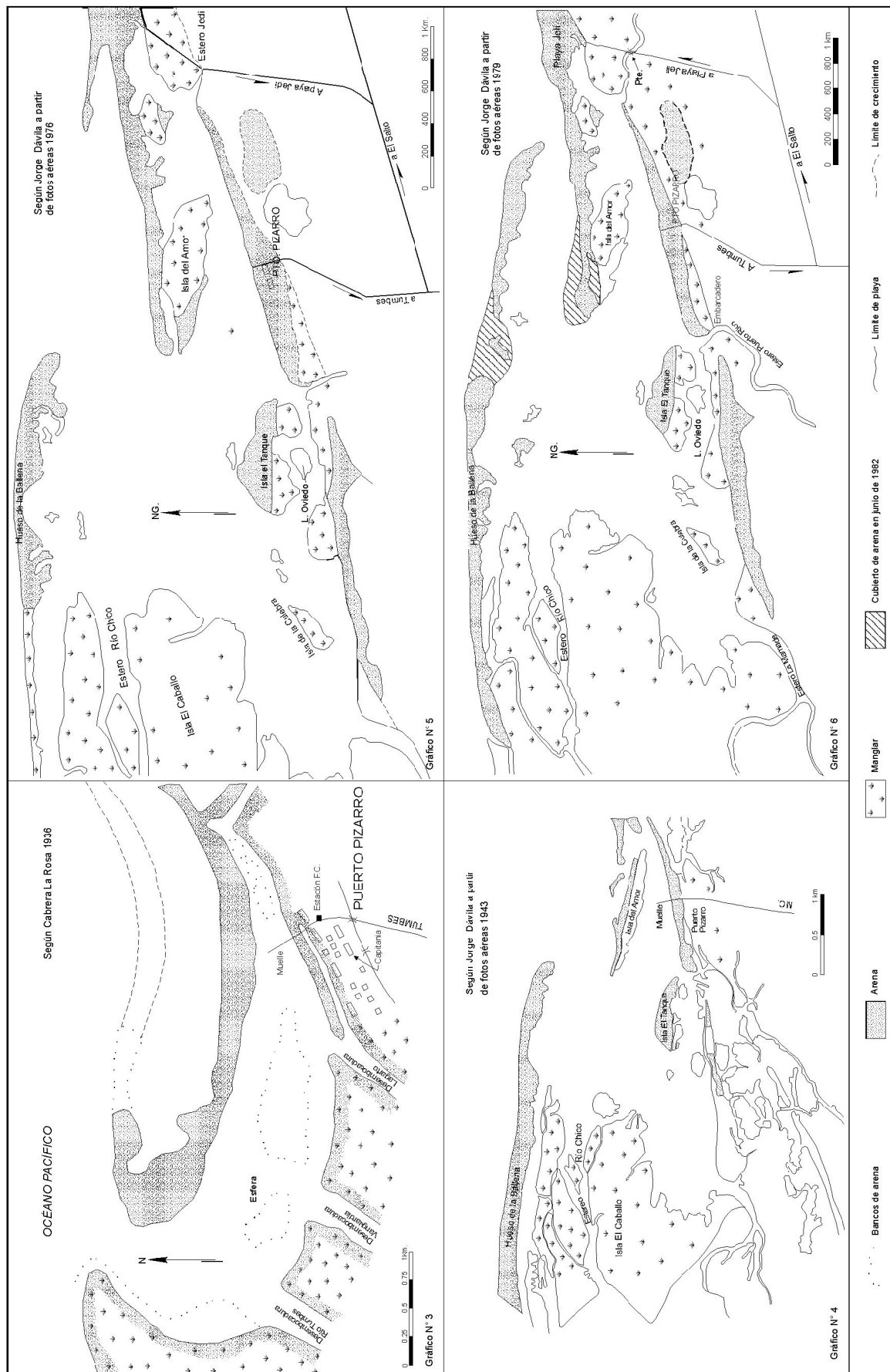
REPUBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
VARIACIÓN DEL CAUCE DEL RÍO TUMBES
(entre 1961 y 2000)

ESCALA 1 : 100000

FIGURA Nº 3

PAGINA EN BLANCO

Desarrollo geomorfológico-geodinámico comparativo del área de puerto Pizarro



Fuente: (ONERN)-Plan de Ordenamiento Ambiental Para el Desarrollo Turístico de los sectores de Playa Hermosa-Puerto Pizarro-Playa Jeli.

Fig. N° 4

durante el fenómeno El Niño del año 1997/1998), la variación afectó a la carretera afirmada que recorría toda la línea de playa, pasando esta zona se observa que continúa la línea de playa hasta el sector de Punta Mal Pelo, su acceso actual es solamente por vía acuática, con el empleo de lanchas artesanales.

Según DÁVILA y DALE, 1983, de acuerdo al análisis de fotografías de diferentes años Playa Hermosa ha ido ampliando su faja, en 400 m aproximadamente. También determinaron a la altura de la Playa Jeli las variaciones de los antiguos cordones litorales, sobre los cuales se han construido pozas para la crianza de langostinos.

Planicie Costanera

Se desarrolla entre:

- a) Parte de la línea de playa y las lomadas (Foto N° 5.3)
- b) La zona de influencia del delta y las lomadas,

Tiene una extensión aproximada de 24 km de largo y un ancho promedio de 4 km. Se caracteriza por ser plana con pendiente suave (menor de 5°), principalmente plana, y en ella se localizan pequeñas lomadas, su parte central se encuentra disectada por el río Tumbes y en el lado derecho (norte) por tres quebradas. En esta unidad se desarrolla ampliamente la agricultura y la expansión urbana actual de la ciudad de Tumbes.

Cuando ocurre el fenómeno El Niño con fuertes lluvias, se intensifican los problemas de inundaciones en estos terrenos, que son fácilmente saturados de agua y las quebradas que disectan a esta unidad generan flujos de lodo.

Lomadas

Esta unidad, de topografía suave (menor de 20°), está conformada por cerros de baja altura (menor a 100 m), que se ubican en la parte baja de la cuenca (Foto N° 5.4). Esta unidad ocupa un área aproximada de 375 km² (15 por 25 km).

Se encuentra disectada por el río Tumbes y quebradas afluentes. Los procesos geodinámicos que ocurren son derrumbes, deslizamientos y erosión de laderas, este último fenómeno se ha acentuado más por la intensa deforestación de la zona.

Colinas

Esta unidad se encuentra ampliamente distribuida en la cuenca media, zona de Los Amotapes. La zona involucra las áreas de San Juan de la Virgen, Pampas de Hospital, San Jacinto, Angostura, Cazaderos y Rica Playa.

Esta unidad se ha dividido en tres subunidades, que se mencionan a continuación:

- a) **Colinas Altas (Col-a):** Subunidad que está ampliamente distribuida entre la quebrada Cazaderos y sector de Teniente Astete, (zona de Los Amotapes). Comprende un área de aproximadamente 60 km de largo y 15 km de ancho.

En la parte media, esta subunidad se encuentra limitada por el valle cañón del río Tumbes y disectada por la quebrada Cazaderos.

Se caracteriza por estar conformada por rocas sedimentarias de tipo conglomerádico, areniscas y en parte por calizas, las pendientes de las laderas son suaves a moderadas. Es común encontrar depósitos de detritos. Se presentan fenómenos de erosión de ladera, flujos de lodo y huaycos.

- b) **Colinas Bajas (Col-b):** Se encuentra distribuida en la parte media de la cuenca. Una parte es disectada por el valle cañón del río Tumbes, y seccionada por varias quebradas, sobresaliendo Rica Playa e Higuieron. Otro sector de menor dimensión que el anterior, se ubica en la margen izquierda de la quebrada Murciélagos, en el sector de Paletillas y Pinal (Fotos N° 5.5).

Las rocas aflorantes en esta unidad son de origen intrusivo y metamórfico y en parte calcáreo. Sus laderas son de pendientes suaves a moderadas (20° a 30°). Se presentan deslizamientos, caídas de rocas y derrumbes.

- c) **Colinas Plegadas (Co-Ap):** Esta subunidad tiene un afloramiento de 25 por 35 km aproximadamente, se encuentra en la parte media de la cuenca (sector ecuatoriano), entre los sectores de Paletillas, Tablazos, La Libertad, etc. Se caracteriza por presentar rocas sedimentarias de tipo calcáreas, areniscas y conglomerados, las cuales están plegadas.

Cordillera Real

Esta unidad se encuentra aflorando en territorio ecuatoriano, se han distinguido tres subunidades:

- a) **Zona de montaña:** Se encuentra ampliamente distribuida en la zona ecuatoriana, desde los 400 msnm hasta los 3 200 msnm, se caracteriza por presentar cerros con laderas de pendientes moderadas a muy altas. Se considera como montaña a los desniveles mayores de 400 m (VILLACORTA, 1989). (Fotos N° 5.6).

Ocupa una longitud aproximada de 100 km, donde se encuentran importantes centros poblados como Zaruma, Paccha, Guazaguiña.

Esta subunidad en la parte alta, se encuentra disectada por los ríos Puyango, Amarillos, Salado, Pindo, Ambocas, Moromoro, etc.



Foto N°5.3 Planicie Costanera donde se observa el poblado de La Jota, al fondo las áreas cultivadas (S. Núñez, abril-2004).



Foto 5.4 Zona de lomadas y de quebrada, sector de La Angostura y Cabuyal (vista de oeste a este. S. Núñez, mayo-2004).



Foto N° 5.5 Zona de colinas, carretera a Pindal. (S. Núñez, noviembre-2004).

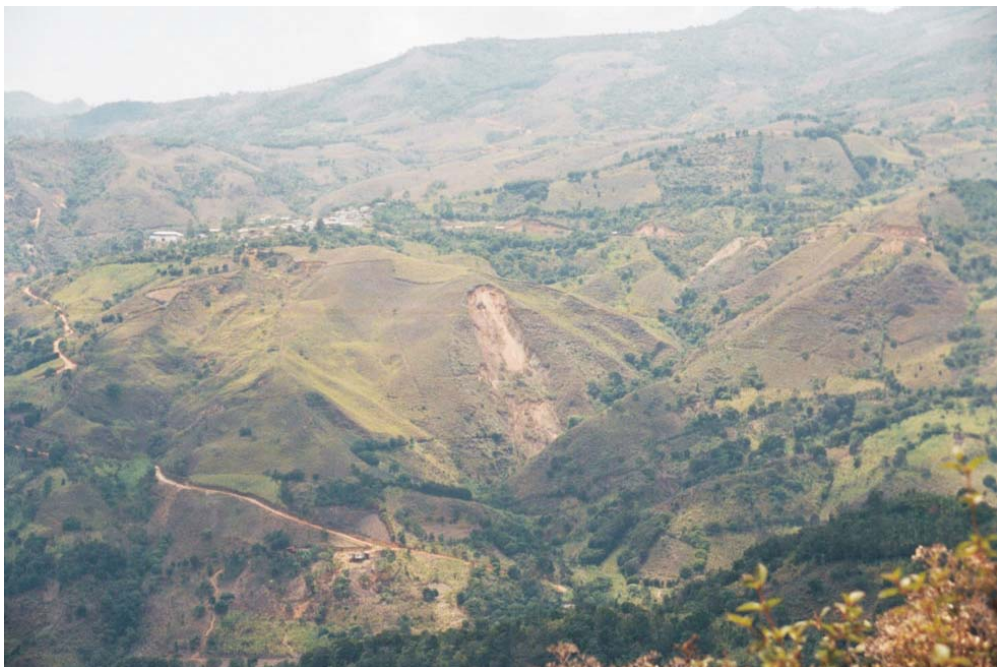


Foto N° 5.6 Zona de montaña, al lado izquierdo se observa el poblado de Paccha. (S. Núñez, noviembre-2004).

Las rocas aflorantes en esta subunidad son sedimentarias, metamórficas e intrusivas, en ellas ocurren gran cantidad de fenómenos geodinámicos, principalmente deslizamientos, derrumbes, caídas de roca, y erosión de laderas, en menor escala reptación de suelos que se presentan solamente en la parte alta de la cuenca.

- b) Zona Altoandina:** Esta subunidad se localiza en la parte ecuatorial, donde destaca el centro poblado de Portovelo. Se encuentra conformada por un relieve plano-ondulado donde destacan algunas lomadas con cimas redondeadas y pendientes suaves de 10° a 20°, disectadas por el río Balsas y quebradas afluentes.

Esta zona se caracteriza por poseer escasa vegetación y suelos arenolimosos rojizos que son susceptibles a erosionarse fácilmente por el agua de precipitación. En esta zona se ha intensificado la deforestación, donde la erosión de suelos se ha intensificado. Es susceptible a la ocurrencia de fenómenos de derrumbes, deslizamientos y en menor escala a erosión de laderas y fluvial.

Zonas de Valles

Esta unidad comprende zonas con depresiones de terrenos de forma longitudinal de varios kilómetros de extensión y sobre cuyos fondos (lechos fluviales) discurren ríos.

El río Puyango Tumbes desde sus nacientes en Portovelo-Amarillos, hasta Cazaderos presenta una dirección NE-E, luego cambia bruscamente de rumbo hacia el NO-O. Cambio debido a la litología y al sistema de fallamiento existente en la zona.

Se han diferenciado 4 subunidades que se describen a continuación:

- a) Zonas de quebradas (q):** Las más representativas son Cazaderos, Rica Playa, Angostura y Bellavista-Cabeza de Toro; se caracterizan por tener un recorrido de hasta 12 km y un cauce amplio hasta 400 m. La pendiente es baja (menor a 5°), y se va incrementando hacia la parte alta. Las pendientes de las laderas que las encajonan son menores a 20°.

Estas quebradas se caracterizan por permanecer secas la mayor parte del año, activándose en tiempos de lluvias excepcionales (Fotos N° 5.7, 5.8, 5.9 y 5.10). Es muy común que en la parte alta de éstas se presenten derrumbes, deslizamientos, erosión de laderas y en tiempo de lluvias excepcionales por sus cauces se produzcan flujos de lodo o huaycos.

En la quebrada Cazaderos el valle mantiene su forma de «V», pero en la parte media presenta una forma meándrica, lo que sugiere que tiene cierta madurez.

- b) Valle inundable (Vi):** Comprende la zona inundable de la parte baja de la cuenca del río Tumbes (Foto 5.9), comprendida entre la zona de Higuerón y la desembocadura del río, con una longitud aproximada de 35 km, su ancho varía de 200 a 400 m.

Este sector se caracteriza por tener terrazas bajas inundables, las cuales en tiempo de estiaje quedan expuestas y muchas de ellas son utilizadas para cultivo de algunos productos, hasta el tiempo de avenidas cuando nuevamente son cubiertas por las aguas. Hay que considerar que este río cambia de curso, esto sucede principalmente, cuando hay lluvias excepcionales o se presenta el fenómeno El Niño (Figura N° 4).

En esta subunidad afloran rocas sedimentarias en su mayor parte, constituidas por areniscas y conglomerados no muy litificados, que han sido fácilmente erosionados, formando un valle amplio.

Esta zona es muy susceptible a inundaciones principalmente, cuando se presentan lluvias excepcionales.

- c) Valle en V (Vv):** Esta subunidad se desarrolla ampliamente, en la parte media y alta de la cuenca, donde se observa la forma pronunciada de los valles, que en algunos casos son amplios y en otros cerrados (Foto N° 5.10).

Esta unidad se ha diferenciado entre la parte media y alta de la cuenca, en sectores formando pequeños cañones. En la cuenca media se observó que el río Puyango forma pequeñas cataratas.

Desde la zona de Portovelo hasta Zaruma, el río principal se estrecha más y las laderas de las márgenes son bien pronunciados. La pendiente de sus laderas en la parte media oscilan entre 20° y 30° y en la parte alta es mayor a 30°. Es muy común que se presenten fenómenos de erosión fluvial.

- d) Valle Cañón (Vc):** Está representado por el cañón del río Tumbes, con una longitud aproximada de 10 km, se inicia en el sector de Cabo Inga y termina entre Ucumares y Salto del Tigre. Su recorrido es más o menos recto con algunas semicurvaturas de amplio radio. El ancho promedio del cauce es de 50 m y en las partes altas 100 m, la altura desde el cauce hasta la cima varía de 200 a 300 m (Proyecto Binacional Puyango-Tumbes-1977).

El cañón ha sido labrado en roca dura, sobrepuesto a rocas intrusivas y metamórficas paleozoicas, sirve como un gran dissipador de todos los elementos en suspensión que lleva el río.

En el estudio de prefactibilidad del proyecto binacional, también destaca el cañón de Linda Chara, en el río Puyango ubicado cerca de Marcavelí, con las siguientes características: la ladera



Foto N° 5.7 Quebrada San Juan (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto N° 5.8 Quebrada Los Cedros (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto N° 5.9 Zonas inundables del río Tumbes (margen Izquierda), al frente de la ciudad de Tumbes, vista tomada desde el puente Tumbes, aguas abajo (S. Núñez, abril-2004).

derecha posee pendientes menores (25°) y mayor disección que la ladera izquierda (40°), la disección es en cascadas y abarrancamientos siguiendo cauces paralelos, este comportamiento esta íntimamente relacionado con la litología y dirección de los estratos. El fondo del cañón de Linda Chara tiene un ancho promedio de 50 m y cota de 250 msnm. Ambos flancos están siendo sometidos a intensa erosión subparalela por los afluentes y por erosión regresiva, sobre las laderas.

Terrazas

a) **Terrazas bajas (Tb):** Se encuentran a lo largo de la cuenca baja desde la altura de Higuerón hasta cerca de la confluencia con el delta (por la ciudad de Tumbes).

Se encuentran distribuidas en ambas márgenes del río Tumbes (Foto N° 5.11), en algunos lugares desaparecen por la erosión del río Tumbes.

Esta unidad se caracteriza por ser plana con una altura entre los 5 y 10 m, de ancho variable, llegando a medir hasta 400 m, en ciertos lugares se estrecha, dependiendo muchas veces de la dinámica del río, y su longitud llega a 19 km.

Está conformada por depósitos inconsolidados, principalmente por arenas, limos y arcillas, ocasionalmente gravas, conforme discurre el río aguas abajo, las gravas desaparecen.

En tiempos de lluvias excepcionales o del fenómeno El Niño, las terrazas tienden a ser erosionadas, y muchas de ellas a desaparecer, por cambio del cauce del río. Desde el año 1961 hasta la actualidad ocurrieron 4 episodios de cambios de curso del río (Figura N° 3).

b) **Terrazas altas (Ta):** Son zonas planas con pendientes muy suaves, grosores entre 10 y 15 m y con dimensiones variables. Están compuestas por arenas, limos, arcillas y ocasionalmente gravas, muy difíciles de ser erosionadas por el río, por estar muy alejadas de él.

Cuando ocurre el fenómeno El Niño, las áreas que conforman esta unidad son sujetas a inundaciones de tipo pluvial, en muchos de los casos estos terrenos carecen de buen drenaje.

PENDIENTE DE LOS TERRENOS

Para la evaluación de los fenómenos de remoción en masa es muy importante tener en cuenta el tipo de pendiente sobre la cual se están desarrollando.

El mapa de pendientes de la cuenca se ha elaborado en forma manual, a escala 1:250 000, con curvas de nivel cada 50 m para el lado peruano, y 40 m para el lado ecuatoriano (Lámina N° 6).

En la cuenca Puyango-Tumbes se han diferenciado cuatro tipos de pendiente: muy baja, baja, media, y fuerte, que se describen a continuación:

a) Pendiente muy baja (menor de 5°)

Comprende zonas planas con áreas de planicie, pequeñas lomadas disectadas por el río Tumbes y la zona de la desembocadura del río.

Son sujetas a inundaciones de tipo fluvial y pluvial, especialmente cuando se presentan lluvias extraordinarias o con el fenómeno El Niño. Pueden presentarse también erosión fluvial y flujos de lodo en las quebradas.

En alturas menores de 50 m se han presentado deslizamientos y derrumbes generados por precipitaciones pluviales de los fenómenos El Niño de los años 1982/1983 y 1997/1998, favorecidos por la intensa deforestación que hay en la zona.

b) Pendiente baja (entre 5° y 20°)

Abarca gran parte de la cuenca, desde la zona media a la alta. La zona media se caracteriza por presentar pocos fenómenos de remoción en masa, pero la parte alta se caracteriza por presentar deslizamientos, derrumbes y movimientos complejos por la modificación del terreno original, construcción de obras de infraestructura y la intensa deforestación de la zona.

c) Pendiente media (20° - 35°)

Son áreas de incidencia intensa de los fenómenos de remoción en masa, lugares inestables donde se han presentado y se siguen presentado deslizamientos, derrumbes, y movimientos complejos. Se encuentran ampliamente distribuidas en la parte alta de la cuenca, y en forma muy esporádica en la cuenca media.

d) Pendiente fuerte (35° - 50°)

Estas características se observan generalmente en la parte alta de la cuenca. Los fenómenos de remoción en masa deben ser de mayor intensidad, no se accedió completamente a esta zona.



Foto Nº 5.10 Valle en "V", quebrada Yucasa, afluente del río Susares (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto Nº 5.11 Zona de Pampa Grande, donde se observan terrazas bajas (S. Núñez, julio-2004).

CAPÍTULO VI

ASPECTOS LITOLÓGICOS

GENERALIDADES

Para el desarrollo de este capítulo se ha tomado como base el Mapa Geológico Integrado Perú-Ecuador (INGEMMET-DINAGE, 2004) a escala 1:500 000, y los mapas de los cuadrángulos de Tumbes, Las Playas y Zorritos (PALACIOS, 1994) a escala 1:100 000. El mapa consiste en una agrupación de las unidades geológicas de acuerdo a la litología que presentan (Lámina N°7).

Las unidades encontradas son: depósitos superficiales, rocas intrusivas, volcánicas, volcano-sedimentarias, sedimentarias y metamórficas. Las cuales se subdividen de acuerdo a las características que muestran.

A continuación se describen las unidades y subunidades presentes en la cuenca:

DEPÓSITOS SUPERFICIALES

Agrupada subunidades conformadas por depósitos marinos, aluviales y recientes, generalmente presentan una topografía muy suave.

- a) **Depósitos marinos (Subunidad I-1).**- Esta subunidad está conformada por arenas y se localiza en dos áreas: una entre Punta Mal Pelo, y otra en el extremo norte de la cuenca (la parte litoral tiene una extensión de 11 km y un ancho máximo de 1,5 km), destacan los cordones litorales (Hueso de Ballena) e islas (Isla del Amor, de Los Pájaros, etc.). La segunda zona es el área de Playa Hermosa (Foto N° 6.1) con 10 km de longitud y 400 m de ancho. Están sometidas a constantes cambios morfológicos y son inundables en tiempo de lluvias excepcionales.
- b) **Depósitos aluviales recientes (Subunidad I-2).**- Están conformados por parte del antiguo delta del río Tumbes, se componen principalmente de arenas, limos, arcillas y gravas ocasionalmente. Se encuentran entre la zona circundante del lecho del río Tumbes y la zona de quebradas, la primera es muy amplia con un ancho de hasta 25 km.

La zona circundante del lecho del río Tumbes, se caracteriza por tener hasta 2 km de ancho y 20 km de largo, desde Higuierón hasta la desembocadura del río.

En la zona de quebradas (Foto N° 6.2), destacan las quebradas de Rica Playa, Cazaderos y Bellavista-Cabeza de Toro, la primera de hasta 10 km de longitud, y las otras de hasta 7,5 km. Los materiales que predominan son arena, limo, grava y bolones. En la parte baja de la quebrada los materiales son más finos y conforme se asciende a la parte alta se hacen más gruesos, con fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas.

- c) **Depósitos aluviales pleistocénicos (Subunidad I-3).**- Conformados por grava, arena y arcilla, se observan algunos lentes de arena que pueden llegar hasta 10 m de grosor. Están ubicados al norte de la ciudad de Tumbes en dirección al aeropuerto hasta llegar al límite de la cuenca, tienen 9 km de longitud y 3,5 km de ancho aproximadamente.

Estos depósitos se encuentran alejados del actual cauce del río Tumbes y sobre ellos se está desarrollando la expansión urbana e industrial de Tumbes.

SUBSTRATO ROCOSO

Rocas Intrusivas

Esta unidad está conformada por el ortogneis de Higuierón-Marcavelí (aflorante en la parte peruana y ecuatoriana), y parte del batolito de Portachuelo.

En el lado peruano sobresale el intrusivo Higuierón, que aflora en la zona de Angostura (Foto N° 6.3) y en el curso medio del río Tumbes, el cual pasa a territorio ecuatoriano. Otras zonas donde afloran son, en el Cañón y en la margen izquierda del río Tumbes. En la quebrada Angostura se pone en contacto fallado con la serie metamórfica indivisa, la intruye teniendo diques de este cuerpo y vetas de cuarzo como producto del magma residual. En el lado ecuatoriano está ampliamente expuesta al norte de Ingenio, entre Marcavelí y Balsas, y entre Moromoro, Portovelo, Salati y oeste de Salati.

Existen otras zonas, donde afloran rocas intrusivas en forma aislada como al norte de Paccha, en el límite parroquial de Huertas y Salvias, al este de la parroquia de Guizhaguíña, en la zona alta de la cuenca.

Las rocas intrusivas están constituidas por ortogneis, petrográficamente, presentan plagioclasas, biotita, muscovita y anfíboles, de características pegmatíticas, intruidos por diques ácidos pegmatíticos en muscovitas. Este ortogneis tiene xenolitos de varios tipos de rocas, como anfibolitas, esquistos, gneises biotíticos, etc. Estos granitoides intruyen al Ordoviciano-Devoniano del Paleozoico y son asignados al Permo-Triásico, en Moromoro, donde se ha tomado una muestra y se han hecho dataciones SHIRIMP-Ar/Ar, a estos cuerpos se les ha asignado una edad de 240 Ma.

El intrusivo en la zona de la costa (lado peruano), se comporta como una zona estable, la cual, cuando se altera su morfología por una obra civil de corte de carretera, se vuelve inestable. La vegetación típica del área ayuda a la estabilidad de la roca.

Este intrusivo en la zona ecuatoriana se halla más alterado, llega hasta un A3-A4 (roca alterada a muy alterada), por las intensas lluvias que soporta la zona y el proceso de deforestación existente, pudiéndose presentar fenómenos de remoción en masa.

El otro intrusivo existente constituye parte del batolito de Portachuelo (lado ecuatoriano), y está conformado por granodioritas y dioritas.

Son intrusivos relativamente jóvenes, su edad se considera entre 12 y 15 Ma, se ubican en la parte superior de la cuenca alta, observándose siete cuerpos, cuyos diámetros no son mayores a 7 km.

Estos cuerpos intrusivos están sometidos a intensas lluvias y a notable deforestación en la zona.

Rocas Volcánicas

Estas rocas están compuestas por tobas (Fm. Pisayango) y derrames lávicos de tipo andesítico (Volcánico Saraguro), se encuentran aflorando en parte del sector de la cuenca alta (Ecuador)

Las tobas se ubican cerca del límite de la cuenca con la de Chira-Catamayo, sector de Guatoma,

Las lavas andesíticas se encuentran ampliamente distribuidas en la parte alta de la cuenca, en los sectores de Sabadel, Salvias, Guando, El Palto, Paccha, etc. Son fácilmente alterables, principalmente las tobas, los factores influyentes son las intensas precipitaciones y la intensiva deforestación. Los cortes para obras civiles son los factores detonantes que activan u originan deslizamientos, derrumbes, etc.

Rocas Volcano-Sedimentarias

Esta unidad está representada por el volcánico Lancones que aflora en la parte media de la cuenca, en un pequeño sector (lado ecuatoriano), desde la zona llamada El Higuierón-La Soledad

hacia el sur de la cuenca Chira-Catamayo, donde se encuentra mejor expuesto. Está conformada por flujos de roca volcánica y lavas, intercaladas con areniscas retrabajadas.

A esta zona no fue posible acceder, pero por similitud de los fenómenos geodinámicos debe presentar erosión de laderas, como ocurre en la cuenca Chira-Catamayo.

Rocas Sedimentarias

Están conformadas por cinco subunidades que se describen a continuación:

- a) **Conglomerados, areniscas, limolitas, lodolitas:** (Subunidad V-1). Conformada por las formaciones Tumbes, Zorritos, y el Grupo Talara.

Formación Tumbes: En el sector de Caleta Cruz (límite de la cuenca) se describió la siguiente secuencia, lutitas arcillosas abigarradas, fisibles con algunos niveles muy finos de areniscas poco consolidadas y niveles amarillentos debido a la descomposición del yeso. La parte media consiste de areniscas tobáceas de grano fino a medio, bien clasificados, poco consolidadas, sigue arenisca de grano grueso beige. Forma bancos compactos de 1 m de grosor, sobre los que se encuentran lutitas abigarradas con niveles delgados de areniscas, seguidas de un banco de arenisca dura. También se presentan algunos niveles de conglomerados, con fragmentos bien redondeados de 5 a 12 cm de diámetro, intercalándose lutitas grises claras con tintes amarillentos, así como areniscas tobáceas grises y areniscas de grano muy fino, compactas, formando capas medianas (Foto N° 6.4).

Formación Zorritos: Esta secuencia, en su base presenta lutitas marrones, meteorizadas a ocre debido a la oxidación, contiene yeso. Hacia arriba se observan areniscas terrosas poco consolidadas, lutitas tobáceas que meteorizan a ocre con algunos niveles de areniscas, teniendo nódulos de chert y niveles conglomerádicos, también yeso rellenando vetillas y nódulos silíceos de hasta 30 cm de diámetro. Esta formación presenta una mayor consolidación que la anteriormente descrita. Aflora en la quebrada Bocapán (cercano a la cuenca), Foto N° 6.5.

Formación Encuentros: Esta Formación tiene mayor contenido de lutitas, con intercalaciones de areniscas, seguido de areniscas y conglomerados. Presenta sedimentos clásticos con intercalación de areniscas arcósicas, areniscas de grano medio con estructuras nodulares intercaladas con delgados niveles de limoarcillitas.

Grupo Talara: Se encuentra en la quebrada Rica Playa y en el sector de Peña Blanca. En la zona de la quebrada Bocapán (zona colindante a la cuenca), el Grupo Talara se divide en



Foto N° 6.1 Depósitos marinos, conformados por arenas, sector de Playa Hermosa. (S. Núñez, abril-2004).



Foto N° 6.2 Quebrada Cristales, muestra depósitos aluviales recientes, conformados por arena, limo y arcilla (S. Núñez, abril-2004).



Foto N° 6.3 Quebrada Angostura, afloramiento de rocas intrusivas, que engloban rocas metamórficas. (Sánchez-2004).



Foto N° 6.4 Sector de Puerto El Cura, se observa una secuencia de areniscas y limolitas poco consolidadas (S. Núñez, abril-2004).

dos secciones, una consiste de conglomerado basal con guijarros de cuarzo, cuarcitas y areniscas arcillosas grises, siguen areniscas arcillosas gris verdosa oscuras. La otra parte está compuesta por una secuencia lutácea gris oscura.

- b) Areniscas, conglomerados y lutitas** (Subunidad V-2) está representada por las siguientes formaciones: Máncora, Salinas y Tablones.

Formación Máncora, constituida por areniscas de grano fino a grueso, con matices abigarrados por meteorización, presenta estratos bien definidos. Se observan niveles lenticulares de conglomerados con matriz arcillosa, a veces con concreciones ferruginosas. Aflora cerca de Rica Playa (Foto N° 6.6).

Formación Salinas, secuencia de areniscas de grano fino, color verde marrón grisáceo; son también micáceas, se intercalan con areniscas de grano grueso, en parte se presentan conglomerados púrpuras, aflora en un sector de Quebrada Honda y cerro El Tigre.

Formación Tablones, secuencia de conglomerados y niveles delgados (10-20 cm de grosor) de areniscas blanquecinas micáceas. Aflora en el cerro Huasimal y se prolonga a territorio ecuatoriano por el hito Cuervera y la quebrada Chorrillos.

- c) Calizas, areniscas calcáreas, lutitas, limolitas y conglomerados** (Subunidad V-3)

Está representada por las formaciones Pananga y Muerto

Formación Pananga, secuencias carbonatadas, constituidas por calizas gris rosadas, que se toman localmente a facies arrecifales masivas conteniendo paquetes de guijarros. En la parte inferior se observan areniscas calcáreas conteniendo concreciones ferruginosas.

Formación Muerto, constituida por calizas gris claras de grano fino con contenido de restos vegetales, areniscas calcáreas,

pasando a limolitas y lutitas amarillo ocre, seguido de calizas gris oscuras que meteorizan a ocre, así como también margas. En la parte superior caliza arcillosa maciza. Sobre esta caliza se encuentra el conglomerado Tablones.

- d) Lutitas** (Subunidad V-4)

Esta subunidad está representada por las formaciones Heath y Pazul

Formación Heath, en la zona de Los Amotapes, la secuencia consiste de lutitas gris verdosas, con nódulos calcáreos, se intercalan con bancos coquiníferos de 30 cm de grosor, seguidos de lutitas cuarzosas de grano grueso, matriz arcillosa con intercalaciones de lutitas verdes que meteorizan a ocre. En la parte superior se observan niveles de lutitas arcillosas de color marrón oscuro, algo rojizas que presentan mucho yeso acicular y microlaminar.

Formación Pazul, consiste íntegramente de lutita negra, quebradiza, aflora en la zona de Cazaderos, Teniente Astete y Capitán Hoyle.

- e) Areniscas** (Subunidad V-5)

Esta subunidad está conformada por la Formación Cardalitos.

Formación Cardalitos, secuencia compuesta por areniscas tobáceas feldespáticas que se intercalan con areniscas de cemento calcáreo color ocre de grano medio. Se encuentra aflorando entre los sectores de Platero, Franco y Vaquería (Foto N° 6.7)

Nota: En la zona ecuatoriana no se ha subdividido lo concerniente a las rocas sedimentarias por faltar más información al respecto.



Foto N° 6.5 Sector de la Cruz de Coloma-Qda. La Cruz, se aprecia una secuencia de arenisca con limolita de la Formación Zorritos, se muestran inconsolidadas (S. Núñez, julio-2004).



Foto N° 6.6 Margen derecha de la quebrada La Capitana, se aprecian secuencias de areniscas y lutitas de la Formación Máncora (S. Núñez, julio-2004).



Foto N° 6.7 Quebrada La Jardinera, se aprecian secuencia de areniscas inconsolidadas de la Formación Cardalitos (S. Núñez, mayo-2004).

CAPÍTULO VII

PELIGROS NATURALES

GENERALIDADES

Una definición generalmente aceptada menciona que los peligros naturales son «aquellos elementos del medio ambiente físico, o del entorno físico, perjudiciales al hombre y causados por fuerzas ajenas a él» (BURTON, 1978). El término peligro natural es utilizado en referencia a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (especialmente sísmicos y volcánicos) u originados por el fuego que, de acuerdo al lugar donde ocurren, su severidad y frecuencia, pueden afectar de manera adversa a los seres humanos, a sus estructuras o actividades. En algunos países se utiliza el término amenaza natural en sustitución de peligro natural.

La evaluación de peligros naturales se utiliza en la elaboración de estrategias de mitigación, así como también en la planificación regional integrada y en actividades de preparación de proyectos de inversión.

En el Perú, las pérdidas económicas por causa de los fenómenos naturales en el último medio siglo también han sido cuantiosas. Por ejemplo, para las obras de reconstrucción del terremoto de 1970, se desviaron enormes recursos, de proyectos de desarrollo socioeconómico de otras regiones del Perú. El fenómeno El Niño 1982/1983 dejó pérdidas materiales equivalentes al 6,2% del PBI de 1983 y El Niño 1997/1998 restó al Perú el 3% del PBI de 1998.

Siendo el desarrollo sostenible, objetivo de la nación peruana, sin retrocesos bruscos que causan los desastres, es política del Estado Peruano reducir los efectos negativos que producen los desastres naturales y antropogénicos.

La protección de la vida y salud de los peruanos, en especial de los más pobres, que son los que más sufren en caso de desastres, constituye también una importante razón de la política del Estado Peruano.

En la formulación de planes de prevención y de emergencias se fijan los límites de inundaciones, huaycos y deslizamientos, tipos de conformación de suelos y otros factores referidos a los fenómenos naturales, con lo cual se propenderá a mitigar sus efectos dañinos y a preparar a la población para afrontar y protegerse de todos los peligros naturales.

En la cuenca, los problemas resaltantes en la parte baja son las inundaciones, especialmente cuando se produce el fenómeno El Niño, tal como sucedió en los años 1982/1983 y 1997/1998.

En la cuenca alta se han identificado deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas, que se han acentuado más por la intensa deforestación que hay en este sector.

INVENTARIO DE LOS PELIGROS NATURALES

En la cuenca se han inventariado un total de 379 ocurrencias de peligros, de los cuales 163 pertenecen al lado peruano y 216 al lado ecuatoriano (Lámina N° 8)

Para la identificación de los peligros se realizó una recopilación de la información, usando la base georeferenciada de los peligros geológicos registrados por el Ingemmet, datos del Instituto de Defensa Civil (INDECI), recortes periodísticos e información de los gobiernos locales (distritos), etc.

Unificando estos datos se obtuvo una data preliminar la cual fue plasmada en los mapas correspondientes.

Para el inventario se usó una ficha de inventario de peligros geológicos en el Perú, diseñada por la Dirección de Geología Ambiental, en la cual se registran los siguientes datos:

- Identificación del fenómeno, con una codificación espacial.
- Fecha en que se realizó y nombre del evaluador(es).
- Ubicación del peligro con coordenadas geográficas.
- Identificación del tipo de peligro geológico y su denominación.
- Identificación de las principales causas naturales o antrópicas, y los factores desencadenantes.
- Descripción de las evidencias visuales del proceso, y una definición puntual de cada fenómeno encontrado.
- Fecha de ocurrencia, si es recurrente, ocasional o excepcional.
- Identificación de los aspectos geológicos, estructurales y geotécnicos del área.
- Evaluación de los daños o posibles daños que ocasionaría de generarse el peligro.

- Cuantificación del área crítica.
- Observaciones y recomendaciones.
- Elaboración del croquis de ubicación del peligro.

Una vez realizado el inventario en campo y verificado los datos proporcionados por otras instituciones, la información obtenida se traslada a las fichas de inventario de peligros.

La base topográfica digital utilizada a escala 1:100 000, fue proporcionada por el Proyecto Especial Binacional Puyango-Tumbes.

El Cuadro N° 7.1 muestra los 379 peligros identificados en la cuenca, agrupados por tipo de peligro.

Los principales peligros identificados en la parte baja de la cuenca son inundaciones y flujos. En la cuenca media y alta se observan deslizamientos y derrumbes.

En el Cuadro N° 7.2 se hace una recopilación de los fenómenos más importantes sucedidos hasta la fecha, se describen las áreas afectadas:

MOVIMIENTOS EN MASA

Los movimientos en masa se refieren a los deslizamientos, derrumbes, flujos de lodo, huaycos, caídas de rocas y movimientos complejos.

Para un mejor entendimiento se hace una breve definición de cada movimiento en masa y un listado de ellos, donde se describe principalmente, sus causas y qué es lo que ha afectado.

El Cuadro N° 7.3, muestra los principales fenómenos de remoción en masa: deslizamientos, derrumbes, flujos, movimientos complejos y caídas de rocas.

Deslizamientos

Son desplazamientos de masas de suelo, roca o combinados, a causa de la pérdida de estabilidad, a lo largo de uno o varios planos, con escarpas irregulares, semicirculares hasta rectas, y saltos de terreno desde centímetros hasta varios metros y dimensiones desde pocos metros, algunas decenas hasta kilómetros

Cuadro N° 7.1
Distribución del inventario de peligros geológicos según su tipo y distribución espacial

Inventario de Peligros Geológicos			
Lado peruano		Lado ecuatoriano	
Tipo de Peligro	N° de Ocurrencias	Tipo de Peligro	N° de Ocurrencias
Flujos	47	Deslizamientos	107
Inundación fluvial	27	Derrumbes	55
Erosión de ladera	25	Erosión de ladera	19
Derrumbes	22	Caída de rocas	13
Erosión fluvial	15	Flujos	9
Deslizamientos	15	Erosión fluvial	5
Movimientos complejos	9	Movimientos complejos	7
Caída de rocas	2	Reptación de suelos	1
Inundación marina	1		
Total	163	Total	216

Cuadro N° 7.3
Distribución de los peligros de remoción en masa

Tipo de Peligro	Parte peruana	Parte ecuatoriana	Total
Deslizamientos	15	107	122
Derrumbes	22	55	77
Flujos	47	9	56
Movimientos complejos	9	7	16
Caída de rocas	2	13	15
Reptación de suelos	0	1	1
Total	95	192	287

Cuadro N° 7.2
Cronología y relato histórico de los principales peligros geológicos

Fecha	Descripción del peligro
1791-1804-1814-1819-1821-1824-1828-1837-1844-1845-1864-1871-1877-1878-1884- y 1891	Inundaciones fluviales y pluviales ocurridas entre los siglos XVII y XIX, que afectaron la cuenca baja del río Tumbes, por efectos del fenómeno El Niño.
1918-1925/26 –1929 –1932-1939-1940/41-1943-1951-1953-1956/57-1972/73-1976-1982/83-1997/98	Inundaciones fluviales y pluviales, ocurridas en el siglo XX, siendo los fenómenos El Niño del período 1982/83 y 1997/98 los de mayor intensidad, han traído pérdidas cuantiosas, la ciudad de Tumbes quedó destruida. Han ocurrido también erosiones fluviales por el cambio de curso del río en forma brusca, afectando las áreas agrícolas. Hay que tener en cuenta que en los últimos años se ha intensificado la deforestación.
1924 (?)	Deslizamiento rotacional que interrumpe la carretera Loja-Portovelo (?)
1982/1983 – 1997/1998	Flujos de lodo y huaycos entre el sector de Caleta Cruz y San Pedro de los Incas y los sectores desde la quebrada San Juan hasta la quebrada Angostura, que afectaron a viviendas y carreteras (asfaltadas y afirmadas).
1983	Frente al A.H. Las Malvinas de La Cruz (Caleta Cruz) hubo una inundación marina, durante el fenómeno El Niño que afectó las instalaciones de las viviendas del Ejército Peruano, llegando las aguas marinas cerca de la Carretera Panamericana Norte.
1983	El deslizamiento de San José afectó viviendas, ocurrió durante el fenómeno El Niño. Este deslizamiento tiene una escarpa con longitud de 200 m, el desnivel entre corona y pie es de 1300 m aprox, la superficie de escarpa es de tipo rotacional, el salto principal mide 20 m y los secundarios de 5-10 m, en sectores se observó que las escarpas tienen 1 m de profundidad. Se pueden producir flujos de lodo. En el cuerpo del deslizamiento se presenta erosión en cárcavas. En la actualidad, algunas viviendas se ubican al pie de este deslizamiento.
1982/1983 –1997/1998	Deslizamiento de Las Malvinas (Caleta Cruz), se observa en la ladera del cerro Los Pericos, escarpa de forma semicircular discontinua de superficie plana, el salto principal tiene 20 m aproximadamente, los secundarios entre 5 y 10 m, presenta asentamientos. Las rocas comprometidas son areniscas y lodolitas inconsolidadas. En el año 1983 y 1998 afectó una vivienda y en 1998 afectó al centro educativo destruyendo parte de su cerco perimétrico, servicios higiénicos y una vivienda. Si se reactiva podría afectar nuevamente al colegio y viviendas que se ubican al pie de este deslizamiento, las cuales deberían ser reubicadas.
1982/1983 –1997/98	En el sector Los Cedros se ha reactivado un deslizamiento antiguo, por las lluvias del fenómeno El Niño, presenta una escarpa semicircular, con longitud de 200 m, desnivel entre escarpa y pie de 100 m, la superficie de la escarpa es plana, el salto principal tiene 5 m, el secundario 5 m, se observa erosión en cárcavas. El 14/04/04 una vivienda fue afectada por el flujo de lodo. Actualmente se han ubicado viviendas cercanas a este deslizamiento, las cuales deben ser reubicadas.

de longitud. Las causas son por saturación de agua, presencia de materiales arcillosos que actúan como lubricantes, fuertes inclinaciones verticales, acción antrópica (deforestación, construcción de carreteras).

Los deslizamientos pueden ser rotaciones o traslacionales, los más importantes se describen en el Cuadro N° 7.4.

Derrumbes

Fenómenos considerados dentro del grupo de las caídas en la clasificación de VARNES, (1978).

Se presentan en laderas que tienen pendiente/talud moderada o fuerte, donde el material que la conforma es inestable, pueden generarse en materiales no consolidados o en zonas rocosas. Se caracterizan por tener forma irregular su zona de arranque (hasta circulares) puede llegar a medir desde pocos hasta decenas de metros. En el Cuadro N° 7.5 se describen los principales derrumbes que afectan a la cuenca.

Flujos

Estos fenómenos son de dos tipos: huaycos y flujos de lodo.

El huayco es un término autóctono peruano, se refiere a los descensos violentos de grandes masas de lodo, barro y fragmentos rocosos de diferentes dimensiones debido a la saturación de estos materiales sueltos en superficies más o menos inclinadas. Se presentan en la cuenca media y baja, son muy violentos.

Los flujos de lodo son depósitos dejados por un torrente rápido al cambiar de pendiente.

En la cuenca, se presentan generalmente en la parte baja y media, en los Cuadros N° 7.6 y 7.7 se mencionan los más importantes.

Erosión de Laderas

La erosión de laderas se refiere a la destrucción de los materiales que hay en las laderas, la erosión implica los siguientes procesos: fracturamiento, fisuramiento, alteración física y/o química hasta el momento de arranque de los materiales, sin considerar transporte. Los agentes erosivos son el agua, el viento, la acción del sol que dilata las rocas durante el día, la humedad, etc.

La erosión es un proceso geológico destructivo que tiende a nivelar la superficie de la corteza terrestre, las salientes y las montañas se desgastan, disminuyendo sus dimensiones.

Se distinguen las siguientes formas de erosión:

- Erosión en cárcavas: son surcos formados por el movimiento de las aguas provenientes de las lluvias torrenciales, alcanzando algunas veces proporciones espectaculares en los terrenos inclinados.

- Erosión en surcos: son semejantes a la erosión en cárcavas pero de menor magnitud, se forman en las laderas y al final se van convirtiendo en cárcavas.

En la cuenca se presentan estos tipos de erosión por la intensa deforestación de la zona, donde se ha desprovisto de la cobertura vegetal al terreno, volviendo a los suelos fácilmente erosionables.

En el Cuadro N° 7.8 se mencionan las erosiones de ladera más resaltantes de la cuenca.

Movimientos Complejos

Es la combinación de dos tipos de peligro comunes. Gran cantidad de estos procesos inventariados ocurrieron en el período histórico y por su magnitud de gran relevancia y algunos de ocurrencia reciente causaron grandes daños materiales y pérdidas de vidas.

Los más comunes son del tipo deslizamiento-flujo o derrumbe-flujo, en la cuenca se registran hasta el orden de las decenas de metros, en algunos sectores han represado quebradas.

Se han tomado en consideración las cárcavas-flujos que son muy comunes en la parte baja y media de la cuenca, las cuales acarrear mucho material y tienden a ensancharse fácilmente por la ausencia de vegetación.

En el Cuadro N° 7.9 se mencionan los movimientos complejos más importantes de la zona.

Caídas de Rocas

Estos fenómenos se consideran dentro de la clasificación de BARNES, (1978), dentro del grupo de las caídas.

Estos eventos se presentan en laderas con pendiente/talud moderada o fuerte, donde el material que la conforma es inestable, se pueden generar en materiales no consolidados o en zonas rocosas. Se caracteriza por la caída de bloques en forma individual. En el Cuadro N° 7.10 se describen los principales derrumbes que afectan a la cuenca.

INUNDACIONES, EROSIÓN FLUVIAL

Las inundaciones pueden ser de tipo fluvial o marino.

Las inundaciones fluviales, ocurren cuando los terrenos aledaños al cauce del río, son cubiertos por las aguas en una creciente.

Las inundaciones marinas, son una invasión marina al continente, ésta puede ser por tsunamis o maretaos.

En la cuenca, las inundaciones más importantes son las que se producen en tiempos del fenómeno El Niño, las cuales afectan a la cuenca baja del río Tumbes.

Cuadro N° 7.4
Descripción de los principales deslizamientos

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
A. H. Las Malvinas de La Cruz / Cerro Los Pericos La Cruz Tumbes Tumbes 76321004	Precipitaciones pluviales intensas, areniscas, conglomerados y limolitas inconsolidadas, naturaleza del suelo, pendiente moderada.	4	4	16	Deslizamiento traslacional, ubicado en la ladera del cerro Los Pericos. Presenta una escarpa activa de forma semicircular discontinua, la superficie de escarpa es plana. El salto principal es de 30 m aproximadamente, los secundarios entre 5 y 10 m, se observan asentamientos con longitudes entre 20 y 25 m. Las rocas son arenisca, lodolitas, conglomerados inconsolidados muy permeables. Deslizamientos producidos por lluvias fuertes, roca poco consolidada y deforestación. Se reactivaron con el fenómeno El Niño de 1983 y 1998.	Zona crítica. En el año 1998 afectó cerco perimétrico y servicios higiénicos del Centro Educativo Las Malvinas. En el año 1983 afectó a viviendas. Este fenómeno sólo se ha presentado con el fenómeno El Niño. De reactivarse podría afectar viviendas del A.H. Las Malvinas de La Cruz, al centro educativo que se ubica al pie del deslizamiento. La población sigue creciendo hacia el pie del deslizamiento.
San José / km 1255 Panamericana Norte. La Cruz Tumbes Tumbes 76321012	Precipitaciones pluviales intensas, areniscas, conglomerados y limolitas inconsolidadas, naturaleza del suelo, pendiente moderada.	4	4	16	Deslizamiento traslacional antiguo reactivado como rotacional, la escarpa principal presenta una longitud de la escarpa 200 m aprox., el desnivel entre escarpa y pie es de 130 m. El salto principal tiene desnivel de 20 m y los secundarios de 10-15 m. Se reactiva solamente con el fenómeno El Niño. Se han producido flujos lentos sobre la ladera, se observa erosión en cárcavas en el cuerpo del deslizamiento. Al pie del cerro se ubican viviendas.	Zona crítica, podría afectar severamente a 5 viviendas que se ubican al pie de la ladera.
Los Cedros. La Cruz Tumbes Tumbes 76321012	Precipitaciones pluviales intensas, areniscas, conglomerados y limolitas inconsolidadas, naturaleza del suelo, pendiente moderada.	4	4	16	Deslizamiento traslacional, se ha reactivado a consecuencia de las intensas precipitaciones del fenómeno El Niño. Presenta una escarpa activa, semicircular con 200 m de longitud, el desnivel entre la escarpa y pie es de 100 m, el salto principal de 5 m, y los secundarios menores a 5 m, está limitado por cárcavas, con longitudes de hasta 70 m y profundidades de 5 m. Ante intensas precipitaciones pluviales se presentarían flujos de lodo que bajarían por las pequeñas quebradas o por el cuerpo del deslizamiento.	En el 2004 se produjeron pequeños flujos de lodo provenientes del cuerpo del deslizamiento. Afectó viviendas ubicadas en la parte baja. Actualmente hay algunas viviendas ubicadas al pie del deslizamiento.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Puente Puyango – Margen Izquierda Loja Puyango Puyango	Areniscas y conglomerados muy alterados y fracturados de mala calidad; intensas precipitaciones pluviales; la pendiente del terreno es moderada, de 20° a 35°; la vegetación es arborea y arbustiva pero no muy abundante, se observa deforestación.	4	4	16	Deslizamiento rotacional activo, presenta una escarpa de forma semicircular y continua, de 50 m de longitud y el desnivel entre el pie y tope es de 30 m. El salto principal es de 5 m y los secundarios de 2 a 3 m. En el cuerpo hay material suelto como bloques, que pueden producir derrumbes, están estabilizados momentáneamente. A una distancia de 100 m se ubica otro fenómeno de similares características. Parte de la carretera asfaltada ha sufrido un abombamiento por estar dentro de la influencia del deslizamiento. El suelo tiene la siguiente composición: gravas 50 %, arenas 25 %, bloques 10 %, bolones 10 %, y limos 5 %. El fenómeno es catalogado como activo.	Afecta unos 100 m de la carretera Puyango-Bosque Petrificado de Puyango y vivienda.
Ecua-149 Guayquichuma Loja Catamayo Guayquichuma Ecua – 54	Roca metamórfica (esquistos) y sedimentaria; fracturada y alterada; de pendiente fuerte; precipitaciones pluviales intensas; filtraciones de agua subterráneas y tiene escasa vegetación (deforestación).	5	3	15	El deslizamiento traslacional presenta escarpa activa, es de forma irregular y discontinua, con superficie plana. La escarpa principal presenta salto de 5 m de altura y varias secundarias con saltos hasta de 1 m. Presenta asentamientos. En el cuerpo del deslizamiento se observa material suelto que puede causar caídas de rocas y derrumbes, además presenta erosión en surcos y en cárcavas, en un sector se ve el afloramiento rocoso. Escasa vegetación.	Afecta carretera afirmada Portoviejo-Loja en 300 m y puede represar el río Guayquichuma (?).
Jorupe Loja Catamayo Guayquichuma Ecua – 55	Roca metamórfica (esquistos) muy fracturada y alterada; pendiente fuerte de 35° - 50°; precipitaciones pluviales intensas; filtraciones de agua subterránea.	5	3	15	El deslizamiento rotacional, su escarpa principal es de forma semicircular y continua con longitud de 80 m, el desnivel entre la escarpa y el pie es de 100 m. Presenta una escarpa antigua abrupta, con vegetación más joven que del área adyacente. Erosión en cárcavas, activada por los cortes de talud de carretera. Cercano a este deslizamiento se observa otro que represó al río, desviando su curso hacia la margen izquierda. Se generan algunos pequeños flujos y derrumbes con probabilidad de caída de rocas.	Afecta la vía Portoviejo-Loja en 300 m. Puede represar al río.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Via Balsas-Pindo Balsas Balsas El Oro Ecu-165	Rocas sedimentarias, cuarcitas extremadamente alteradas y muy fracturadas, de mala calidad; precipitaciones pluviales intensas; intensa deforestación, pendiente del terreno muy fuerte.	4	3	12	El deslizamiento rotacional presenta escarpa de forma semicircular y discontinua con 70 m de longitud, el desnivel entre la escarpa y el pie del talud es de 50 m. La superficie de la escarpa es rotacional, el salto principal es de 3 m y el secundario de 1m. El deslizamiento presenta material suelto, que puede generar derrumbes. El suelo tiene la siguiente composición: arena 60 %, limo 20 %, grava 10 % y arcilla 10 %. A pocos metros se presenta otro fenómeno.	Afecta carretera entre Balsas y Pindo en 200 m.
Guayquichuma Loja Catamayo Guayquichuma Ecu – 55	Roca metamórfica (esquistos) y sedimentaria; muy fracturada y alterada; pendiente fuerte; precipitaciones pluviales intensas; filtraciones de agua subterráneas, deforestación de la zona.	4	3	12	Deslizamiento rotacional, presenta una escarpa principal de 150 m de longitud, el desnivel entre la escarpa y el pie es de 100 m, se presentan varias escarpas secundarias. El deslizamiento involucra suelo y rocas. La estratificación es favorable al talud. Se produce erosión en cárcavas que pueden producir flujos. El material presente en el cuerpo del deslizamiento está suelto, puede producir derrumbes. El fenómeno es activo.	Afecta la carretera afirmada Portoviejo-Loja en 200 m, peligro de represamiento del río Guayquichuma (?), Se pueden presentar caídas de rocas y derrumbes.
Carretera Balsas – Pindo. Capito Piñas El Oro Ecu-168	Rocas arenisca y limolitas extremadamente alteradas y muy fracturadas, de mala calidad, la pendiente del terreno es fuerte (35° a 50°), Deforestación en la zona, precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Deslizamiento rotacional con escarpa activa de forma recta y continua, con longitud de 60 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 30 m; la superficie de la escarpa es rotacional. El salto principal es de 3 m y el secundario de 1 m. Se puede originar caída de rocas y derrumbes. El suelo está conformado por: grava (30 %), bolones (20 %), arena (20 %), bloques (10 %), limo (10 %) y arcilla (10 %).	Afecta carretera a Pindo en 300 m.
La Capitana San Jacinto Tumbes	Precipitaciones pluviales intensas, litología del substrato poco consolidado, naturaleza del suelo, pendiente de la ladera, intensa deforestación de la zona.	4	3	12	Deslizamiento traslacional, ubicado en la ladera de la margen derecha de la quebrada La Capitana. Este deslizamiento se origina en una secuencia de areniscas, lodolita, y conglomerados fracturados, alterados y poco consolidados. Escarpa de forma irregular, longitud de 100 m, desnivel entre escarpa y pie 90 m aproximadamente, salto principal de 40 m.	Este deslizamiento afecta indirectamente al poblado de La Capitana, alimenta a la quebrada en tiempos de lluvia ayudando a la formación de flujos de lodo.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Tumbes 86331100		4	3	12	Se observan bloques de 2 m de diámetro caídos en la parte inferior. Si se sigue deslizando puede represar la quebrada. Aporta materia a la quebrada, que en tiempos de lluvias excepcionales genera flujos o huaycos por su cauce.	
La Capitana San Jacinto Tumbes Tumbes 86331107	Areniscas, lodolitas y conglomerados, poco consolidadas, intensas precipitaciones pluviales y deforestación, erosión lateral después del paso del flujo.	4	3	12	Deslizamiento traslacional, muestra una escarpa de 100 m de longitud, el desnivel entre el pie y la corona es de 80 m. En el cuerpo del deslizamiento se encuentra material completamente suelto.	Este deslizamiento afecta indirectamente al poblado de La Capitana, alimenta a la quebrada en tiempos de lluvia ayudando a la formación de flujos de lodo.
Carretera afirmada Huertas-Aracapamba Ayapamba Atahualpa El Oro Ecu-22	Rocas intrusivas fuertemente alteradas y fracturadas de mala calidad, pendiente fuerte, precipitaciones pluviales muy intensas. Corte de talud de carretera. Escasa vegetación debido a la deforestación y sobrepastoreo en la zona.	4	3	12	El deslizamiento traslacional tiene una escarpa activa recta y continua de 50 m de longitud. El desnivel entre la escarpa y el pie es de 150 m. Talud banquetado (terraceado). Se notan sembríos de árboles en la parte superior del talud. La composición del suelo: grava (60 %), limo (20 %), arena (10 %) bolones (5 %) y arcillas (5 %).	Afecta carretera Huertas-Aracapamba en 100 m, esta vía es muy transitada por omnibuses y vehículos particulares. Afectó a una vivienda, ubicada en pleno cuerpo del deslizamiento.
Las Tinajas Capito Piñas El Oro	Rocas areniscas y limolitas muy fracturadas y alteradas, de mala calidad, la pendiente del terreno es moderada, de 20° a 35°; la vegetación del lugar es escasa, precipitaciones pluviales son intensas.	4	3	12	La zona de arranque del deslizamiento es de forma irregular y continua con 80 m de longitud. El desnivel entre la escarpa y el pie del talud es de 30 m. La roca está fracturada e inestable, su fractura es planar. Se han formado canchales. Se observa erosión de laderas con cárcavas de 80 m de longitud y 10 m de profundidad. En el cuerpo del derrumbe hay material suelto que favorece a la erosión en los surcos y cárcavas. El suelo está compuesto por: grava (50 %), arena (20 %), limo (10 %), arcilla (10 %), bloques (5 %) y bolones (5 %). El fenómeno es considerado como periódico y activo.	Está afectando a la carretera a Balsas en 100 m de longitud. Se presenta erosión en surcos y cárcavas que afecta a terrenos de cultivo y carretera.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Carretera afirmada Portoviejo-Loja, sector Jorupe Loja Catamayo Guayquichuma Ecu - 50	Roca sedimentaria; muy fracturada y alterada; fuerte pendiente de 35°-50°; presenta precipitaciones pluviales intensas. Las rocas son de muy mala calidad. Corte de talud de carretera. Intensa deforestación de la zona.	4	3	12	Deslizamiento traslacional. Su escarpa principal es de forma irregular, con 100 m de longitud y 10 m de salto. El desnivel entre la escarpa y el pie es de 100 m, presenta una superficie plana y saltos secundarios de 1 m. Probables derrumbes que pueden represar el río Guayquichuma; Se observa erosión en surcos y cárcavas que generan flujos. En el cuerpo del deslizamiento hay material suelto. El suelo está compuesto por: grava 60 %, bolones 10 %, arena 10 %, limo 10 %, bloques 5 %, y arcilla 5 % parcialmente saturado.	Afecta la carretera afirmada Portoviejo-Loja en 100 m, puede represar al río Guayquichuma.
Km 2 de la carretera Zaruma - Huertas. Maivas Zaruma El Oro Ecu-20	Rocas intrusivas fuertemente alteradas y fracturadas de mala calidad; pendiente del terreno es fuerte, las precipitaciones pluviales son intensas, corte de ladera para carretera, escasa vegetación debido a la deforestación.	5	2	10	El deslizamiento traslacional, presenta una escarpa recta activa de 30 m de longitud, el desnivel entre la escarpa y el pie es de 30 m. Tiene 3 escarpas secundarias, el talud está denudado (sin vegetación). En el cuerpo del deslizamiento se encuentra material suelto. El suelo está compuesto de arena 30 %, limo 30 %, grava 20 % y arcillas 20 %.	Afecta 100 m de carretera Huertas-Paccha.
Carretera Zambí – Piñas Zambí Catamayo Loja Ecu-60	Roca sedimentaria (conglomerados, arenisca y limolitas) fuertemente alteradas y fracturadas; pendiente fuerte de 35°-50°, precipitaciones pluviales intensas; corte de talud de carretera.	5	2	10	Deslizamiento traslacional antiguo reactivado con escarpa muy abrupta de 100 m de longitud y un salto visible de 10 m. En sectores se ha reactivado por corte de la carretera. El desnivel entre pie y escarpa es de 130 m. En el cuerpo del deslizamiento hay erosión en cárcavas y surcos que han generado derrumbes que pueden causar caídas de rocas. El material suelto del deslizamiento se compone de: gravas 40 %, arena 30 %, bloques 10 %, bolones 10 %, limo 5 % y arcilla 5 %	Afecta 200 m de carretera entre Zambí y Piñas, muy transitada por omnibuses y vehículos particulares.
Carretera Santa Teresa-La Ramada (vía El Cisne) Cisne Loja Loja Ecu-070	Roca muy alterada, intensas precipitaciones pluviales, pendiente moderada, deforestación de la zona, corte de talud para carretera	4	2	8	Deslizamiento traslacional que se reactivó por el trazo de carretera. En el cuerpo del deslizamiento se pueden generar derrumbes. El material del deslizamiento está conformado por: grava 60 %, arena 20 %, limo 10 %, y arcilla 10 %.	Afectó la vía Portovelo-Cisne en tramo de 150 m y terrenos de pastizales. Actualmente el trazo de la carretera ha sido modificado.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Via el Cisne-Portovelo (sector de Los Gaviones) Cisne Loja Loja Ecu-071	Roca muy alterada, intensas precipitaciones pluviales, pendiente moderada, intensa deforestación de la zona.	4	2	8	Deslizamiento traslacional, se presenta también erosión en cárcavas. La corona del deslizamiento presenta una longitud de 150 m, no se puede apreciar los saltos verdaderos, porque esta protegido con gaviones.	Afectó 150 m de via Portovelo-El Cisne, como medidas de protección se han colocado muros de gaviones.
Chahuarpamba Catmayo Loja Ecu-42	Roca muy alterada, intensas precipitaciones pluviales, pendiente moderada, notable deforestación de la zona.	4	2	8	Deslizamiento traslacional, presenta una corona de 100 m, el desnivel entre la corona y el pie del talud es de 80 m (aprox.) En el cuerpo del deslizamiento se observa material suelto que puede generar derrumbes Este material suelto esta conformado por: gravas 50 %, arenas 25 %, limos 10 %, bloques 10 % y bolones 5 %.	Afecta carretera Loja-Piñas en tramo de 150 m, via muy transitada por omnibuses y vehiculos particulares.

P: Peligro V: Vulnerabilidad ZR: Zona de riesgo



Fotos N° 7.1 Deslizamiento que afectó al centro educativo del A. H. Las Malvinas, puede afectar viviendas asentadas sobre el cuerpo del deslizamiento. Vista de SO a NE (S. Núñez, julio-2004).



Foto N° 7.2 Deslizamientos en la carretera Balsas-Pindo, sector de San José, se observa también erosión en cárcavas (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto N° 7.3 Deslizamiento traslacional que afectó 100 m de trazo de carretera. El Cisne-Portovelo (a 500 m del sector de los gaviones), actualmente la vía modificó su ruta (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto 7.4 Deslizamiento en la margen izquierda que alimentan la quebrada La Capitana. Se observa gran cantidad de material suelto. Aguas abajo se encuentra el poblado de La Capitana (S. Núñez, julio-2004).



Foto N° 7.5 Parte de un deslizamiento traslacional que está afectando la carretera Piñas-Loja y puede generar derrumbes (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto N° 7.6 Deslizamiento traslacional en el sector de Arcapampa, destruyó parte de una vivienda, actualmente todo el talud ha sido removido dándole cierta pendiente (S. Núñez, noviembre-2004).

Cuadro Nº 7.5
Descripción de los principales derrumbes

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Pedro El Viejo Tumbes Tumbes Tumbes 86311026	Precipitaciones pluviales intensas, litología del substrato, naturaleza del suelo.	4	4	16	Derrumbe, la zona de arranque es de forma irregular con 150 m de longitud y altura de 40 m. En el cuerpo del derrumbe se observa la formación de cárcavas y material suelto que puede generar caídas de rocas.	Afecta camino rural, viviendas reubicadas después del fenómeno El Niño de 1983.
km 4 + 129 Via Portovelo Portovelo El Oro Ecu-35	Rocas intrusivas fracturadas y alteradas; presenta depósitos residuales, las pendientes del talud fuerte de 35°-50°; precipitaciones pluviales intensas; corte de talud para carretera. Contribuye también la deforestación que se presenta en la zona.	4	4	16	Rocas fracturadas con pendiente fuerte, en su cuerpo se observa material suelto y acuífamiento que pueden generar caídas de rocas. El talud tiene 20 m de altura y 30 m de longitud.	Puede afectar a viviendas y carretera Portovelo-Loja, muy transitada por omnibuses y vehículos particulares.
Carretera Machala-Alamor La Victoria Las Lajas El Oro Ecu-101	Rocas intrusivas muy alteradas y fracturadas debido a la mala calidad de material; la pendiente del terreno es media, de 20° a 35°; precipitaciones pluviales intensas, la vegetación es escasa por la deforestación.	5	3	15	El derrumbe tiene 300 m de longitud, la zona de arranque es de forma regular y continua, con alturas entre 20 y 25 m. El talud rocoso está fracturado e inestable, la rotura es de tipo mixto. En su cuerpo se observan bloques menores a 0,5 m, sueltos, formando canchales. Presenta además erosión en cárcavas y el talud parcialmente estabilizado con banquetas (terraceado). Se presentan derrumbes con flujo de detritos y caída de rocas; existen otros fenómenos similares a unos 500 m. El suelo está compuesto por: gravas 60 %, arena 15 %, limo 15 %, y bolones 10 %.	Afecta 500 m de carretera entre Machala y Alamor. Esta vía es de frecuente tránsito de omnibuses y de vehículos particulares.
San José Capito Piñas El Oro	Rocas metamórficas fracturadas y alteradas, de mala calidad; precipitaciones pluviales intensas; vegetación escasa, corte de talud de carretera	4	3	12	Derrumbe con una escarpa regular de unos 200 m de longitud, el desnivel entre el pie del talud y la escarpa es de 250 m; la parte superior está tratada, se le ha hecho terraceado (banqueteado), algunos están colapsando. Erosión de laderas (cárcavas) en 80 m de longitud y profundidad entre 5 y 8 m, está afectando a la cuneta, terraplén de la carretera y parte del banqueteado. En el cuerpo del derrumbe se observan flujos de detritos. El fenómeno está activo.	Afecta 200 m de carretera Balsas-Pindo que es transitada por omnibuses y vehículos particulares.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Carretera Pindo-Loja, sector El Rosario Chaguarpamba Loja Ecu-38	Roca intrusiva (diorita); muy fracturada y alterada; precipitaciones pluviales intensas; pendiente fuerte de 35° a 50°; filtración de aguas subterráneas. El fenómeno es activo. La vegetación es nula en la zona del derrumbe.	4	3	12	Derrumbe de 80 m de longitud. El desnivel entre el pie del talud y la escarpa es de 150 m La roca está fracturada e inestable y presenta acunamiento. En su cuerpo se presentan bloques sueltos y caídos, sus tamaños son no mayores a 2 m, y forman canchales. Se aprecia otro derrumbe de similares características de 50 m aguas arriba El suelo está conformado por: grava 40 %, arena 25 %, bloques 15 %,	Con lluvias fuertes excepcionales se podría volver a represar la quebrada. Afecta un tramo de 100 m de la carretera Pindo-Loja.
Carretera Zaruma-El Cisne El Cisne Loja Loja Ecu-68	Roca metamórfica (esquistos); pendiente baja; presenta precipitaciones pluviales intensas; corte de talud de carretera.	4	3	12	Parte de un deslizamiento antiguo reactivado como derrumbe. Presenta escarpa irregular continua de 200 m de longitud. En el cuerpo del derrumbe existe material suelto, se pueden generar otros pequeños deslizamientos. En la parte baja se nota erosión en cárcavas, el talud rocoso fracturado e inestable. El material suelto está conformado por: grava 60 %, arena 20 %, limo 10 %, arcilla 10 %. El fenómeno es activo de recurrencia ocasional.	Afecta un tramo de 300 m de la carretera Zaruma-El Cisne.
Carretera Portovelo-Cisne El Cisne Loja Loja Ecu-78	Roca metamórfica fuertemente fracturada y alterada; pendiente fuerte de 35°-50°; precipitaciones pluviales intensas. Corte de talud para carretera.	4	3	12	El derrumbe tiene una zona de arranque de 150 m, el desnivel entre el pie y la escarpa es de 70 m. Talud rocoso, fracturado e inestable con un tipo de rotura mixto (cuñas y planares). En el cuerpo del derrumbe se observa material suelto conformado por 10 % de grava, 80 % de arena y 10 % de limo. Se observa erosión en surcos y en cárcavas en la parte inferior del derrumbe. El suelo está parcialmente saturado de agua.	Afecta un tramo de 200 m de la carretera Portovelo-El Cisne.
Carretera Portovelo-Loja Curtincapa Portovelo El Oro Ecu-88	Rocas metamórficas muy fracturadas y alteradas; pendiente fuerte de 35° a 50°; precipitaciones pluviales intensas, morfología de ladera.	4	3	12	El derrumbe tiene 300 m de longitud y 20 m de altura, la zona de arranque es regular. La roca se presenta fracturada e inestable, la rotura se observan bloques caídos y acumulados en el cuerpo del derrumbe que puede generar caídas de rocas. El suelo está compuesto por: grava 60 %, arena 25 %, limo 10 % y bolones 5 %. Este fenómeno es recurrente.	Afecta un tramo de 200 m de carretera Portovelo-Loja. Esta vía es transitada por vehículos particulares.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Tigre 2 Carretera Machala-Alamor La Victoria Las Lajas El Oro Ecu-100	Roca metamórfica muy alterada y fracturada por el material de mala calidad; pendiente media de 20°-35°; precipitaciones pluviales intensas; ausencia de vegetación por deforestación.	4	3	12	El derrumbe tiene una zona de arranque irregular, continua, con longitud de 150 m. El desnivel entre el pie y la escarpa es de 40 m de altura. La roca está fracturada e inestable, presenta rotura planar. Existe erosión en cárcavas, Parcialmente estabilizado mediante un sistema de terracedo (banqueteado), Falta un sistema de drenaje. La composición del suelo: grava 60 %, arena 20 %, limo 10 %, y arcilla 10%.	Afecta a un tramo de 200 m, por sectores de la carretera entre Machala y Alamor.
El Tigre Carretera Machala-Alamor La Victoria Las Lajas El Oro Ecu-101	Rocas metamórficas muy alterada y fracturadas de mala calidad; pendiente media de 20° a 35°; precipitaciones pluviales intensas, vegetación escasa por deforestación.	4	3	12	El derrumbe muestra una zona de arranque de forma regular, continua, con 300 m de longitud y 20 a 25 m de altura. La roca está fracturada e inestable, la rotura es de tipo mixto. Se forman canchales. Presenta erosión en cárcavas, el banqueteado (terracedo) está parcialmente estabilizado. Se observan derrumbes con flujo de detritos y caída de rocas; existen otros fenómenos similares a unos 500 m. El suelo está compuesto por: gravas 60 %, arena 15 %, limo 15 %, y bolones en 10 % El fenómeno está activo.	Afecta carretera entre Machala y Alamor, en un tramo de 500 m.
km 48 + 946 Carretera Machala-Alamor. La Victoria Las Lajas El Oro Ecu-102	Rocas sedimentarias, fuertemente fracturadas de mala calidad; pendiente media de 20° a 35°; precipitaciones pluviales intensas; escasa vegetación por deforestación.	4	3	12	El derrumbe tiene una escarpa activa de forma semicircular y continua con longitud de 150 m, el salto principal de 5 m. Zona de arranque de forma regular y continua El desnivel entre la escarpa y el pie del derrumbe es de 40 m. En el cuerpo del derrumbe se encuentran bloques sueltos menores a 0,5 m, que pueden generar caídas de rocas. Se observa flujo de detritos y caída de rocas. El suelo está compuesto por: gravas 60 %, arena 20 %, limo 10 % y arcillas 10 %.	Afecta 200 m de la carretera Machala-Alamor (km 48 + 946).

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Chaquino (Quebrada Cazaderos) Cazaderos Zapotillo Loja Ecu-126	Rocas sedimentarias muy fracturadas y alteradas de mala calidad; pendiente baja de 5° a 20°; precipitaciones pluviales intensas, notable deforestación en la zona. Corte de talud de carretera.	4	3	12	El derrumbe muestra una zona de arranque de forma regular y continua con una longitud de 50 m. El desnivel entre la escarpa y el pie es de 30 m. La roca está fracturada e inestable, el tipo de fractura es planar. En el cuerpo del derrumbe se presentan bloques caídos que pueden generar caídas de roca. Este fenómeno alimenta a la quebrada Cazaderos, para la generación de futuros flujos. El suelo está compuesto por: bloques 40 %, gravas 40 %, arenas 10%, limos 10%.	Afecta 200 m de la carretera.
Carretera afirmada Guachanamá Paltas Loja Ecu-152	Rocas sedimentarias alteradas y fracturadas de mala calidad; precipitaciones pluviales intensas; pendiente fuerte, (35° a 50°); deforestación intensiva. Corte de talud de carretera	4	3	12	La zona de arranque del derrumbe es de forma regular. Presenta escarpa continua, con 100 m de longitud, la superficie es rotacional y su salto principal es de 5 m. El desnivel entre la escarpa y el pie es de 70 m. Roca fracturada e inestable, la rotura es de tipo mixto, el corte de talud de carretera es inadecuado. El cuerpo del derrumbe muestra bloques caídos y sueltos, de hasta 40 cm formando canchales que pueden generar caídas de rocas y derrumbes. La erosión en cárcavas está afectando varios tramos de la plataforma de la carretera.	Afecta 200 m de la carretera Guachanamá-Lauro Guerrero.
Vía Puyango- Alamor km 8 + 540. Alamor Puyango Loja Ecu-145	Rocas filitas y esquistos muy fracturados y alteradas, de mala calidad; pendiente fuerte, (35° a 50°); precipitaciones pluviales intensas, notable deforestación. Corte de talud de carretera.	4	3	12	El derrumbe muestra una zona de arranque de forma irregular y 180 m de longitud. El desnivel entre el pie del derrumbe y la escarpa es de 50 m. La roca está fracturada e inestable, la rotura es de tipo mixto. Hay fragmentos menores de 0,30 m formando canchales que pueden generar derrumbes o caídas de rocas. Se observa el talud banquetado (terraceado) que está colapsando por mal diseño. La esquistosidad es de fuerte pendiente y contra el talud, pero el fracturamiento está a favor. El suelo está compuesto por: grava 80 %, bolones 10 %, bloques 5 % y arena 5 %.	Afecta 200 m de la carretera a Puyango.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Vía Balsas-Pindo km 37 + 750 Capiro Piñas El Oro. Ecu-178	Rocas lutitas y areniscas muy fracturadas y alteradas, de mala calidad, pendiente fuerte (35° a 50°), vegetación escasa, por deforestación y las precipitaciones pluviales intensas. Corte de talud de carretera.	4	3	12	La zona de arranque del derrumbe es de forma regular y continua con 80 m de longitud. El desnivel entre la escarpa y el pie del talud es de 30 a 40 m. Roca fracturada e inestable, la rotura es de tipo mixto. Afloramiento rocoso fracturado que puede generar caídas de roca, se observa también erosión en cárcavas. El suelo está compuesto por: grava 50 %, arena 30 %, bolones 10 % y limo 10 %. El fenómeno es considerado activo.	Afecta tramo de 200 m de carretera Pindo-Balsas.
Las Tinajas Capiro Piñas El Oro Ecu-170	Rocas areniscas y limolitas muy fracturadas y alteradas, de mala calidad, pendiente moderada (20° a 35°); vegetación escasa por deforestación, precipitaciones pluviales intensas. Corte de talud de carretera.	4	3	12	La zona de arranque es de forma irregular y continua, con 80 m de longitud. El desnivel entre la escarpa principal y el pie del talud es de 30 m. Roca fracturada e inestable, el tipo de rotura es planar. Presenta bloques caídos formando canchales que pueden generar derrumbes y caídas de rocas. En la parte inferior se observa erosión en cárcavas que afecta la carretera asfaltada. El suelo está compuesto por: grava 50 %, arena 20 %, limo 10 % arcilla 10 %, bolones 5 % y bloques 5 %.	Afecta tramo de 100 m de carretera Balsas-Pindo.
Vía Balsas - Pindo km 37 + 750 Capiro Piñas El Oro Ecu-178	Rocas lutitas y areniscas muy fracturadas y alteradas, pendiente fuerte, (35° a 50°); vegetación escasa, precipitaciones pluviales intensas. Corte de talud de carretera.	4	3	12	La zona de arranque del derrumbe es de forma regular y continua con 80 m de longitud, el desnivel entre la escarpa y el pie del talud es de 30 a 40 m. Roca fracturada e inestable, el tipo de rotura es mixto. En parte del afloramiento rocoso se observan varios bloques inestables que pueden generar caídas de rocas, se observa también erosión en cárcavas. El suelo está compuesto por: grava 45 %, arena 30 %, limo 10 %, arcilla 10 % y bolones 5 %.	Afecta tramo de 200 m de carretera Pindo-Balsas.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Carretera Balsas-Pindo Capiro Piñas El Oro Ecu-181	Rocas cuarcíticas muy alteradas; pendiente moderada, (20° a 35°); vegetación escasa, precipitaciones pluviales intensas. Corte de talud de carretera.	4	3	12	La zona de arranque del derrumbe es regular con 100 m de longitud. El desnivel entre la escarpa y pie del talud es de 40 m. La fractura es de tipo mixto. Se observan bloques caídos sueltos formando canchales. Hay pequeños deslizamientos en el cuerpo del derrumbe que se encuentra parcialmente estabilizado, se han hecho banqueteados (terraceados). El suelo está compuesto por: grava 30 %, arena 30 %, bolones 20 % y limo 20 %.	Afecta tramo de 250 m de carretera Pindo-Balsas.
Guerras Capiro Piñas El Oro Ecu-181	Rocas cuarcíticas muy alteradas y fracturadas; terreno de pendiente fuerte, (35° a 50°); escasa vegetación y precipitaciones pluviales intensas. Corte de talud de carretera	4	3	12	La zona de arranque del derrumbe es regular y continua, con 80 m de longitud. El desnivel entre la escarpa y pie del talud es de 40 m. Roca fracturada, el tipo de corte es mixto (cuña y planar). Pequeños deslizamientos en el cuerpo del derrumbe. Se encuentra parcialmente estabilizado. Existe un muro de contención construido 7 años atrás. El suelo está compuesto por: arena 40 %, gravas 30 %, limo 20 % y arcilla 10 %.	Afecta tramo de 200 m de carretera Pindo-Balsas.
Guerras Capiro Piñas El Oro Ecu-182	Rocas sedimentarias muy fracturadas y alteradas; escasa vegetación por deforestación; precipitaciones pluviales intensas, pendiente moderada (20° a 35°), corte de talud de carretera.	4	3	12	Roca fracturada e inestable, tiene rotura en forma de cuña. La zona de arranque tiene 50 m de longitud, el desnivel entre la escarpa y pie del derrumbe es de 40 m. En el cuerpo del derrumbe se observan bloques sueltos menores a 1 m que pueden generar caídas de roca. El fenómeno está activo.	Afecta tramo de 200 m de carretera Pindo-Balsas.

P: Peligro V: Vulnerabilidad ZR: Zona de riesgo



Foto N° 7.7 Sector de la carretera Balsas-Pindo altura de San José, zona de derrumbes, talud banqueteado (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto N° 7.8 Sector de la carretera Pindo-Loja a la altura de El Trapiche, en el cuerpo del derrumbe se observan bloques sueltos que puede ocasionar caídas de rocas (S. Núñez, noviembre-2004).

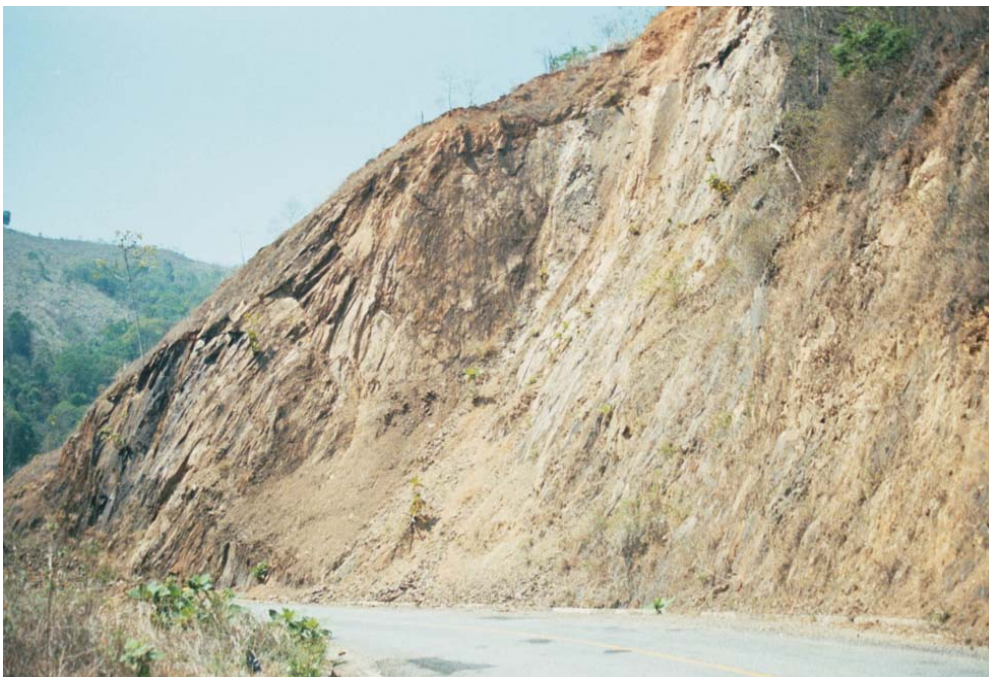


Foto N° 7.9 Derrumbe que afecta a la carretera Puyango-Alamor en tramo de 150 m, las fracturas están a favor de la pendiente (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto N° 7.10 Derrumbe en el sector de Las Guerras, carretera Balsas-Pindo, susceptible a caídas de rocas (S. Núñez, noviembre-2004).

Cuadro Nº 7.6
Descripción de los principales huaycos

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Higuerón San Jacinto Tumbes Tumbes 86331065	Precipitaciones pluviales intensas, naturaleza del suelo, pendiente, material suelto en lecho de la quebrada.	4	4	16	Huayco que discurre por la quebrada. Esta quebrada se reactiva con los fenómenos El Niño o lluvias excepcionales. En su lecho hay material suelto como indicios de antiguos flujos, en la parte alta de la quebrada se observan pequeños derrumbes que alimentan a la quebrada.	De reactivarse podría afectar viviendas, terrenos de cultivo y tramo de carretera en aproximadamente 30 m. Se recomienda reubicar vivienda.
La Jota La Cruz Tumbes Tumbes 76321013	Precipitaciones pluviales intensas, pendiente de la quebrada y material suelto en su lecho.	4	4	16	Huayco que discurre por la quebrada. Se activa con las intensas lluvias del fenómeno El Niño, o lluvias excepcionales. En su cauce se observa material suelto, está compuesto por 60 % de grava y 40 % de arena/limo. En su cauce se observa material suelto, está compuesto por 60 % de grava y 40 % de arena/limo. El fenómeno El Niño de 1998 destruyó las defensas ribereñas de concreto (aprox.30 m). El huayco se desbordó por la margen izquierda de la quebrada, destruyó 2 viviendas y colmató canales de desfogue (alcantarillas). Se recomienda descolmatar la quebrada, reforzar las defensas. Quebrada muy activa (el 14 de mayo de 2004 flujo de lodo discurrió por su lecho). Se han colocado defensas de concreto y ariamado de material.	En 1998 destruyó defensas ribereñas de concreto, destruyó 2 viviendas, colmató canales de desfogue afectando 50 m de la Carretera Panamericana Norte. En el 2004 momentáneamente obstruyó la Carretera Panamericana Norte.
El Huasimo San Jacinto Tumbes Tumbes 76341085	Precipitaciones pluviales intensas, naturaleza del suelo, pendiente, material suelto en lecho de la quebrada.	4	4	16	Flujo que discurrió por la quebrada. En el cauce se observa material suelto conformado por 70 % de grava y 30 % de arena con limo. Presenta erosión en sus márgenes, en aproximadamente 150 m. Se activa con lluvias intensas como las del fenómeno El Niño.	Afecta viviendas y tramo de carretera a Huasimo.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Quebrada Higuerón San Jacinto Tumbes Tumbes 86211002	Precipitaciones pluviales intensas, naturaleza del suelo, litología del substrato, pendiente de la quebrada y material suelto en su lecho.	4	4	16	Flujo discurre por la quebrada Higuerón, se observa material suelto conformada por gravas, arenas y parte de limos. Hay erosión en la margen derecha de la quebrada, donde se ubica la carretera rural a Cazaderos. Se activa con lluvias excepcionales o con la presencia del fenómeno El Niño.	Afecta tramo de 200 m de carretera Higuerón-Cazaderos. En el año 1998 afectó viviendas.
Quebrada Oidor (Oidor) San Jacinto Tumbes Tumbes 86311056	Precipitaciones pluviales intensas, litología del substrato, naturaleza del suelo, pendiente, material suelto en lecho de la quebrada.	4	3	12	Huayco discurrió por la quebrada Vaquería con los fenómenos El Niño de los años 1983 y 1998. En su lecho se observan cantos, arenas, limos y arcillas. Se activa con el fenómeno El Niño o lluvias excepcionales. Puede afectar la carretera a Vaquería. Se ha construido badén en la carretera y muros de contención con mampostería.	De reactivarse con la ocurrencia del fenómeno El Niño o lluvias excepcionales, podría afectar al puente nuevo, si el flujo sobrepasa al anterior.
Quebrada Luay Tumbes Tumbes Tumbes 86311097	Precipitaciones pluviales intensas, fenómeno El Niño 1998, naturaleza del suelo, pendiente, material suelto en lecho de la quebrada.	4	3	12	Huayco discurre por la quebrada Luay cuando se presenta el fenómeno El Niño o lluvias excepcionales. La quebrada presenta gravas 50 % y arenas y limos 50 %. Destruyó puente, actualmente se ha construido otro con muros de protección.	De reactivarse el fenómeno El Niño, podría afectar el puente nuevo, si el flujo sobrepasa el anterior. En el año 1998 destruyó puente en la Carretera Panamericana Norte, aún se observan sus restos.
El Huasimo San Jacinto Tumbes Tumbes 76341085	Precipitaciones pluviales intensas, naturaleza del suelo, pendiente de quebrada, material suelto en lecho de la quebrada.	4	3	12	Flujo que discurre en la cabecera de la quebrada Huasimo. Abundan bloques sueltos en el cauce, 80 % de gravas, 20 % de arena y limo. Se observan bloques angulosos a subredondeados de aproximadamente 0.40 m de diámetro. Se reactiva con lluvias intensas como las del fenómeno El Niño o lluvias excepcionales.	Podría afectar tramo de carretera El Huasimo-Cabo Inga
Carretera Pinda-Mangohurquillo Paletillas Zapotillo Loja Ecu-121	Material suelto en lecho de la quebrada; pendiente moderada de 20° a 35°; vegetación escasa por deforestación; precipitaciones pluviales intensas, material suelto en lecho de la quebrada.	4	3	12	El huayco ha dejado como evidencia un abanico proluvial en su desembocadura conformado por material grueso (> 50 %) y heterogéneo. La quebrada contiene: grava 60 %, arena 15 %, bloques 10 %, bolones 10 % y limo 5 %. En este sector se necesita un puente para no afectar el tránsito vehicular. Este fenómeno se activa cada vez que se presentan lluvias excepcionales.	Afecta 200 m de la carretera Pinda-Mangohurquillo.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Carretera Paletillas- Cazaderos Paletillas Zapotillo Loja Ecu-199	Material suelto en lecho de la quebrada; las precipitaciones son intensas y la vegetación es escasa.	4	3	12	El huayco contiene material grueso en más del 50 %. En sus laderas se observan canchales que alimentan a la quebrada cuyo lecho se compone de: grava 60 %, bloques 10 %, bolones 10 % y 20 % de arcilla y limo. Este sector en tiempos de lluvia es intransitable, hay mucho material suelto en el lecho de la quebrada que se activa con lluvias ocasionales.	Afecta 400 m de carretera afirmada Paletillas-Cazaderos en, por tramos de 10 y 20 m.
Carretera Paletillas- Cazaderos Paletillas Zapotillo Loja Ecu-203	Material suelto en lecho de la quebrada; precipitaciones pluviales intensas; escasa vegetación y pendiente de quebrada entre 5° y 20°.	4	3	12	La quebrada contiene en su cauce material grueso, conformado por: grava 60 %, bloques 10 %, bolones 10 %, arcilla con limo 20 %. Se observan en sus laderas algunos canchales de material suelto, que alimentan a la quebrada. Este sector es intransitable en tiempos de lluvia. La quebrada se activa, con lluvias ocasionales.	Afecta varios km de carretera afirmada Paletillas-Cazaderos. Se debe cambiar el trazo de la carretera.
Carretera Paletillas- Cazaderos Paletillas Zapotillo Loja Ecu-204	Material suelto en lecho de la quebrada; precipitaciones pluviales intensas; escasa vegetación, pendiente de quebrada de 5° a 20°.	4	3	12	La quebrada en su cauce contiene material grueso, conformado por: grava 60 %, bloques 10 %, bolones 10 %, arcilla con limo 20 %. Se observan en las laderas, algunos canchales que alimentan a la quebrada con material suelto. Este sector es intransitable en tiempos de lluvia, hay mucho material suelto en el lecho de la quebrada que se activa con lluvias excepcionales.	Afecta varios km de la carretera afirmada Paletillas-Cazaderos, por sectores de 10 a 20 m. Se debe cambiar el trazo de la carretera.

P: Peligro

V: Vulnerabilidad

ZR: Zona de riesgo



Foto N° 7.11 Huayco afectó viviendas del sector de Higerón, se observa vivienda y algarrobo como testigo de este evento (S. Núñez, abril-2004).

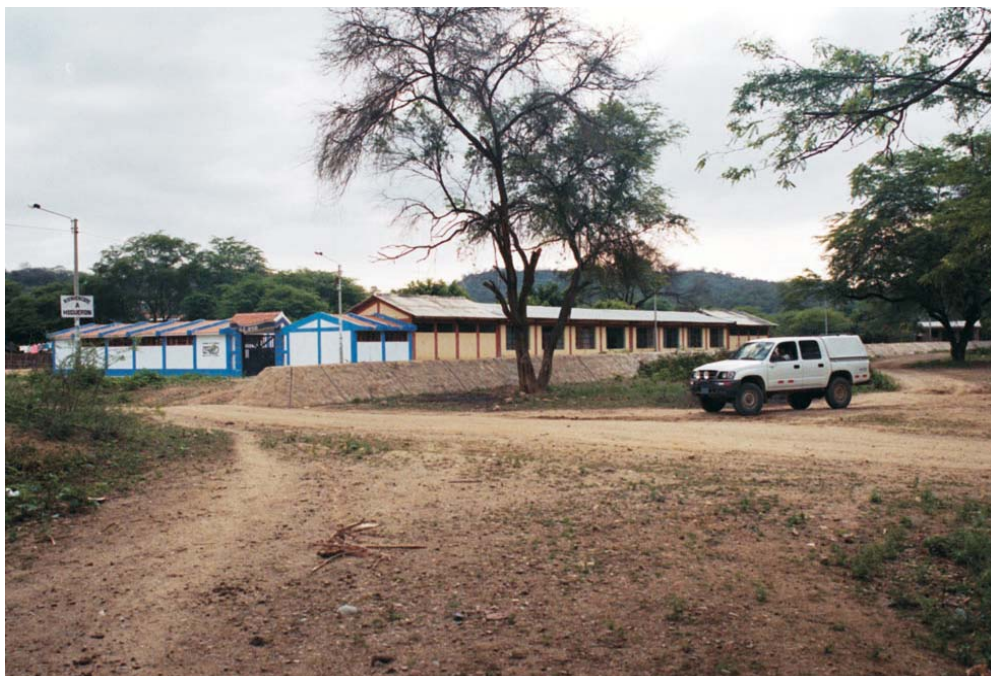


Foto N° 7.12 Quebrada Hualaca, en la su margen izquierda se ubica el centro educativo de Higerón y viviendas, actualmente la quebrada está canalizada. (S. Núñez, julio-2004).

Cuadro N° 7.7
Descripción de los principales flujos de lodo

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
San Francisco Corrales Tumbes Tumbes 86311036	Precipitaciones pluviales intensas, pendiente de quebrada, litología del substrato, naturaleza del suelo, abunda material suelto en el lecho de la quebrada.	4	4	16	Flujo baja por la quebrada San Francisco, está compuesto por más del 50 % de material fino como arenas y limos. Se han colocado defensas de enrocado con malla, (gaviones) en ambas márgenes. La quebrada se activa con intensas lluvias como las del fenómeno El Niño o lluvias excepcionales. Necesaria reubicación de viviendas.	Afectaría la carretera Corrales-San Jacinto, también las viviendas que se encuentran en la margen izquierda.
Qda. Hualaca/Higuerón San Jacinto Tumbes Tumbes 86331066	Precipitaciones pluviales intensas, naturaleza del suelo, pendiente de quebrada, abunda material suelto en el lecho de la quebrada.	4	4	16	Flujo de lodo con palizada discurrió por la quebrada Hualaca en 1998. Se activa con el fenómeno El Niño o lluvias excepcionales. Actualmente el cauce está limpio, se han colocado muros de protección para la escuela, gaviones en el cauce para reducir la velocidad y muros de contención de mampostería en la margen derecha para proteger casas y colegio.	Afectó aproximadamente 40 m de camino, terrenos de cultivo y viviendas del caserío de Higuerón.
San Pedro de Los Incas/Quebrada Colorado Corrales Tumbes Tumbes 86311035	Precipitaciones pluviales intensas, pendiente, naturaleza del suelo.	4	4	16	Flujo de lodo discurre por la quebrada Colorado, sus márgenes han sido erosionadas. Se activa con lluvias como las del fenómeno El Niño o lluvias excepcionales. La quebrada es usada como botadero de basura. En las partes altas de la quebrada se encuentran pequeños derrumbes y erosiones de ladera que la alimentan. Se han colocado protecciones de mampostería y gaviones, en ambas márgenes de la quebrada (zona poblada).	Afectó tramo de 50 m de carretera asfaltada San Pedro de los Incas-San Jacinto y terrenos de cultivo. De reactivarse podría afectar escuela, carretera, cementerio y algunas viviendas. Es necesario que no se construyan viviendas en el cauce de la quebrada.
Quebrada Negrito km 1275, Carretera Panamericana Norte.	Precipitaciones pluviales intensas, pendiente de quebrada, material suelto en la cabecera de la quebrada. Notable deforestación en su parte alta.	4	3	12	Flujo de lodo que discurre por la quebrada Negrito, en sus márgenes hay pequeños derrumbes que la alimentan, estos se han formado por erosión (cuando discurrió el flujo socavando la base). Con lluvias intensas se reactiva la quebrada.	Afecta levemente al puente, por que éste tiene protección (muros), puede afectar a la langostinera.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Quebrada El Mono/Miraflores San Juan de La Virgen Tumbes Tumbes 86311017	Precipitaciones pluviales intensas, pendiente de quebrada, material suelto en la cabecera de la quebrada. Intensa deforestación en su parte alta.	4	3	12	Flujo de lodo bajo por la quebrada El Mono en cuyo lecho se observa material compuesto por arena y limos. La quebrada está canalizada.	Destruyó antigua carretera a Tutumo. Puede interrumpir carretera de acceso al caserío de Miraflores, actualmente la afecta en tramo de 200 m.
Carretera San Juan de La Virgen-Tumbes San Juan de La Virgen Tumbes Tumbes 86311023	Precipitaciones pluviales intensas, pendiente de quebrada, material suelto en la cabecera de la quebrada. Intensa deforestación en su parte alta.	4	3	12	Flujo de lodo discurre por la quebrada. Se reactivó con el fenómeno El Niño, destruyendo el puente y alcantarilla. Se ha construido badén. Hay pequeños derrumbes en las márgenes de la quebrada, los cuales la alimentan. Este fenómeno se puede presentar con lluvias excepcionales.	Afectó carretera Tumbes-San Juan de La Virgen, puente y alcantarilla.
Garbanzal San Juan de La Virgen Tumbes Tumbes 86311028	Precipitaciones pluviales intensas, pendiente de quebrada, material suelto en la cabecera de la quebrada. Intensa deforestación en su parte alta.	4	3	12	Flujo de lodo bajo por la quebrada Garbanzal erosionando fuertemente las terrazas en ambas márgenes, produciendo pequeños derrumbes que la alimentaron. El material está compuesto por arenas y limos en más del 50 %. La quebrada ha sido canalizada y se han colocado gaviones por sectores para protegerla de la erosión. La quebrada se reactiva con lluvias intensas como las del fenómeno El Niño o excepcionales.	Puede afectar tramo de 50 m de carretera asfaltada San Juan de La Cruz-Tumbes.
Cabeza de Lagarto Pampas de Hospital Tumbes Tumbes 86311071	Precipitaciones pluviales intensas, pendiente de quebrada, material suelto en la cabecera de la quebrada. Intensa deforestación en su parte alta. Naturaleza del suelo	4	3	12	Flujo de lodo discurre por la quebrada, en el cauce se observa material suelto conformado por 70 % de arenas, limos y arcillas y gravas con gravilla en 30 %. Se observa erosión en cárcavas, algunas bien desarrolladas que aportan material a la quebrada. Con lluvias excepcionales o las del fenómeno El Niño se reactivaría.	Puede afectar alcantarilla y tramo de aproximadamente 30 m de carretera Pampas del Hospital-Cruz Blanca.
Quebrada Pedregal La Cruz Tumbes Tumbes 86311098	Precipitaciones pluviales intensas, pendiente de quebrada, material suelto en la cabecera de la quebrada. Intensa deforestación en su parte alta. Naturaleza del suelo	4	3	12	Flujo de lodo discurre por la quebrada Pedregal. El material está compuesto por arenas y limos. Se reactiva con lluvias del fenómeno El Niño o de tipo excepcional.	De reactivarse podría afectar el puente Héroes del Cenepa I. Se recomienda protección de mampostería para el puente.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Carretera Panamericana La Cruz Tumbes Tumbes 76321006	Precipitaciones pluviales intensas, pendiente de quebrada, material suelto en la cabecera de la quebrada. Intensa deforestación en su parte alta. Naturaleza del suelo	4	3	12	Flujo de lodo discurrió por la quebrada con material compuesto por arenas y limos. La quebrada recibe aportes de derrumbes y cárcavas-flujos que se observan en sus márgenes. Se reactivó con lluvias fuertes del fenómeno El Niño de 1983 y 1998.	Puede afectar el canal de riego, y tramo de aproximadamente 50 m de la Carretera Panamericana Norte.
Carretera Panamericana La Cruz Tumbes Tumbes 76321011	Precipitaciones pluviales intensas, pendiente de quebrada, material suelto en la cabecera de la quebrada. Intensa deforestación en su parte alta. Naturaleza del suelo	4	3	12	Flujo de lodo discurrió por la quebrada con material compuesto por arenas y limos. La quebrada recibe aportes de derrumbes y de cárcavas-flujos que se observan en sus márgenes. Se reactivó con lluvias fuertes del fenómeno El Niño, puede afectar tramo de 50 m de la Carretera Panamericana Norte.	Podría afectar tramo de aproximadamente 50 m de la Carretera Panamericana Norte.
Quebrada Los Cedros La Cruz Tumbes Tumbes 76321015	Precipitaciones pluviales intensas, pendiente de quebrada, material suelto en la cabecera de la quebrada. Intensa deforestación en su parte alta. Naturaleza del suelo	4	3	12	Flujo de lodo que discurrió por la quebrada Los Cedros. El último evento ocurrido fue el 14/04/04 a las 4 a.m, después de una lluvia que empezó a las 12 p.m. y terminó a las 6 a m. El material que discurrió está conformado por arenas, limos con algo de gravilla. En la parte alta de la quebrada se observa zona de derrumbes que alimentan la quebrada. Esta quebrada se encuentra canalizada.	Afectó tramo de aproximadamente 50 m de la Carretera Panamericana en el km 1257 +900 y terrenos de cultivo.
Carretera Panamericana La Cruz Tumbes Tumbes 76321017	Precipitaciones pluviales intensas, pendiente de quebrada, material suelto en la cabecera de la quebrada. Intensa deforestación en su parte alta. Naturaleza del suelo	4	3	12	Flujo de lodo bajo por una pequeña quebrada con material muy homogéneo, compuesto por arenas y limos Cuando se presentó el fenómeno El Niño destruyó antiguas defensas. Actualmente, parte de la quebrada está canalizada con muro de mampostería y en parte con arrimado de material como defensa ribereña (este último debe reemplazarse por enrocado y/o concreto).	Puede bloquear alcantarilla y afectar tramo de 50 m de la Carretera Panamericana Norte .
San Isidro La Cruz Tumbes Tumbes 76321020	Precipitaciones pluviales intensas, pendiente de quebrada, material suelto en la cabecera de la quebrada. Intensa deforestación en su parte alta. Naturaleza del suelo	4	3	12	Flujo de lodo, producto de lluvias intensas discurrió por la quebrada con material compuesto por arena y limos. De reactivarse puede obstruir alcantarilla. La canalización de la quebrada debe ser con muros de mampostería o enrocado, se debe eliminar el arrimado de material. Este flujo se activa con lluvias excepcionales o cuando se presenta el fenómeno El Niño.	Puede afectar alcantarilla y tramo de 50 m de la Carretera Panamericana Norte.



Foto N° 7.13 Flujo de lodo, ocurrido el 14/04/04, sobre la quebrada los Los Cedros, afectó la Carretera Panamericana Norte en el km 1257+900. (S. Núñez, julio 2004).



Foto N° 7.14 Quebrada amplia, que se activa solamente cuando se producen lluvias excepcionales, puede afectar la Carretera Panamericana Norte, en la margen derecha se debe culminar la obra de protección. (S. Núñez, mayo-2004).

Cuadro N° 7.8
Principales erosiones de ladera de la cuenca

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Casa Blanqueada - Barrio Chorrillos San Jacinto Tumbes Tumbes 86311087	Precipitaciones pluviales intensas, naturaleza del suelo, pendiente de terreno, intensa deforestación.	4	4	16	Se observa erosión de laderas en cárcavas en el caserío de Casa Blanqueada y en el barrio de Chorrillos. Las cárcavas están desarrolladas en una longitud de 100 a 150 m aproximadamente y una profundidad de hasta 1,60 m aprox., se acentúan cuando se presenta el fenómeno El Niño, o con lluvias excepcionales. El terreno está desprovisto de vegetación, por deforestación, lo cual hace que los terrenos sean fácilmente erosionados.	Afecta caminos del barrio de Chorrillos, puede afectar a viviendas
Quebrada Cabeza de Toro San Juan de la Virgen Tumbes Tumbes 86311016	Precipitaciones pluviales intensas, naturaleza del suelo, pendiente de terreno, intensa deforestación.	4	3	12	Erosión de laderas en forma de cárcavas, se ubica en la cabecera de la quebrada (Cabeza de Toro). Además se observan pequeños derrumbes en las márgenes de las cárcavas que se acentúan cuando se presenta el fenómeno El Niño, o con lluvias excepcionales. Terreno desprovisto de vegetación, por deforestación, lo cual hace que los terrenos sean fácilmente erosionados.	Afecta el tramo de la trocha carrozable, y alimenta a la quebrada Cabeza de Toro.
Tacural San Juan de La Virgen Tumbes Tumbes 86311019	Precipitaciones pluviales intensas, naturaleza del suelo, pendiente de terreno, intensa deforestación.	3	4	12	Se observa erosión de laderas en cárcavas, en las laderas del cerro. En las márgenes de las cárcavas se observan pequeños derrumbes. Con lluvias intensas podrían producirse flujos por el cauce de las cárcavas que presentan aproximadamente, una profundidad de 20 m y una longitud de 100 m. Cada vez que hay lluvias excepcionales con el fenómeno El Niño estos suelos son fácilmente erosionables, siendo la sedimentación mucho mayor	Podría taponar alcantarilla y afectar el canal de irrigación y la carretera al sistema de bombeo.
Maival Corrales Tumbes Tumbes 86311037	Precipitaciones pluviales intensas, naturaleza del suelo, pendiente de terreno, intensa deforestación.	3	4	12	Erosión de laderas en cárcavas en aproximadamente una longitud de 100 a 180 m y una profundidad de 1,5 m. Con lluvias excepcionales pueden producirse flujos por las cárcavas. Se han construido badenes en la carretera Tumbes-San Jacinto. Cuando hay lluvias excepcionales o fenómeno El Niño y por falta de vegetación, los suelos son fácilmente erosionables y transportados como abundante material suelto al cauce del río.	Podría afectar aproximadamente 50 m de la carretera a San Francisco

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Vaqueria San Jacinto Tumbes Tumbes 86311058	Precipitaciones pluviales intensas, naturaleza del suelo, pendiente de terreno, intensa deforestación.	3	4	12	Erosión de laderas en cárcavas en el sector Vaquería, producidas por lluvias intensas como las del fenómeno El Niño, en aproximadamente 100 m de largo y 1,70 m de profundidad. Estos suelos son fácilmente erosionables, ocasionando mayor sedimentación.	Afectaría tramo de la carretera a San Jacinto.
Cerro Huaco San Jacinto Tumbes Tumbes 86331091	Roca volcánica alterada con fracturamiento y alteración fuerte. Fuerte precipitaciones pluviales, pendiente media de 30 %, ausencia de vegetación, deforestación y sobrepastoreo.	3	4	12	Erosión de laderas tipo cárcavas, presentan una longitud de 80 m y una profundidad de 0,5 a 0,7 m. Pequeños derrumbes en sus márgenes, generan flujos con lluvias intensas. Afectan pasizales, arbustos y pueden dañar un tramo de la carretera a Rica Playa. Cuando hay lluvias excepcionales o el fenómeno El Niño estos suelos son fácilmente erosionables, produciendo mayor sedimentación.	Puede afectar carretera a Rica Playa.
Carretera Paccha-Torres. Paccha Atahualpa El Oro Ecu-02	Rocas sedimentarias muy fracturadas y alteradas, pendiente media de 20° a 35°, precipitaciones pluviales muy intensas, deforestación y sobrepastoreo.	4	3	12	Erosión de laderas tipo cárcava; con longitud de 30 m y 5 m de profundidad. En los alrededores de la cárcava se observan asentamientos. El suelo está compuesto por gravas 40 %, limo 30 %, arena 15 % y arcilla 15 %. En el cauce de la pequeña quebrada (cárcava) se pueden presentar flujos. Se observa el ensanchamiento de la cárcava con pequeños deslizamientos en ambas márgenes. El proceso erosivo podría continuar hacia la parte alta por falta de vegetación. Cuando hay lluvias excepcionales o fenómeno El Niño estos suelos son fácilmente erosionables, produciendo mayor sedimentación	Podría afectar a carretera de acceso a las torres de alta tensión.
Carretera Machala-Alamor km 46 + 119 La Victoria Las Lajas El Oro Ecu-104	Rocas sedimentarias muy fracturadas y alteradas, pendiente media de 20° a 35°, precipitaciones pluviales muy intensas, deforestación y sobrepastoreo.	3	4	12	La erosión de laderas tipo cárcava, con profundidad de 10 m y longitud de 50 m. En las márgenes de la cárcava se observa un hundimiento y destrucción del relleno (calzada) y de la alcantarilla. El suelo tiene la siguiente composición: arena 70 %, grava 10 % limo 10 % y arcilla 10 %. Cuando hay lluvias excepcionales o el fenómeno El Niño los suelos son fácilmente erosionables, produciendo mayor sedimentación.	Afecta carretera asfaltada Piñas-Alamor en 100 m.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Carretera Paletillas-Zapotillo Paletillas Zapotillo Loja Ecu-122	Rocas sedimentarias muy fracturadas y alteradas, pendiente media de 20° a 35°, precipitaciones pluviales muy intensas, deforestación y sobrepastoreo	3	4	12	Erosión de laderas tipo cárcava y en surcos. Las cárcavas presentan longitudes de 50 m y profundidades entre 4 m y 10 m. Se está perdiendo la capa de suelo. El suelo está compuesto de arenas 60 %, limo 30 % y arcilla 10 %. Este fenómeno se está acentuando por la intensa deforestación de la zona. Cuando hay lluvias excepcionales o el fenómeno El Niño los suelos son fácilmente erosionables, produciendo mayor sedimentación.	Afecta carretera Paletillas-Zapotillo en 200 m y también pastizales.
Sauce Alto Paletillas Zapotillo Loja Ecu-124	Rocas sedimentarias muy fracturadas y alteradas, pendiente de terreno baja (<20°); precipitaciones pluviales muy intensas, deforestación y sobrepastoreo.	3	4	12	Erosión de laderas de tipo cárcava y surcos con longitudes de 50 m y profundidad de 2 a 5 m. Se observan a lo largo de la vía erosión en cárcavas y surcos que afectan la estabilidad del relleno y terrenos de cultivo, se está perdiendo la capa de suelo. El suelo está compuesto por 60 % de arenas, 30 % de limos y 10 % de arcilla. Este fenómeno se está acentuando por la intensa deforestación de la zona. Cuando hay lluvias excepcionales o el fenómeno El Niño los suelos son fácilmente erosionables, produciendo mayor sedimentación.	Afecta 3 km de la carretera entre Zapotillo-Mangahurco.
Chaquino (Quebrada Cazaderos) Cazaderos Zapotillo Loja Ecu-127	Rocas sedimentarias muy fracturadas y alteradas, pendiente de terreno baja (<20°); precipitaciones pluviales muy intensas, escasa vegetación por deforestación y sobrepastoreo..	4	3	12	La erosión de laderas es del tipo de cárcava y surco, en un área de 20 hectáreas. La erosión en cárcavas presenta longitudes de 30 m y profundidad de 5 m. A lo largo de la vía se observan estos fenómenos, algunos afectando la carpeta de relleno de la carretera, otros a los terrenos de cultivo, perdiendo cobertura de suelo. El suelo está compuesto de arenas 60 %, limo 30 % y arcilla 10 %. Las laderas de los cerros están siendo disectadas. En algunos sectores de la quebrada Cazaderos se presentan derrumbes y caídas de rocas que contribuyen a la formación de flujos. Este fenómeno se acentúa por la intensa deforestación de la zona. Cuando hay lluvias excepcionales o el fenómeno El Niño estos suelos son fácilmente erosionables, aumentando la sedimentación.	Afecta 200 m de la carretera y 20 ha de terrenos de cultivo

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Bolaspamba Cazaderos Zapotillo Loja Ecu-128	Rocas sedimentarias muy fracturadas y alteradas, pendiente de terreno menor a 20°, precipitaciones pluviales muy intensas, escasa vegetación por deforestación y sobrepastoreo.	3	4	12	Erosión de laderas tipo cárcava, surco y laminar. Las cárcavas tienen una longitud de 50 m y profundidad de 1 m. Parte de la carretera está afectada por la erosión, afectando al terraplén. Existe vegetación seca por falta de agua. El suelo está compuesto por arenas 60 %, limos 20 %, arcillas 10 % y gravas 10 %. Este fenómeno se está acentuando por la intensa deforestación de la zona. Cuando hay lluvias excepcionales o fenómeno El Niño estos suelos son fácilmente erosionables.	Afecta la carretera a Bolaspamba en un tramo de 100 m, y terrenos de cultivo en 15 ha.
Carretera Paletillas- Cazaderos Zapotillo Loja Bolaspamba Ecu-131	Rocas sedimentarias extremadamente fracturadas y alteradas, la pendiente de terreno moderada, de 20° a 35°, se observa notable deforestación, intensas precipitaciones pluviales.	4	3	12	La erosión de laderas se da en cárcavas y surcos. Las cárcavas tienen longitudes de 30 m y profundidades de 5 m, en sus paredes se observan pequeños derrumbes. El suelo tiene una composición de arenas 40 %, gravas 30 %, limo 20 %, y arcilla 10 %. Este fenómeno se ha acentuando por la intensa deforestación que hay en la zona. Los suelos son fácilmente erosionables con lluvias ocasionales.	Afecta 100 m de la carretera, específicamente al talud del relleno.
La Leonera Cazaderos Zapotillo Loja Ecu-136	Roca volcánica alterada y fracturada, la pendiente de terreno es moderada (20° a 35°); la vegetación del área es escasa por la intensa deforestación y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Erosión de laderas en cárcavas y surcos con 80 m de longitud y 4 a 5 m de profundidad, se observan a lo largo de la carretera cada 50 u 80 m. Este fenómeno se está acentuando por la intensa deforestación de la zona. Cuando hay lluvias excepcionales o el fenómeno El Niño estos suelos son fácilmente erosionables.	Afecta 300 m de carretera a Bolaspamba
Vía Guachairama - Celica. Guachanamá Paltas Loja Ecu-151	Rocas areniscas y limolitas muy alteradas y fracturadas, la pendiente de terreno es fuerte (35 a 50°); vegetación escasa por la intensa deforestación del área y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Erosión de laderas en cárcavas y surcos con pequeños flujos de déritos. Las cárcavas tienen 100 m de longitud y 40 m de profundidad. El suelo está compuesto por arena 60 %, limo 30 % y grava 10 %. Este fenómeno se está acentuando por la intensa deforestación de la zona. Cuando hay lluvias excepcionales o el fenómeno El Niño los suelos son fácilmente erosionables. Aumentando la sedimentación.	Afecta 200 m de la carretera a Lauro Guerrero, y 15 ha de pastizales.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Carretera Baisas-Pindo Capito Piñas El Oro Ecu-173	Rocas sedimentarias muy alteradas y fracturadas, la pendiente de terreno es moderada (20° a 35°); vegetación escasa por la intensa deforestación del área y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Erosión de laderas en cárcavas y surcos con longitudes de 50 m y 7 a 10 m de profundidad. La cabecera de la cárcava está a unos 4 m de la cuneta (carretera). Se pueden generar flujos de detritos y derrumbes. El material suelto está conformado por gravas 50 %, arenas 35 %, bolones 10 % y limo 5 %. Este fenómeno se está acentuando por la intensa deforestación de la zona. Cuando hay lluvias excepcionales o el fenómeno El Niño, estos suelos son fácilmente erosionables, siendo la sedimentación mucho mayor	Afecta tramo de 300 m de carretera Baisas-Pindo y 10 ha de pastizales.
Carretera Mangahurquillo-Pindal Cazaderos Zapotillo Loja. Ecu-200	Rocas sedimentarias muy alteradas y fracturadas, la pendiente de terreno es moderada (20° a 35°); vegetación escasa por la intensa deforestación del área y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Erosión de laderas en forma de cárcavas en un área de 30 ha. Cuando hay lluvias excepcionales o el fenómeno El Niño estos suelos son fácilmente erosionables. La sedimentación es mucho mayor.	Afecta carretera Mangahurquillo – Pindal en un tramo de 200 m, y un área de 10 ha.
Carretera Paletillas-Zapotillo Cazaderos Zapotillo Loja Ecu-205	Rocas sedimentarias muy alteradas y fracturadas, la pendiente de terreno es baja (<20°); vegetación escasa por la intensa deforestación del área y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Erosión en cárcavas, con 30 m de longitud y 2 a 3 m de profundidad; se pueden generar flujos. El suelo está compuesto por grava, arena y limo. Cuando hay lluvias excepcionales o el fenómeno El Niño estos suelos son fácilmente erosionables. La sedimentación es mucho mayor.	Afecta unos 10 km de la carretera y 10 ha de terrenos de cultivo.
Carretera Paletillas-Zapotillo Cazaderos Zapotillo Loja Ecu-206	Rocas sedimentarias muy alteradas y fracturadas, la pendiente de terreno es baja (<20°); vegetación escasa por deforestación del área y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Erosión de laderas en cárcavas, con 50 m de longitud y 1 a 2 m de profundidad. EL suelo está compuesto por grava, arena y limo. Cuando hay lluvias excepcionales o el fenómeno El Niño, estos suelos son fácilmente erosionables, el acarreo de sedimentación es mucho mayor.	Afecta 3 km de carretera afirmada y 10 ha de terrenos de cultivo.
Carretera Puyango-Alamor Alamor Puyango Loja Ecu-208	Rocas sedimentarias muy alteradas y fracturadas, la pendiente de terreno es baja (<20°); vegetación escasa por deforestación del área y precipitaciones pluviales intensas.	3	4	12	Erosión de laderas en cárcavas que tienen 30 m de longitud y 1 a 2 m de profundidad, también se observan derrumbes. El suelo está compuesto por grava, arena y limo. Cuando hay lluvias excepcionales o el fenómeno El Niño estos suelos son fácilmente erosionables aumentando el acarreo de sedimentos.	Afecta unos 10 km de la carretera y 10 ha de pastizales.

Cuadro N° 7.9
Movimientos complejos importantes de la cuenca

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Deslizamiento - Flujo						
Señal de la Garita	Precipitaciones pluviales intensas, litología del substrato, naturaleza del suelo, intensa deforestación de la zona.	4	3	12	Deslizamiento antiguo reactivado como deslizamiento-flujo, presenta escarpa alargada con 100 m de longitud.	Afecta camino de herradura y pastizales.
La Cruz					El desnivel entre la escarpa principal y el pie es de 30 m, presenta saltos, el principal de 30 m y el secundario de 10 m aprox.	
Tumbes					Se observan agrietamientos longitudinales de 10 m con profundidad hasta de 0,5 m.	
Tumbes					La masa se deslizó en forma de flujo.	
76321008					Reactivado por precipitaciones pluviales intensas y construcción de camino carrozable que alimentan a la quebrada.	
Carretera Piñas-Loja	Roca volcánica y fracturada; pendiente muy fuerte (50 - 70°); precipitaciones pluviales intensas; filtraciones de agua subterránea; corte de talud de carretera, terreno deforestado.	4	3	12	El deslizamiento-flujo, presenta una escarpa de forma circular y continua, superficie plana y rotacional, salto principal de 5 m y el secundario de 2 m.	Afecta 200 m de carretera Piñas-Loja.
Chaguarpamba					En el cuerpo se observan rocas y material caído que pueden generar caídas.	
Chaguarpamba					El suelo está compuesto por arena 80 %, grava 15 %, limo 5 %.	
Loja					Ante un fenómeno El Niño o lluvias excepcionales es posible que se caídas.	
Ecu-40						
Carretera Cisne-Portovelo	Roca metamórfica (esquisto) muy fracturada y alterada; pendiente fuerte de 35° - 50°; precipitaciones pluviales intensas; filtraciones de agua subterránea; corte de talud para carretera.	4	3	12	El deslizamiento-flujo, presenta escarpa de forma circular continua de forma rotacional, el salto principal de 5 m y los secundarios de 1 m.	Afecta 200 m de carretera El Cisne-Portovelo.
El Cisne					La masa deslizante ha bajado en parte como flujo.	
Loja					Presencia de deslizamientos menores dentro del cuerpo.	
Loja					Se presentaron además derrumbes. En su cuerpo se ve erosión en surcos.	
Ecu-66					La composición del suelo es: grava 40 %, limo 20 %, bloques 15 %, arcilla 15 % y arena 10 %. Ante el fenómeno El Niño o lluvias	
Carretera Cisne-Portovelo	Roca metamórfica (esquistos) y volcánica muy fracturada y alterada; fuerte pendiente de 35° - 50°; filtraciones de aguas; precipitaciones pluviales intensas; corte de talud para carretera.	4	3	12	Deslizamiento-flujo, con escarpa irregular continua, con una longitud de 50 m. Presenta un salto principal de 5 m y secundarios de 2 m.	Afecta pastos naturales, puede represar quebrada.
El Cisne					El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 150 m.	
Loja					En el cuerpo del deslizamiento se observan erosiones en surco y cárcavas.	
Loja					A unos 30 m se presenta otro fenómeno similar, se observan también deslizamientos antiguos.	
Ecu-72					Ante un fenómeno El Niño o lluvias excepcionales se reactivará el	

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Santa Teresa, Carretera Portovelo-Cisne El Cisne Loja Loja Ecu-79	Rocas metamórficas fuertemente alteradas y fracturadas; la pendiente del terreno esta entre 20° - 35°; precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	El deslizamiento-flujo, presenta escarpa recta y de superficie plana. El salto principal es de 10 m y el secundario de 2 m. El material que constituye el cuerpo del deslizamiento está sobresaturado se moviliza a manera de un flujo de lodo. A unos 20 m de este punto se puede observar una zona de derrumbes por inestabilidad en el talud de carretera. El suelo está compuesto por arena 80 %, grava 10 % y limo 10 %. Ante un fenómeno El Niño o lluvias excepcionales es posible que se reactive el deslizamiento.	Afecta 200 m de carretera a Portovelo.
Km. 20+520 Carretera Balsas-Pindo Capito Balsas El Oro Ecu-169	Rocas areniscas y limoarcillitas fracturadas y extremadamente alteradas; precipitaciones pluviales intensas; pendiente del terreno fuerte (35 a 50°); intensa deforestación de la zona	4	3	12	El deslizamiento-flujo, presenta escarpa activa de forma circular y continua con longitud de 80 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 80 m de longitud. Presenta un salto principal de 10 m y secundarios 1 a 2 m. Erosión en cárcavas y surcos y flujos de detritos. En las paredes de las cárcavas se observan pequeños derrumbes. El suelo está compuesto por gravas 50 %, arenas 20 %, limo 20 % y bolones 10 %. Ante un fenómeno El Niño o lluvias excepcionales es posible que se reactive el fenómeno.	Afecta tramo de 200 m de carretera Pindo-Balsas.
Capito Balsas El Oro Ecu-171	Rocas areniscas muy fracturadas y alteradas, pendiente del terreno es moderada (20° a 35°); la escasa vegetación por la intensa deforestación, precipitaciones pluviales intensas y corte de talud de carretera.	4	3	12	Deslizamiento-flujo, su zona de arranque tiene forma regular y continua, con 100 m de longitud, el desnivel entre la corona y pie es de 40 m, parte de su cuerpo ha fluído. En su cuerpo hay presencia de bloques sueltos formando canchales, pudiéndose generar derrumbes y caídas de rocas que afectarían la carretera. Erosión de laderas en cárcavas y surcos con 80 m de longitud y 10 m de profundidad. Cerca de este fenómeno se observa otro similar que está afectando la carretera. Ante un fenómeno El Niño o lluvias excepcionales es posible que se reactive el deslizamiento. El suelo está compuesto por gravas 60 %, arenas 20 %, bloques 10 %, y limos 10 %.	Afecta a unos 100 m de la carretera a Pindo-Balsas.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Derrumbe-Flujo						
La Cruz Tumbes Tumbes 76321005	Precipitaciones pluviales intensas excepcionales, rocas sedimentarias (areniscas con limolitas) poco consolidadas, naturaleza del suelo. Intensa deforestación de la zona. Talud de corte de fuerte pendiente	4	2	8	Derrumbe-flujo con longitud de 30 m con zona de arranque regular. El desnivel entre el pie y la zona de arranque es de 100 m. Se ubica en la margen derecha de la quebrada La Capitana, aporta material para la formación de flujos. Se observa material suelto en la ladera que puede generar caídas de rocas o derrumbes.	Aporta material a la quebrada
Agucarito Balsas Balsas El Oro Ecu-93	Rocas metamórficas muy alteradas y fracturadas, con pendiente media de 20° a 35°; las precipitaciones pluviales intensas y la deforestación son notables.	4	2	8	Derrumbe-flujo, presenta una escarpa activa de forma regular, con longitud de 20 m. El desnivel entre la escarpa y el pie es de 100 m. En su cuerpo hay material suelto, puede generar caídas de rocas y flujos. También se genera erosión en surcos. El suelo está compuesto por arena 40 %, grava 30 % y bloques 10 %.	Afecta carretera Moromoro y Balsas en un tramo de 50 m.
Erosión de laderas – flujo						
Las Malvinas De La Cruz La Cruz Tumbes Tumbes 76321002	Precipitaciones pluviales intensas, naturaleza del suelo, pendiente, actividad biológica, deforestación notable.	4	3	12	Erosión de laderas en cárcava-flujo, se presenta en roca arenisca poco consolidada. Con lluvias fuertes se producen flujos. En el cauce de la cárcava hay presencia de material suelto. En 1983 y 1998 se produjo flujo por la cárcava. En el año 1983 la erosión fue de mayor intensidad que en la del año Se recomienda la reubicación del asentamiento humano.	Con una reactivación afectaría asentamiento humano, zona crítica.
Cerro Batán San Jacinto Tumbes Tumbes 86211001	Precipitaciones pluviales intensas, naturaleza del suelo, pendiente, intensa deforestación	4	2	8	Erosión de laderas en cárcavas-flujo, se observan derrumbes en las márgenes de las cárcavas. Presenta material suelto en el cauce. Su suelo está compuesto por grava 50 %, arenas con limos 30 % y bloques 20 %.	Cuando se reactiva afecta el tramo de carretera rural a Cazaderos por tramos. Zona de cárcavas – flujo, torrenteras.

P: Peligro

V: Vulnerabilidad

ZR: Zona de riesgo



Foto N° 7.15 Erosión en cárcavas que puede afectar la carretera Paccha-Las Torres, se observan pequeños derrumbes y deslizamientos en las paredes de la cárcava. (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto N° 7.16 Derrumbe-flujo que alimenta la quebrada Los Cedros, ocurrió durante el último fenómeno El Niño. (S. Núñez, mayo-2004).

Cuadro N° 7.10
Principales caídas de rocas en la cuenca

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Km 60 + 910 Carretera Pindo - Loja Santa Rufina Chaguapamba Loja Ecu-184	Rocas sedimentarias muy fracturadas y alteradas. Precipitaciones pluviales intensas, notable deforestación, pendiente fuerte (35° a 50°). Corte de talud de carretera.	4	3	12	La roca está fracturada e inestables. El desnivel entre la zona de escarpa y su pie es de 40 m. El tipo de rotura de la roca es mixta, en sectores las fracturas están abiertas. Presenta bloques sueltos, con diámetros menores de 0,50 m. Representa un peligro potencial de caída de rocas. A 150 m existe un deslizamiento en que existe peligro de caída de rocas.	Afecta tramo de 400 m de carretera Loja - Pindo.
Km. 8 + 070 Piñas – Portovelo Piñas/Portovelo Piñas/Portovelo El Oro Ecu-52	Roca intusiva muy fracturada y alterada; presenta fuerte pendiente; precipitaciones pluviales intensas; corte de talud para carretera. Notable deforestación.	4	3	12	Talud rocoso, fracturado e inestable. La zona de arranque es irregular y discontinua con una longitud de 150 m. El desnivel entre la corona y el pie del talud es de 80 m. En el talud se observan bloques sueltos y caídos de diámetros menores a 1 m. El fracturamiento es en forma de cuña, abierto, y está a favor de la pendiente. A unos 100 m se observa un antiguo deslizamiento reactivado con caídas de rocas. El suelo está compuesto por grava 60 %, bloques 15 %, arena 10 %, limo 10 %, bolones 5 %.	Afecta 300 m de la carretera a Portovelo
Carretera Huertas-Paccha Piñas Piñas Ecu-31	Roca sedimentaria (limolitas con arcillitas) y rocas volcánicas fracturadas y alteradas; pendiente fuerte; precipitaciones pluviales intensas; corte de talud para carretera. Notable deforestación en la zona.	4	3	12	El talud rocoso está fracturado, inestable, presenta rotura tipo cuña y planar. A 25 m de altura se encuentran los bloques sueltos de hasta 0,80 m de diámetro que pueden caer. El diaclasamiento está a favor de la pendiente, favorece la caída. Se pueden producir derrumbes. El suelo está compuesto por bolones 35 %, bloques 20 %, grava 15 %, limo 15 %, arcilla 10 %, y arena 5 %.	Afecta tramo de 200 m de carretera Huertas-Paccha.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Km 47 + 114 Carretera Machala – Puyango La Victoria Las Lajas El Oro Ecu-106	Rocas limolitas y calizas fuertemente alteradas y fracturadas; pendiente moderada, (35° a 50°); notable deforestación; precipitaciones pluviales intensas, corte de talud de carretera.	4	3	12	La caída de rocas es producto del material suelto en su talud, se observan algunos bloques caídos en la carretera. La rotura es de tipo mixto, presenta fracturamiento abierto. En el talud se observa material suelto que puede generar derrumbes. La altura de donde pueden caer los bloques es de 40 a 50 m. El diámetro de los bloques son menores a 1 m. El suelo está compuesto por grava 70 %, bolones 20 % y arena 10 %.	Afecta tramo de 300 m de carretera Puyango-Machala.
Entrada a Sainos El Limo Puyango Loja Ecu-120	Rocas sedimentarias (limolitas y calizas) fuertemente alteradas y fracturadas, pendiente fuerte (35° - 50°); notable deforestación; precipitaciones pluviales intensas, corte de talud de carretera.	4	3	12	La roca está fracturada e inestable, el tipo de rotura es mixta. La altura de donde pueden caer las rocas tiene 30 m, los bloques tienen dimensiones menores a 0,50 m. En la carretera se encuentran algunos bloques caídos, se pueden producir derrumbes. El suelo está compuesto por grava 60 %, bolones 10 %, bloques 10 %, arenas 10 % y limos 10 %.	Afecta 150 m de carretera.
Carretera Alamor-Puyango Alamor Puyango Loja Ecu-146	Rocas filitas y esquistos muy fracturados y alteradas; pendiente del terreno fuerte, (35°-50°), precipitaciones pluviales intensas y notable deforestación de la zona. Corte de talud de carretera.	4	3	12	La roca está fracturada e inestable, la rotura es de tipo cuña y planar, se observa fracturamiento abierto. La altura de donde pueden caer los bloques está entre 40 y 50 m. Los bloques que forman los canchales no superan el metro de diámetro. Se puede generar derrumbes. El suelo está conformado por grava 40 %, bloques 20 %, bolones 10 %, arenas 10 %, limos 10 % y arcilla 10 %.	Afecta 200 m de carretera Puyango-Alamor.
Vía Pindo – Loja Santa Rufina Chaguapamba Loja Ecu-189	Roca sedimentaria muy fracturada y alterada, precipitaciones pluviales intensas, la vegetación es escasa, pendiente fuerte, (35°-50°) y notable deforestación.	4	3	12	La roca está fracturada e inestable con fractura mixta. La altura de donde pueden caer los bloques es de 40 m. Los bloques sueltos y caídos en tamaño no superan los 0,50 m.	Afecta 400 m de carretera Pindo-Loja.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Carretera Cisne-Loja El Cisne Loja Loja Ecu-64	Roca metamórfica (esquistos), muy fracturada y alterada; pendiente media (20° - 35°); precipitaciones pluviales intensas; filtraciones de agua subterránea, notable deforestación, corte de talud para carretera	5	2	10	La roca está fracturada e inestable con rotura planar. Los bloques sueltos se ubican hasta los 50 m de altura y se pueden generar también derrumbes. El suelo está compuesto por gravas 60 %, bloques 20 %, arenas 10 %, limos 5 % y arcillas 5 %. El terreno presenta filtraciones.	Afecta 200 m de la carretera El Cisne-Loja
Carretera Puyango- Guayquichuma Catamayo Loja Ecu-107	Rocas sedimentarias muy alteradas y fracturadas; pendientes (35°-50°) (fuerte), precipitaciones pluviales intensas y notable deforestación, corte de talud para carretera.	5	2	10	Las rocas están fracturadas e inestables, el tipo de rotura es mixta. El fracturamiento está abierto. La altura de donde pueden caer los bloques es 20 m. Los bloques son menores a 1 m y se encuentran sueltos. Se pueden presentar flujos de detritos y derrumbes. El suelo está compuesto por gravas 70 %, bloques 10 %, bolones 10 %, y arenas 10 %.	Afecta carretera Puyango-Alamor en un tramo de 300 m.

P: Peligro V: Vulnerabilidad ZR: Zona de riesgo



Foto N° 7.17 Caída de rocas, afectan tramo de 200 m de carretera Pindo-Loja, km 60+910. (S. Núñez, Noviembre-2004).



Foto N° 7.18 Caída de rocas, también se pueden generar derrumbes que afectarían en tramo de 150 m la carretera Piñas-Portovelo a la altura del km 8+070. (S. Núñez, Noviembre-2004)

Cuadro Nº 7.11
Principales zonas inundables de la cuenca

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Inundaciones Fluviales						
Puente Tumbes	Precipitaciones pluviales excepcionales, dinámica fluvial, terrazas bajas.	5	4	20	Inundación en la margen derecha del río Tumbes. Presenta terrazas aluviales bajas inundables. Se observan defensas ribereñas (enrocado y muros) en la margen derecha protegiendo viviendas e infraestructura del puente. Falta completar defensas ribereñas en la margen derecha, aguas arriba de la ciudad, y proteger los terrenos de cultivo ubicados en ambas márgenes. Este fenómeno se activa con el fenómeno El Niño o lluvias de tipo excepcional.	En los años 1983 y 1998, afectó viviendas de la ciudad de Tumbes. Actualmente puede afectar viviendas que se encuentran en la margen derecha.
Tumbes						
Tumbes						
Tumbes						
86311001						
Las Parrales	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	4	3	12	El río presenta dos brazos, los terrenos dejados en tiempo se sequía son inundables en tiempo de lluvias. El río es muy divagante, especialmente cuando se presenta el fenómeno El Niño.	Actualmente puede afectar terrenos de cultivo en ambas márgenes y trocha carrozable.
Tumbes						
Tumbes						
Tumbes						
86311005						
Paracas	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	4	3	12	Inundación fluvial en la margen izquierda del río Tumbes cuando ocurren lluvias intensas como las del fenómeno El Niño ó excepcionales, el río crece e inunda la terraza de la margen izquierda. Presentan terrazas bajas. El río es muy divagante, especialmente cuando se presenta el fenómeno El Niño.	En los años 1983 y 1998, afectó terrenos de cultivo en decenas de hectáreas. Actualmente puede afectar terrenos de cultivo ubicados en ambas márgenes y camino de trocha carrozable.
Corrales						
Tumbes						
Tumbes						
86311008						
La Florida	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	5	2	10	Inundación en la margen izquierda, el río retomó su antiguo cauce. La terraza inundable presenta una altura de 2 m. Se deben colocar defensas ribereñas en este sector. El río es muy divagante, especialmente cuando se presenta el fenómeno El Niño.	En los años 1983 y 1998, afectó terrenos de cultivo en decenas de hectáreas, puede seguir afectándolas.
Corrales						
Tumbes						
Tumbes						
86311003						

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Pampa Las Saimas Corrales Tumbes Tumbes 86311006	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	5	2	10	Zonas inundables en ambas márgenes del río Tumbes, cerca de la desembocadura. Se observan también zonas de erosión fluvial. Se activa con el fenómeno El Niño o lluvias de tipo excepcional. Debe colocarse protección como enrocado en ambas márgenes. El río es muy divagante especialmente, cuando se presenta el fenómeno El Niño.	En los años 1983 y 1998, afectó terrenos de cultivo en decenas de hectáreas, puede seguir afectándolos.
Puerto El Cura Tumbes Tumbes Tumbes 86311010	Precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial, terrazas bajas.	5	2	10	Zonas inundables en ambas márgenes del río Tumbes. El río está retomando antiguo cauce, migrando hacia la margen izquierda. También se observa erosión fluvial en ambas márgenes. Se activa con el fenómeno El Niño o lluvias de tipo excepcional.	En los años 1983 y 1998, afectó terrenos de cultivo en decenas de hectáreas. Actualmente puede afectar terrenos de cultivo.
Pampa Grande Corrales Tumbes Tumbes 86311025	Precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial, terrazas bajas.	5	2	10	Zonas inundables en la margen derecha del río Tumbes. Después del último fenómeno El Niño, el río migró a la margen izquierda, devolviendo terrenos inundados que actualmente se usan para ganadería y agricultura. Estas zonas son antiguos cauces del río Tumbes. Con el fenómeno El Niño, es posible que el curso del río cambie.	En los años 1983 y 1998, afectó terrenos de cultivo en decenas de hectáreas. Actualmente puede afectar terrenos de cultivo en varias decenas de hectáreas.
Corrales Corrales Tumbes Tumbes 86311042	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, morfología.	5	2	10	Zona de posible inundación en la margen izquierda del río Tumbes. Con el último fenómeno El Niño, el río migró hacia la margen derecha dejando terrenos libres, que actualmente son usados como terrenos de cultivo aunque son propensos a inundarse cuando se presente otro fenómeno El Niño y el río retome su cauce antiguo.	En los años 1983 y 1998, afectó terrenos de cultivo en decenas de hectáreas. Actualmente puede afectar terrenos de cultivo en varias decenas de hectáreas.
Corrales Corrales Tumbes Tumbes 86311044	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	5	2	10	Zonas inundables en la margen izquierda del río Tumbes. El río retoma antiguo cauce cuando migra hacia la margen izquierda, actualmente está migrando hacia la margen derecha. De reactivarse puede inundar estas zonas. Con otro fenómeno El Niño es posible que el curso del río cambie.	En los años 1983 y 1998, afectó terrenos de cultivo en decenas de hectáreas. Actualmente puede afectar terrenos de cultivo en varias decenas de hectáreas.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
La Noria Corrales Tumbes Tumbes 86311045	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	5	2	10	Zonas inundables en la margen izquierda del río Tumbes. En este sector el río está migrando hacia la margen izquierda, inundando terrenos de cultivo, destruyéndolos completamente. Se observa erosión fluvial en la margen izquierda. Se han colocado espigones y enrocados para disminuir la erosión fluvial. Con otro fenómeno El Niño es posible que el curso del río cambie.	En los años 1983 y 1998, afectó terrenos de cultivo en decenas de hectáreas. Actualmente puede afectar terrenos de cultivo en varias decenas de hectáreas.
San Jacinto Tumbes Tumbes 86311046	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	5	2	10	Zonas inundables en la margen izquierda del río Tumbes. En este sector el río está migrando hacia la margen izquierda, inundando terrenos de cultivo, destruyéndolos completamente. Se observa erosión fluvial en la margen izquierda. Hay espigones y enrocados en las márgenes del río para disminuir la erosión fluvial. Con otro fenómeno El Niño es posible que el curso del río cambie.	En los años 1983 y 1998, afectó terrenos de cultivo en decenas de hectáreas, actualmente puede seguir afectándolos.
Francos San Jacinto Tumbes Tumbes 86311053	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	5	2	10	Varias zonas se inundaron con el fenómeno El Niño en el año de 1998, en la margen izquierda del río Tumbes. Con lluvias excepcionales el río crece y desborda, inundando la margen izquierda. El río está migrando hacia esta margen izquierda. Se han colocado gaviones para reducir la velocidad de la corriente.	En el año 1998 fueron afectadas varias decenas de hectáreas y corrales de ganado. Actualmente puede afectar terrenos de cultivo en varias decenas de hectáreas.
Pampas Pampas de Hospital Tumbes Tumbes 86311054	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	5	2	10	Zona de inundación en la margen derecha del río Tumbes. Con las lluvias que se presentaron con el fenómeno El Niño de 1998, el río creció e inundó la margen derecha afectando terrenos de cultivo. El río está migrando hacia la margen izquierda, se ha formado una pequeña isla (de 300 m de diámetro) en medio del río.	En el año 1998 fueron afectadas varias decenas de hectáreas, y corrales de ganado. Actualmente puede afectar terrenos de cultivos de algodón en varias decenas de hectáreas.
Vaqueria San Jacinto Tumbes Tumbes 86311057	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	5	2	10	Zonas propensas a inundación en la margen izquierda del río Tumbes. El río está migrando a la margen derecha. Con lluvias excepcionales como las del fenómeno El Niño se pueden inundar estas zonas. Con otro fenómeno El Niño es posible que el curso del río cambie.	Cuando se han presentado los fenómenos El Niño han afectado a varias decenas de terrenos de cultivos. Actualmente puede afectar terrenos de cultivos de algodón en varias decenas de hectáreas.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Oidor San Jacinto Tumbes Tumbes 86311059	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	5	2	10	Posibles zonas inundables en la margen izquierda del río Tumbes. El río está migrando hacia la margen izquierda, retomando un antiguo cauce. Con lluvias excepcionales estas zonas son propensas a inundarse. Para proteger la carretera se han colocado espigones aguas arriba y protecciones con enrocado de material aguas abajo.	Podría afectar tramo de carretera a Oidor y terrenos de cultivo adyacentes.
Río Tumbes (Oidor) San Jacinto Tumbes Tumbes 86311061	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	5	2	10	Zonas inundables en la margen izquierda del río. El río ha migrado hacia la margen derecha, está retomando su antiguo cauce. Con otro fenómeno El Niño es posible que cambie el curso del río e inunde nuevas zonas.	Quando se han presentado eventos del fenómeno El Niño han afectado varias decenas de terrenos de cultivos. Podrían afectar terrenos de cultivo en la margen izquierda
Carretas San Juan de la Virgen Tumbes Tumbes 86331063	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	5	2	10	Inundación en la margen izquierda del río Tumbes. Zona de un antiguo cauce del río, puede ser retomado por éste e inundar. Se han colocado espigones para disminuir la velocidad de la corriente. Con otro fenómeno El Niño es posible que cambie el curso del río.	Cada vez que se han presentado fenómenos El Niño fueron afectadas varias decenas de terrenos de cultivos. Podrían afectar terrenos de cultivo y actividad ganadera.
Cerro Blanco San Juan de la Virgen Tumbes Tumbes 86311069	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	5	2	10	Zonas de inundación en la margen derecha del río Tumbes. Zona de antiguo cauce del río. El río está migrando hacia la margen izquierda, dejando terrenos que actualmente se utilizan como terrenos de cultivo y para ganadería. Con otro fenómeno El Niño es posible que cambie el curso del río e inunde nuevas zonas.	Cada vez que se han presentado fenómenos El Niño fueron afectadas varias decenas de terrenos de cultivos. Podrían afectar terrenos de cultivo y actividad ganadera.
Tacural San Juan de la Virgen Tumbes Tumbes 86311070	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	5	2	10	Zonas inundables en la margen derecha del río Tumbes. Con el último fenómeno El Niño el río migró hacia la margen izquierda, retomando su antiguo cauce, dejando nuevos terrenos por su margen derecha. Cuando se presente el fenómeno El Niño es posible que cambie el curso del río e inunde nuevas zonas. Estos terrenos se usan para agricultura y ganadería.	Quando se han presentado fenómenos El Niño han afectado varias decenas de hectáreas de terrenos de cultivos, podrían seguir afectando terrenos de cultivo y de uso ganadero.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Pampas de Hospital Tumbes Tumbes 86311076	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	5	2	10	Zonas inundables en ambas márgenes del río Tumbes. Con una crecida de las aguas se pueden inundar estas zonas. Cuando se presente el fenómeno El Niño es posible que cambie el curso del río e inunde nuevas zonas.	Cuando se han presentado fenómenos El Niño han afectado varias decenas de hectáreas de terrenos de cultivos, podrían seguir afectando terrenos de cultivo.
Invema Pampas de Hospital Tumbes Tumbes 86311079	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	5	2	10	Zona de inundación. Durante el fenómeno El Niño de 1998, el río creció e inundó toda la zona de cultivos (plátanos), llegando hasta la carretera de acceso a las chacras. En la actualidad el río se retiró hacia la margen izquierda. Cuando se presente el fenómeno El Niño es posible que cambie el curso del río e inunde nuevas zonas.	Cuando se han presentado fenómenos El Niño afectaron varias decenas de hectáreas de terrenos de cultivos (plátanos), podrían seguir afectándolos.
Rica Playa San Jacinto Tumbes Tumbes 86331109	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	5	2	10	Zona inundable en la margen izquierda del río Tumbes. En época de lluvias excepcionales como las del fenómeno El Niño el río crece e inunda afectando terrenos de cultivo. Cuando se presente el fenómeno El Niño es posible que cambie el curso del río e inunde nuevas zonas.	Cuando se han presentado fenómenos El Niño afectaron varias decenas de terrenos de cultivos, podrían seguir afectándolos.
Estero Palo Santo La Cruz Tumbes Tumbes 76321001	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas.	5	2	10	Inundación producida por el fenómeno El Niño de 1983, descargó por los esteros. Destruyó langostinera y carretera. Se observan también zonas de erosión fluvial. Cuando se presente el fenómeno El Niño es posible que cambie el curso del río e inunde nuevas zonas.	Las lluvias del fenómeno El Niño del año 1998 afectó a langostinera y camino rural.
Inundación Marina						
Zona Militar- AAHH Las Malvinas de la Cruz. La Cruz Tumbes Tumbes 76321003	Dinámica marina, precipitaciones pluviales intensas	5	3	15	Inundación Marina por maretazo ocurrida en el año 1983, llegó a inundar hasta 200 m de la línea de costa. Las aguas llegaron cerca de la Carretera Panamericana Norte.	En el año 1983 afectó viviendas del Complejo Militar (actualmente abandonadas). Si ocurriera otro maretazo, podría afectar viviendas del A.H. Las Malvinas de la Cruz, Carretera Panamericana Norte.



Foto N° 7.19 Zonas inundables del río Tumbes. La ciudad protegida con muros de concreto (S. Núñez, abril-2004).



Foto N° 7.20 Zonas inundables en la zona de Pampa Grande, en la margen derecha del río Tumbes, en tiempos de crecida afecta a terrenos de cultivo. (S. Núñez, abril-2004).

Cuadro Nº 7.12
Principales fenómenos de erosión fluvial que afectan a la cuenca

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
28 de Noviembre Salati Portovelo El Oro Ecu-33	Dinámica fluvial, terrazas sin protección; intensa deforestación; pendiente fuerte de 35° - 50°; precipitaciones pluviales intensas.	4	4	16	Erosión fluvial, socava la margen izquierda (terrazas), en una longitud de 500 m; ocurren también inundaciones. Aguas abajo se ubicaban viviendas. Existen botaderos de relaves en ambas márgenes del río Amarillo, fáciles de ser erosionados, no tienen protección ribereña.	Afectó zonas urbanas, agrícolas y pastizales. Hace cuatro años malogró viviendas. Material contaminante alimenta al río.
Km 4 + 129 Carretera Portovelo - Loja Potovelo Portovelo Ecu-34	Dinámica fluvial. Terrazas sin protección ante la erosión del río; presenta depósitos residuales con pendiente fuerte de 35° - 50°; precipitaciones pluviales intensas.	4	4	16	Releño artificial (botadero de desmonte minero), la margen izquierda del río sin protección, este depósito tiene 50 m de longitud.	Puede afectar viviendas de Portovelo.
Portovelo Portovelo Potovelo El Oro Ecu-53	Dinámica fluvial, terrazas sin protección expuestas a la erosión fluvial; pendiente media de 5° - 20°; precipitaciones pluviales intensas; notable deforestación.	4	4	16	Terrazas fácilmente erosionables, desprotegidas de vegetación, susceptibles a inundaciones que pueden dañar áreas urbanas. En las márgenes hay presencia de material de relaves suelto. En la margen izquierda se ubican casas con defensas ribereñas inadecuadas (arimado de material suelto) con peligro potencial de ser destruidas. En la margen derecha existen terrenos sin cultivar que podrían ser afectadas en menor grado. El suelo está compuesto por: arena 40 %, grava 30 %, limo 20 % y arcilla 10 %.	Puede afectar a 30 viviendas ubicadas en ambas márgenes del río Galeras.
Teran (La Florida) Corrales Tumbes Tumbes Tumbes 86311002	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, terrazas sin protección y notable deforestación.	4	3	12	En la margen izquierda del río Tumbes hay terrazas bajas de fácil erosión, susceptibles de inundaciones. El río ha migrado hacia la margen izquierda afectando terrenos de cultivo y carretera al manglar. Con el fenómeno El Niño de 1998 el río se desplazó hacia la margen izquierda aproximadamente 250 m. Se han colocado defensas ribereñas con acumulación de material y espigones. Se activa con el fenómeno El Niño o lluvias excepcionales.	Afecta camino hacia el manglar y 5 ha de terrenos de cultivo.

Paraje/Sector Distrito (Parroquia) Provincia (Cantón) / Dpto. (Provincia) Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	ZR	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Puerto El Cura Tumbes Tumbes Tumbes 86311011	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, morfología.	4	3	12	Erosión fluvial, en una extensión de 1 km en la margen izquierda del río Tumbes, se pueden presentar también inundaciones en terrazas bajas. Este fenómeno se presenta con el fenómeno El Niño o lluvias de tipo excepcional.	Afecta terreno agrícola, y pastos de cultivo en la ribera del río.
Malecón / Puente Viejo Tumbes Tumbes Tumbes 86311024	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, morfología.	4	3	12	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Tumbes, la dinámica fluvial es muy intensa, está afectando ambas márgenes. El fenómeno El Niño de 1983 afectó seriamente el puente viejo, el cual tuvo que ser demolido. Donde fue el Malecón se han colocado defensas ribereñas, como muros de concreto y gaviones.	En el año 1983, el malecón y trazo de la Carretera Panamericana Norte antigua fueron erosionados. También hubo inundación.
Camino a Bellavista, Paraje La Palmerita Marcavelí Marcavelí El Oro. Ecu-97	Terrazas sin protección, dinámica fluvial; la pendiente del terreno es muy baja, menos de 5°, precipitaciones intensas; notable deforestación.	4	3	12	La erosión fluvial se presenta solamente con lluvias excepcionales. La migración del río es con tendencia a la margen izquierda, pudiendo afectar el pie del relleno y a la derecha vegetación natural. Peligro de inundación de la margen derecha (pie del talud).	Puede afectar 300 m de la trocha Marcavelí-Áreas de cultivo.
Corrales Corrales Tumbes Tumbes 86311012	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, morfología.	5	2	10	En la margen derecha del río Tumbes se observa erosión fluvial afectando a la terraza en 1 km, puede provocar inundación. Este fenómeno se presenta con el fenómeno El Niño o lluvias excepcionales.	Afecta 10 ha de terrenos de cultivo.

P: Peligro

V: Vulnerabilidad

ZR: Zona de riesgo



Foto N° 7.21 Viviendas del Ejército abandonadas, en el año 1983, fueron afectadas por un materazo (inundación marina), según versiones de los moradores el agua llegó cerca de la Carretera Panamericana Norte. (S. Núñez, abril-2004).



Foto N° 7.22 Erosión de ribera en ambas márgenes del río Amarillo, el sector de Portovelo, las viviendas se han construidas en pleno cauce del río, en tiempos de crecida, es posible que sean afectadas. (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto N° 7.23 Erosión fluvial en el sector de Puerto el El Cura, en la vista inferior muestra una protección con gaviones. (S. Núñez, abril-2004).

En el cuadro N° 7.11 se muestran las zonas más inundables de la cuenca.

La erosión fluvial es el trabajo continuo que realizan las aguas corrientes sobre la superficie terrestre. La erosión fluvial se produce de varias formas, como: arranque del material, abrasión fluvial, corrosión, corrosión y abrasión fluvial, la erosión fluvial socava un valle en forma de «V», produce profundización del cauce, el ensanchamiento y el alargamiento. Cada uno de esto se produce de acuerdo al estadio de desarrollo del río.

Estos fenómenos se presentan generalmente en la parte baja de la cuenca (cuenca baja), especialmente en las zonas de ensanche del cauce o donde está retomando un cauce antiguo.

En el Cuadro N° 7.12 se presentan los principales fenómenos de erosión fluviales que afectan a la cuenca.

PELIGRO SÍSMICO

El Perú por su ubicación geográfica en la zona central y occidental de Sudamérica, presenta un territorio muy accidentado como resultado del proceso de subducción de la placa de Nasca bajo la Sudamericana. Este proceso da origen a un gran número de sismos de diferentes magnitudes con focos ubicados en diversos niveles de profundidad y que han producido en superficie distintos grados de destrucción. Estos sismos son parte de la principal fuente sísmogénica en razón de que en ella se han producido los sismos de mayor tamaño conocidos en el Perú. Una segunda fuente lo constituye la zona continental cuya deformación produce la formación de fallas de diversas longitudes con la consecuente ocurrencia de sismos de magnitudes menores en tamaño a los que se producen en la primera fuente (CAHILL & ISACKS, 1992; TAVERA y BUFORN, 2001).

En el Perú los sismos se constituyen en el mayor peligro al cual se encuentra sometido nuestro territorio, de ahí que los daños que ellos provocan en las ciudades dependerán de su tamaño y de la capacidad de respuesta de las estructuras a la aceleración a la cual son sometidas. La correcta equivalencia entre estos dos factores permitirá reducir los daños causados por este tipo de peligro. Para el monitoreo de la actividad sísmica que ocurre en territorio peruano, el Instituto Geofísico del Perú opera una red sísmica nacional compuesta por 31 estaciones, de las cuales 20 son de período corto y 11 de banda ancha.

En este capítulo se presentan los resultados de la revisión y análisis de la sismicidad histórica e instrumental presente en la cuenca Puyango-Tumbes. El importante número de sismos en esta cuenca ha permitido realizar estimaciones de las aceleraciones máximas esperadas para un período de 30, 50 y 100 años, así como conocer las posibles intensidades que podrían afectar a las distintas

localidades existentes dentro de esta cuenca. De esta manera se espera contribuir a la zonificación del peligro sísmico.

Sismicidad histórica -Cuenca Puyango-Tumbes

La sismicidad del NO peruano a través de tiempos históricos, ha sido más o menos moderada. A partir de 1912 se ha podido contar con datos instrumentales, cuya calidad aumenta, ya sea por la instalación de nuevos observatorios y por el mejoramiento de los métodos de interpretación

La historia sobre acontecimientos sísmicos ocurridos en el Perú, ha sido descrita con detalle por SILGADO, (1978) y la descripción de los sismos más importantes que han producido daños en distintos puntos de la cuenca Puyango Tumbes se presentan en el Cuadro N° 7.14. Según el cuadro, las máximas intensidades evaluadas en la cuenca oscilaron entre VII y X en la escala de Mercalli Modificada, siendo el sismo, ocurrido el 12 diciembre de 1953, el más catastrófico.

Para la mayoría de los sismos descritos en el Cuadro N° 7.14, SILGADO, (1978) elaboró sus respectivos mapas de intensidades, siendo los correspondientes a los sismos ocurridos el 9 de diciembre de 1970 ($m_b=7,7$) y el 12 de diciembre de 1953 ($m_s=7,8$) los más significativos

Según las fuentes bibliográficas (POLO, 1898-99, 1904), en el borde noroeste ocurrieron los siguientes movimientos sísmicos :

- El 9 de julio de 1587, un fuerte sismo conmovió Tumbes, Piura y destruyó el pueblo de Sechura.
- El terremoto de Loja (Ecuador) en 1653, se sintió en Tumbes y Piura, así como el sismo del 21 de junio de 1698, que asoló los pueblos ecuatorianos de Laracunga, Riobamba y Ambato.
- El 20 de agosto de 1857, hubo un terremoto de intensidad mediana en Piura (SIERBERG, 1930) que produjo la salida de grietas, surgió fango negro.
- El 21 de julio de 1869 a las 21 h, se sintió un fuerte temblor en Piura.
- El 9 de enero de 1906 hubo temblor fuerte en Piura.
- El 24 de julio de 1912 se produjo un terremoto en Huancabamba, fue muy destructor. Desde esta fecha se han sentido movimientos de pequeña a mediana intensidad. A partir de 1945, se dispone de una estadística formal (SILGADO, 1945-51) de temblores sentidos, así en el lapso de tiempo comprendido entre 1945-1953 se han sentido alrededor de 50 temblores en Tumbes y Piura.

Uno de los sismos que afectó el área de estudio es el ocurrido el 12 de diciembre de 1953 ($M_b=7,7$), con epicentro en $03^{\circ} 36'$ latitud sur y $80^{\circ} 30'$ longitud oeste. El sismo fue ubicado dentro del

contorno de la cuenca y ocasionó, según el mapa de isosistas (Figura N° 12) efectos desastrosos en la zona costera. Las intensidades fueron de VI-VII MM las localidades como, Zarumilla, Tumbes, Zorritos, Sauce Grande, San Jacinto, Zapotillo, Ramadita (Perú) y Alamor, Cética, Buenos Aires, Zaruma, Santiago, Malvas (Ecuador). De estas localidades las más afectadas fueron Tumbes y Zarumilla con intensidades de VII en la escala Modificada de Mercalli (MM).

El terremoto del 9 de diciembre de 1970, con epicentro entre las coordenadas geográficas 04° 00' latitud sur y 80° 23' longitud oeste, según el mapa de isosistas (Figura N° 13), los efectos

catastróficos en Tumbes, Zorritos Caleta Cruz, Contralmirante Villar, San Jacinto, Pampas del Hospital, Alamor, se produjeron intensidades de IX MM, intensidades de grado VIII y VII MM afectaron a los poblados de Puyango, Macara, Loja, Saraguro (Ecuador).

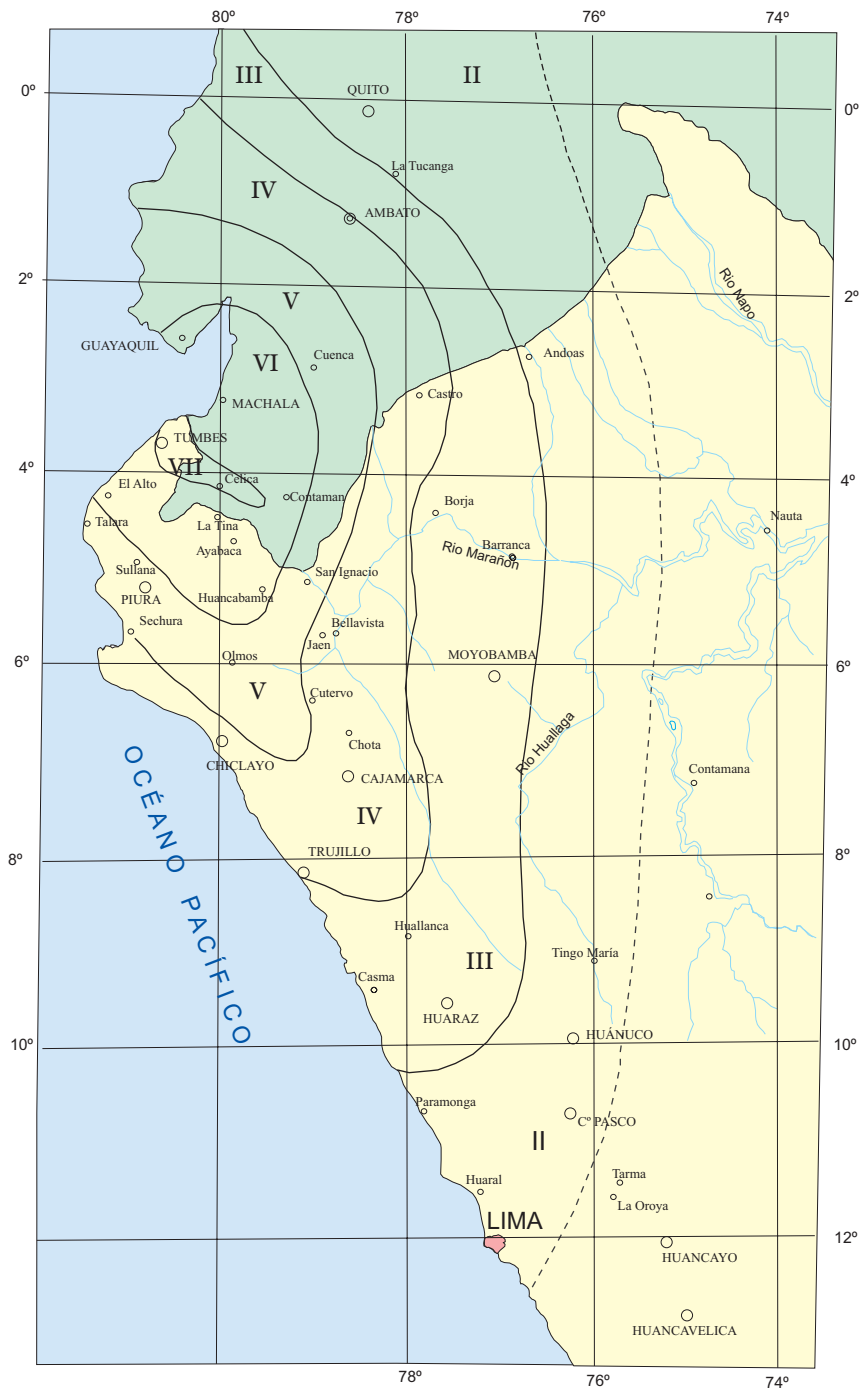
De la información contenida en el Cuadro N° 7.13 se ha determinado que del total de la sismos que han ocurrido en el área de estudio, los más significantes produjeron intensidades de entre V a X (MM), congruente con la que se muestra en la distribución de las intensidades sísmicas máximas y zonificación sísmica de la cuenca.

Cuadro N° 7.13
Descripción de los datos macrosísmicos ocurridos en la Región Norte

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
14/02/1619	11:30	Norte del Perú	IX	Terremoto en el norte del Perú que arruinó los edificios de Trujillo y sus templos extendiéndose la destrucción a las Villa de Saña y Santa. Según la Crónica del Perú del padre Calancha, el movimiento fue sentido en más de 300 leguas de norte a sur (2 000 km ±) y en más de 60 leguas de este a norte (330 km±). El citado sacerdote refiere "en un breve credo que duró el temblor arruinó desde los templos más fortalecidos hasta los edificios más livianos no valiendo la fortaleza para hacerle resistencia, ni el calicanto para oponerse a un soplo del viento" Luego hace saber que el movimiento no sólo demolió edificios con la llana y sierra contigua sino que agrietó la tierra en varias partes de las cuales surgió un lodo negruzco. Murieron aquel día 350 personas de las cuales 130 quedaron sepultadas en las ruinas. Este movimiento de tierras se sintió fuerte en Lima aunque no hizo daños según refirió Fray Antonio Vásquez de Espinoza (1628).
01/02/1814	5:00	Piura	VI	Fortísimo temblor por la mañana en Piura que maltrató edificios y viviendas.
20/08/1857	7:00	Piura	IX	Fuerte sismo en Piura de cuarenta y cinco segundos de duración que destruyó muchos edificios. Se abrió la tierra de la cual emanaron aguas negras. Daños materiales en el Puerto de Paita.
19/01/1906	5:00	NO del Perú	VI	Fuerte temblor en la madrugada al NO de Perú. Fuerte en Piura y Paita, mediano en Trujillo.
28/04/1906	13:00	Talara y Zorritos	VI	Temblor en Talara y Zorritos, grado III en Tumbes, Casitas, Paita y Piura.
28/09/1906	10:25	Norte del Perú	VII	Notable conmoción sísmica, en un área de forma elíptica de 310 000 km ² , que comprendía gran parte de la costa, sierra y hasta las estibaciones de la Cordillera Oriental. El eje mayor de la elipse se extendió entre Guayaquil (Ecuador) y Tarma.

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
				El eje menor entre Trujillo y Moyobamba. En la ciudad de Chachapoyas, alcanzó la intensidad de VI – VII cuarteándose paredes, desquebrándose techos y desplomándose las antiguas murallas. El sismo fue sentido fuertemente en Huancabamba, Ayabaca, Sullana, Piura, Morropón, Tumbes y Santa.
24/07/1912	6:50	Piura	X	Terremoto en el norte arruinó la ciudad de Piura y poblaciones circunvecinas, ocasionando muertos y heridos. SIESBERG, (1930) estimaba una intensidad de X-XI en el área epicentral que nos parece 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 la del Guayas. La ciudad de Piura con más edificaciones fue la más afectada, quedando en condición de habitabilidad sólo el uno por ciento. Las estadísticas de la época evaluaron pérdidas por un millón y medio de soles.
14/05/1928	17:12	Norte del Perú	X	Notable conmoción sísmica, que trajo devastación y muerte en varias poblaciones interandinas en el norte del Perú. Sufrió casi total destrucción la ciudad de Chachapoyas edificada en el valle de Utcubamba. Sus casas de adobe y adobón como las antiguas murallas no pudieron resistir los violentos embates y se desplomaron en gran parte. Graves daños experimentaron las ciudades de Huancabamba en las sierras de Piura, las de Cutervo, Chota y Jaén en Cajamarca. Una atenuación de los efectos destructores se apreció en Cajamarca, Piura, Lambayeque y Trujillo. Se deduce que el movimiento fue destructor en un área cercana a los 100 000 km ² . La zona epicéntrica tuvo una intensidad X y se calcula la profundidad del foco en 30 km.
06/07/1938	23:50	Piura	VI	Movimiento sísmico en el NO del Perú, sentido fuertemente en Piura, Sullana, Chulucanas, lugares en los que causó alarma percibiendo con regular intensidad en Chepén y Lambayeque.
12/12/1953	12:31	NO del Perú	IX	Un fuerte y prolongado movimiento sísmico afectó severamente a la parte NO 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 un área aproximada de 700 000 km ² limitada por los paralelos 0° 30' y 11° del latitud sur y los meridianos 75° y 81° O y el área de mayor destrucción abarcó unos 5 000 km ² . dentro de esa superficie sufrieron daños algunas construcciones de concreto armado, las ruinosas de adobe y otras de ladrillo. La intensidad del movimiento se apreció en el grado VII y VIII de la Escala MM.

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
				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 50 m de longitud y alcanzaba en algunos tramos 30 a 40 cm de ancho. Eyección de lodo en las quebradas de Bocapán, en los esteros del Puerto Pizarro y otros lugares. Deslizamiento de material de adobe en el Alto en los alrededores de Zorritos y partes altas del Cañón del río Tumbes.
19/06/1955	2:45	Norte del Perú		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 entre Piura y Lima.
08/08/1957	8:50	al NO del Perú	VI	En Talara se agrietaron las paredes de varios inmuebles y cayeron objetos situados sobre estantes intensidad V –VI MM, fuerte en Paita, Piura, El Alto y Zorritos.
07/02/1959	4:38	Costa NO del Perú	VI	La región costera del NO entre Tumbes y Chiclayo, fue sacudida por otro fuerte sismo que ocasionó ligeros deterioros en algunas viviendas de cemento de la ciudad de Talara. Intensidad de grado VI MM. El ruido y estremecimiento causaron alarma en las poblaciones de Tumbes, Paita, Piura y Talara, Sullana, Chulucanas y Chiclayo en donde algunas familias abandonaron apresuradamente sus hogares pese a la hora.
09/12/1970	23:55	NO del Perú	VIII	Un sismo de magnitud 7,2 sacudió y averió las poblaciones del NO del Perú (Lámina N° 14). Murieron 48 personas, en la vecina república del Ecuador, hubo otros tantos muertos y daños materiales. La máxima intensidad fue de VIII grados en la escala MM. Cerca del caserío de La Huaca se agrietó el suelo, brotando arena y lodo. En la quebrada Querocotillo en terraza fluvial y aluvial se formó un sistema de grietas con 500 m de longitud, abertura de 0,30 m y salto de 0,25 m, el rumbo general era S 60 O (Taype 1971).
10/07/1971	20:33	NO del Perú	VI	Un sismo fuerte en el NO de país se produjo en Sullana, la caída de dos vivienda antiguas ya dañadas por el terremoto de diciembre de 1970 y ligeros desperfectos en otras viviendas. Hubo alarma en Piura y Tumbes con menor intensidad se sintió en Chiclayo y Trujillo. Se anota que antes del sismo hubieron en Piura y Tumbes uno a las 4:30 y el otro a las 15:10 horas.
09/06/1974	14:16	Sullana	VI	Un sismo fuerte sacudió el sector norte del país afectando Sullana, Piura, Tumbes, se sintió hasta Chiclayo, el sismo tuvo magnitud 5,7 mb
20/03/1980	14:32	Chulucanas	V	Fuerte temblor afectando con mayor intensidad a los poblados de Sullana y Chulucanas.

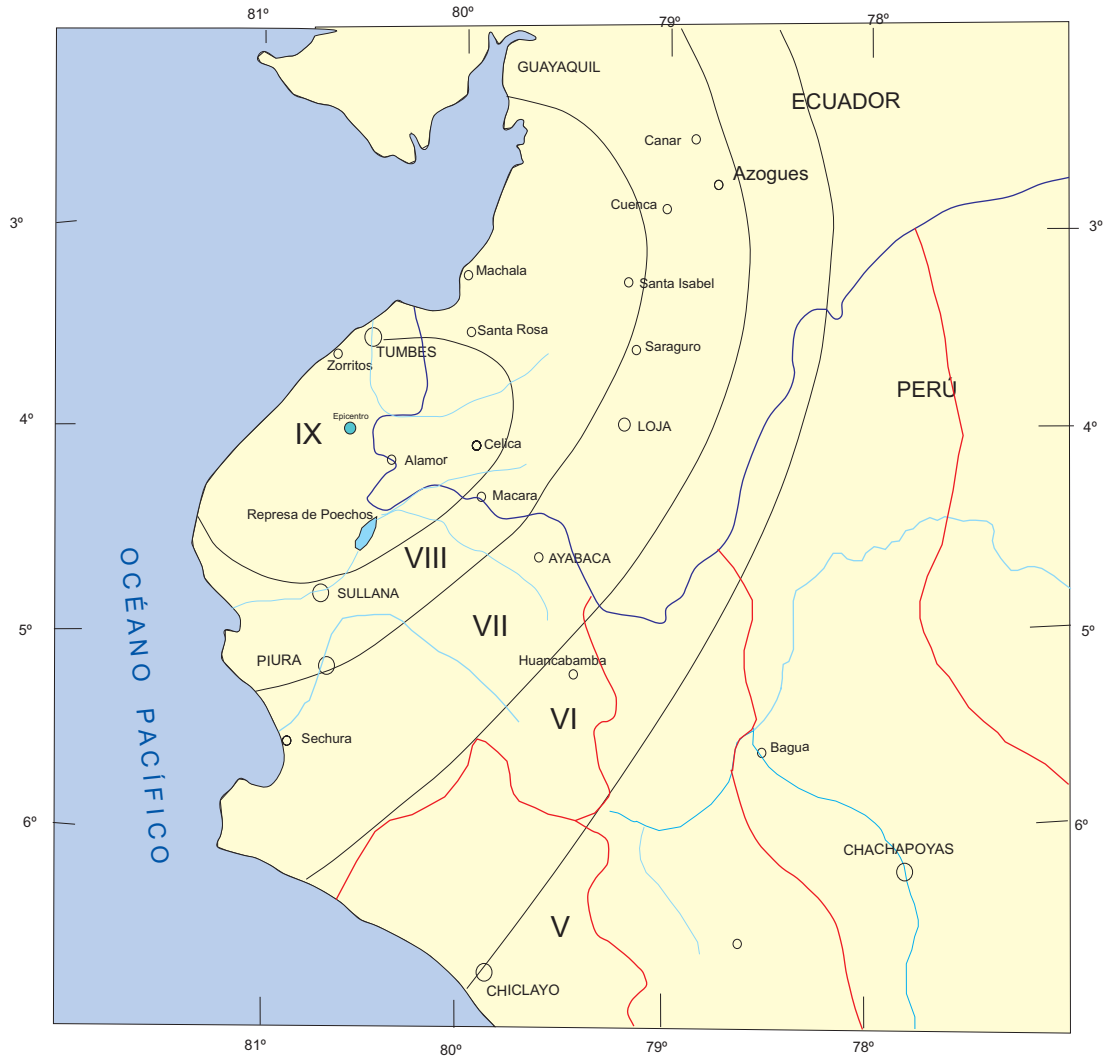


Línea de isosistas del terremoto de Tumbes del 12 de diciembre de 1953

0 100 200 300 km

Fig. N° 5

Referencia: E. Silgado (1978)



Mapa de isosistas del terremoto de Tumbes del 9 de diciembre de 1970

Referencia: E. Silgado (1978)



Fig. N° 6

Distribución de Intensidades Sísmicas Máximas

En el área de estudio, la cuenca Puyango Tumbes, ha sido afectada por un gran número de sismos con intensidades que oscilaron entre V y IX (MM), siendo los más importantes los que ocurrieron cerca de poblados como Tumbes, Piura, Sullana, en 1587, 1857, 1869, 1912, 1953 y 1970.

En la Figura N° 7 se presenta el Mapa de Distribución de Intensidades Sísmicas Máximas elaborado para el Perú por ALVA y MENESES (1984) como parte del proyecto SISRA a cargo del Centro Regional de Sismología para América del Perú y el Caribe (CERESIS). Dentro del área de la cuenca se observa que prevalecen sismos en donde las intensidades máximas son del orden de VIII a IX (MM) que produjeron destrucción y pérdidas de vidas humanas.

Sismotectónica de la Región

El entorno sismotectónico del Perú se caracteriza por la colisión y subducción de la placa de Nazca bajo la sudamericana, proceso conocido como subducción, el mismo que dio origen a la aparición de la fosa peruano-chilena, a la Cordillera de los Andes, a los principales sistemas de fallas y a la ocurrencia de un gran número de sismos de diversas magnitudes. Estas características geomorfológicas, geológicas y geofísicas, permiten considerar al Perú como uno de los países con mayor riesgo sísmico en América Latina. Estudios sobre la Neotectónica del Perú (SEBRIER et al., 1991), así como la elaboración del Mapa Neotectónico (MACHARÉ et al., 1991) y Sismotectónicos del Perú (TAVERA et al., 2001), han permitido identificar la presencia sobre nuestro territorio de un importante número de fallas activas muchas de las cuales producen sismos continuamente. En la cuenca Puyango Tumbes se ha ubicado :

Falla de Amotape

La falla de Amotape tiene el control estructural de la cordillera alongada en el borde de la costa de la región NO del Perú y SO del Ecuador. La falla envuelve basamento metamórfico continental del límite de la cuenca cenozoica de Lancones y tiene una longitud de 105 km con un rumbo N 38° E y buza al NO.

La falla tiene 2 grandes segmentos principales y ambos forman escarpas irregulares y control de drenaje.

Distribución Espacial de los Sismos

Para el análisis de la distribución espacial de los sismos ocurridos en el Perú se ha utilizado la base de datos históricos e instrumental del Instituto Geofísico del Perú que considera los sismos ocurridos entre los años 1500 a 2005. Según el mapa de la Figura N° 8, los sismos han sido clasificados en superficiales ($h < 60$ km), intermedios ($61 < h < 350$ km) y profundos ($h > 351$ km), y su distribución espacial

muestra que los sismos superficiales ocurren frente a la línea de costa sobre una banda de aproximadamente 400 km, desde Tumbes hasta Tacna. Sismos con el mismo rango de magnitud, también están presentes en el interior del continente y en mayor número sobre la región subandina de las regiones norte y centro de Perú. Sismos en menor número se producen en la zona andina propiamente dicha (Tavera y Buforn, 2001; Bernal y Tavera, 2002)

Los sismos con foco intermedio, se producen en gran número en toda la región sur de Perú; mientras que en las zonas centro y norte, los sismos únicamente están presentes en la zona subandina y borde occidental del departamento de Lima. Los sismos con foco profundo se encuentran en el borde limítrofe de Perú con Brasil y Bolivia, todos distribuidos en dirección norte-sur, aproximadamente.

En la cuenca Puyango Tumbes la actividad sísmica presenta focos superficiales e intermedios, y se distribuyen según las características antes descritas. La distribución de los sismos en profundidad, muestra que el mayor número configura la superficie de colisión de placas, desde la fosa peruano-chilena hasta una profundidad de 60 km. Por debajo de esta profundidad y distancias, desde la fosa, de 500 km, los sismos se distribuyen de manera casi horizontal y están asociados a la deformación interna de la placa de Nazca. Los sismos con focos más superficiales y ubicados a distancias de 150 y 550 km desde la fosa, tendrían su origen en la deformación interna de la placa Sudamericana con la presencia de fallas de diversas longitudes, tanto cerca de la línea de costa como en la zona Subandina.

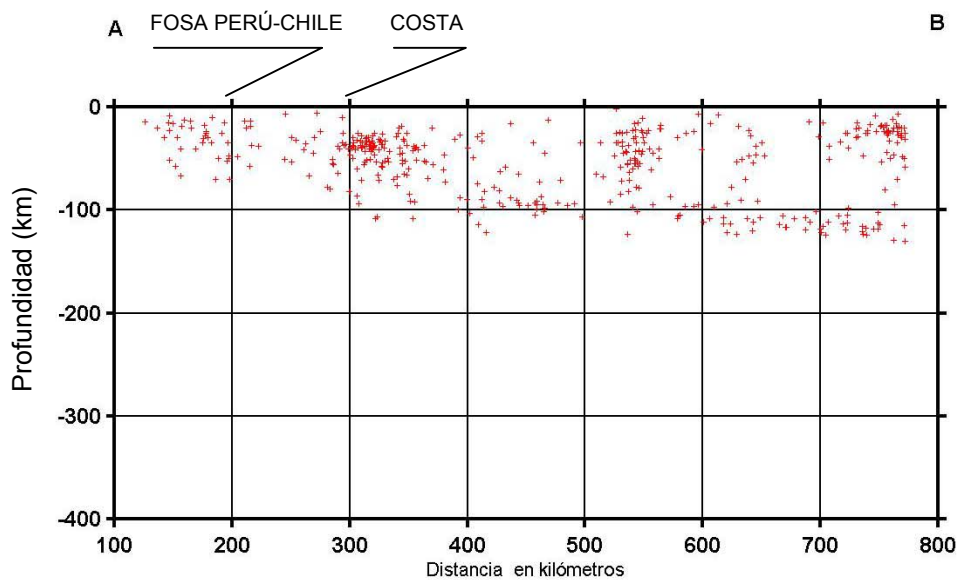
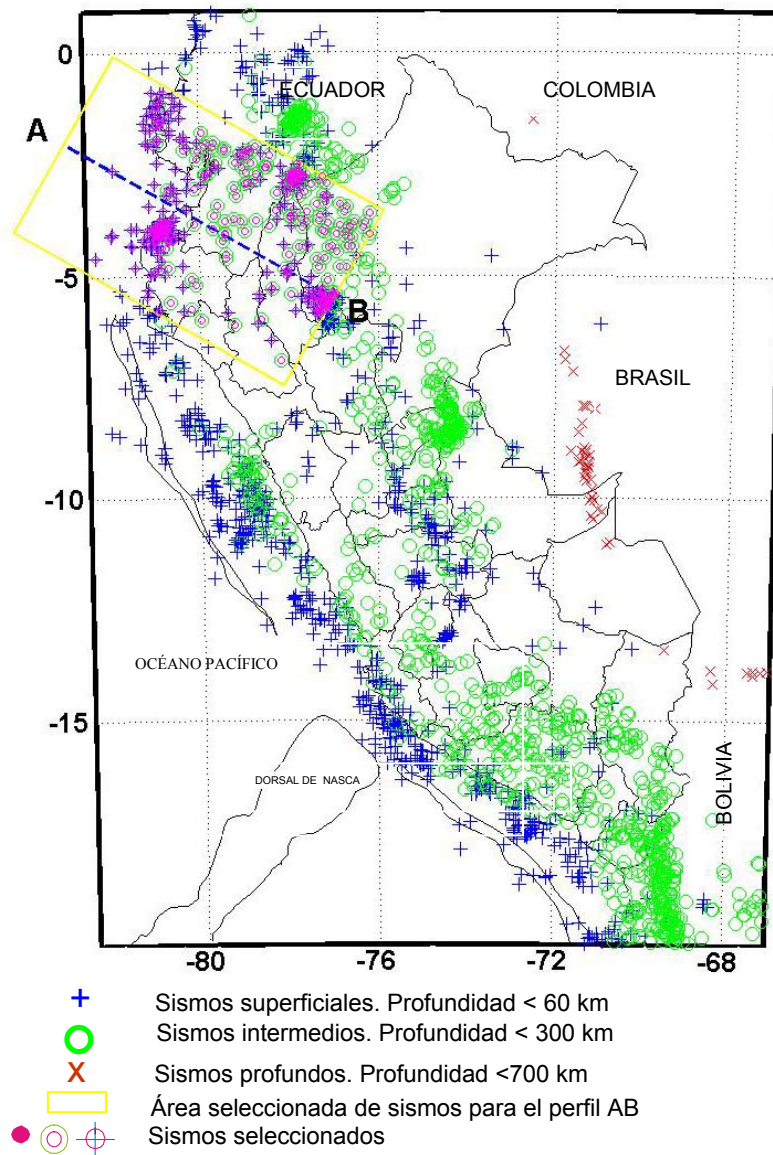
Estudio Sísmico Probabilístico

A fin de conocer las aceleraciones máximas producidas por un sismo que en el futuro pudiera ocurrir en la cuenca Puyango Tumbes, se ha procedido a evaluar el peligro sísmico de dicha cuenca utilizando la base de datos sísmicos del Catálogo Sísmico del IGP, la Ley de Atenuación de CASAVARDE & VARGAS, (1980), y las fuentes sismogénicas definidas por ZAMUDIO y TAVERA, (2004). Para el cálculo de las aceleraciones máximas se ha utilizado el Programa RISK III (Mc GUIRE, 1999).

Se muestran los mapas de aceleraciones máximas para períodos de 30, 50 y 100 años con un 10 % de excedencia y en ella se observa que las aceleraciones mayores se presentan a lo largo del borde occidental del territorio peruano: para 30 años la variación es de 0,29 a 0,31 gals (Lámina N° 12); para 50 años varía de 0,32 a 34 gals (Lámina N° 13); para 100 años varían de 0,36 a 0,39 gals (Lámina N° 14). Dentro de la cuenca estos resultados muestran que las áreas más propensas a soportar aceleraciones importantes se encuentran cerca de la línea de la costa, localidades como Tumbes, Corrales, San Juan, La Capitana, y Cabuyal, siendo coherente con el importante número de sismos que ocurrieron en dicha área. El rápido decaimiento de los valores de aceleración se



Fig. N° 7



Mapa de Distribución de Sismos del Perú y Perfil Sísmico AB

Fuente: Instituto Geofísico del Perú, 2005

debe por una parte, a que el número de sismos que ocurren en el continente disminuyen así cómo la Cordillera Andina participa como un elemento atenuador de la energía liberada por los sismos que ocurren en la zona de subducción.

Zonificación y Aceleraciones Máximas

Los diversos estudios de sismicidad existentes en la bibliografía, han servido como base para que autores como ALVA, (1999) elaborasen el Mapa de Zonificación Sísmica para el Perú, el mismo que es actualmente utilizado en el Reglamento de Construcción Sísmica (Figura N° 9). Según dicho mapa, la cuenca se encuentra incluida dentro de la zona de Sismicidad Alta es decir entre la línea de costa y el margen occidental de la Cordillera de los Andes considerando a ciudades y poblados, como Tumbes, Zarumilla, Cabo Inga, El Salto, La Chorrera, La Muralla, Chosica, Balsas y Buenavista dentro de esta zona.

De acuerdo al Mapa de Zonificación del Perú la cuenca se emplaza en la zona 3 que corresponde a la de máximas intensidades. Las aceleraciones máximas a esperarse en un período de 50 años oscilan entre 0,32 y 0,34 gals. En la zona se ubican las mismas ciudades indicadas anteriormente para la zona de intensidades máximas.

En la Figura N° 10 se presenta un ejemplo de la curva de probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud para la localidad de Caleta Cruz que se encuentra en la Faja Costanera de la cuenca. De acuerdo a esta figura se deduce que en dicha zona se produciría una aceleración máxima de 520 gals con una probabilidad de 0,002 %, para un período medio de retorno de 900 años. Aceleraciones del orden de 270 gals se producirían con un porcentaje de 0,05 % para periodos de 60 años en promedio.

Según la guía metodológica de evaluación de riesgo por fenómenos de remoción en masa, las ventanas de tiempo para 30, 50 y 100 años de vida útil, corresponden a 300, 475 y 1 000 años de período de retorno respectivamente con un nivel de confianza del 90 %, es decir el 10 % de excedencia (Láminas N° 11, 12 y 13).

Cuadro N° 7.14
Clasificación del factor detonante (sismicidad)

Categoría	Descripción	Valor asignado
Baja	Se espera un AMH menor a 0,21 gals.	1
Moderadamente Alta	Se espera un AMH entre 0,21 y 0,25 gals.	2
Alta	Se espera un AMH entre 0,25 y 0,29 gals.	3
Muy Alta	Se espera un AMH mayor a 0,3 gals.	4

Tsunamis

Un tsunami consiste en una serie de olas de gran energía, tamaño y velocidad que se irradian hacia el exterior desde un foco de manera similar a lo que ocurre cuando se deja caer una piedra a un estanque. Generalmente son fenómenos inducidos por otros riesgos de origen geológico tales como terremotos, principalmente superficiales ($h < 60$ km), actividad volcánica, deslizamientos submarinos o por derrumbamiento de acantilados costeros. Por tanto, la presencia de fallas activas bajo la superficie del agua son signos propios del peligro de tsunami generados por terremotos, a lo largo de acantilados costeros y/o en los taludes submarinos de los deltas de los ríos o de edificios volcánicos.

Los tsunamis más destructivos son aquellos que se generan por la actividad sísmica en las llamadas «zonas de subducción». En nuestro planeta existen grandes áreas con estas características que históricamente han producido terremotos y tsunamis devastadores. Cerca del 80 % de los tsunamis tienen lugar en el océano Pacífico, aunque también han ocurrido eventos significativos en el Caribe, en el Mediterráneo, en las costas de Canadá y recientemente en el sudeste asiático (el tsunami del 26 de diciembre de 2004), en el océano Índico, que causó miles de víctimas.

Pueden alcanzar alturas de hasta 30 m en litorales con contornos y batimetría desfavorables. En cambio en alta mar la altura de la ola es apenas unos decímetros y la longitud de onda puede tener desde varias decenas de km hasta unos 200 km y pasa sin ser percibidas por los navegantes.

En general la magnitud de un tsunami se mide por la altura máxima de la ola y destrucción que causa en la costa.

En el Perú, la información histórica e instrumental indica que durante los últimos 500 años, se han producido un número importante de sismos de gran magnitud que fueron acompañados de tsunamis de diversos tamaños que también han producido destrucción y daños importantes en las principales ciudades distribuidas a lo largo de la línea de costa donde se incluye la costanera de la cuenca.

Historia de los tsunamis

Tsunami del 20 de noviembre de 1960, fue generado por un sismo que se produjo el día 20 de noviembre a las 22:02 UTM con una magnitud 6,8 Ms de intensidad máxima de VI (MM). El epicentro del sismo fue ubicado en Piura (-5,6 S 80,9 O). Varias horas después de ocurrido el sismo, silenciosamente arribó al litoral del departamento de Lambayeque un tsunami devastador cuya primera ola alcanzó 9 m de altura llegando a producir daños severos en los puertos de Eten y Pimentel, así como en las caletas de Santa Rosa y San José. Este Tsunami inundó completamente la isla de



Fig. N° 9

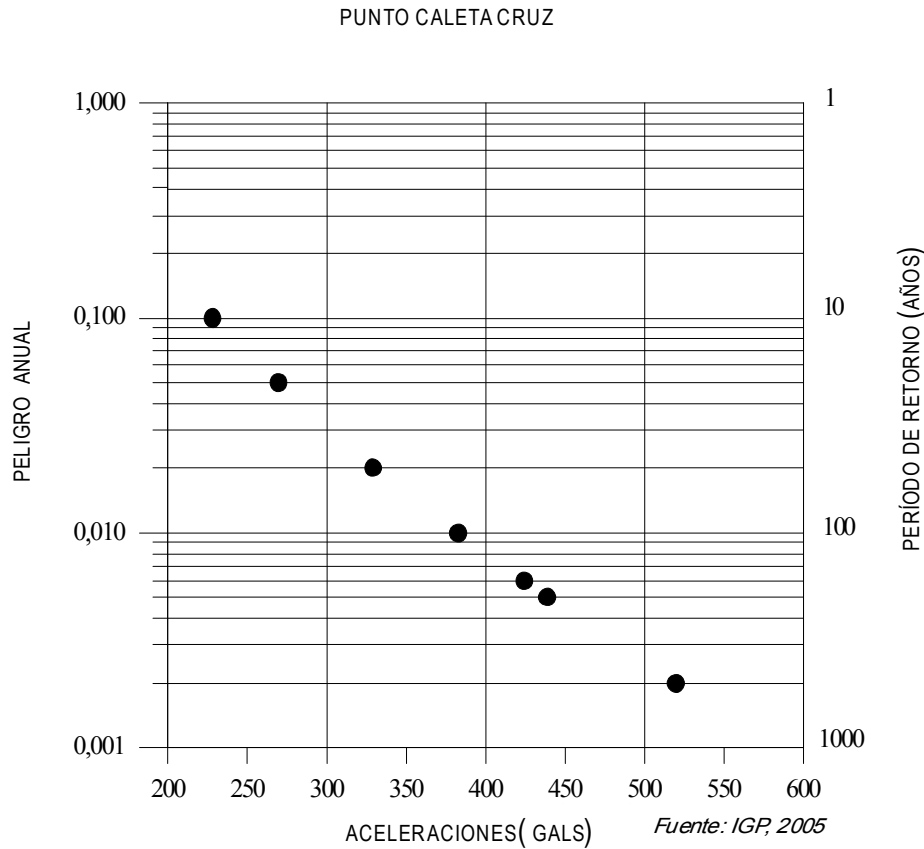


Fig. N° 10 Curva de peligro anual - Caleta Cruz

Lobos ubicada a unos 16 km, frente al puerto Pimentel. Las demás olas fueron de menor tamaño e intensidad.

En la zona costanera de la cuenca ocurrió un maremoto en el año de 1983, que tuvo cierta relación con el fenómeno El Niño y que inundó todas las casas del Ejército en el distrito de Caleta Cruz, el oleaje llegó hasta la Carretera Panamericana Norte.

En el Atlas de Peligros Naturales del Perú se describe el área de posible inundación en caso de tsunami en Puerto Zorritos, provincia de Contralmirante Villar, departamento de Tumbes. La gradiente del fondo submarino es uniforme y tendida, en su mayor porcentaje de arena.

Otro terremoto que produjo tsunami es el ocurrido el 12 de diciembre de 1953 en la zona de la frontera Perú-Ecuador, con serias consecuencias especialmente en la provincia de Loja. El tsunami generado por este terremoto fue de gran magnitud, pues en la costa peruana se reportaron olas de hasta 2 m y en la parte ecuatoriana de menor altura (Cuadro N° 7.15).

El terremoto tsunamigénico de 1970 afectó a las poblaciones costaneras de la provincia de El Oro y el Golfo de Guayaquil. Se reportaron anomalías en el mar, interpretadas como la generación de un tsunami de poca magnitud.

En el Cuadro N° 7.16 se muestran las ciudades costeras de la cuenca Puyango Tumbes y áreas costeras adyacentes que reportaron tsunamis originados por sismos en otras regiones, desde el año de 1877.

Como se puede ver en el Cuadro N° 7.16, el área de la costa norte peruana, ha sido afectada con mayor severidad por el sismo tsunamigénico del 20 de noviembre de 1960.

De acuerdo al análisis realizado, el Perú es potencialmente sísmico y por lo tanto, es susceptible a la ocurrencia de sismos de gran magnitud. En estas condiciones es de aceptar que cualquiera de estos sismos pueden ser acompañados de tsunamis importantes que causarían serias inundaciones en las ciudades y localidades distribuidas a lo largo del litoral costero.

Cuadro N° 7.15
Sismos causantes de tsunamis ocurridos en el norte del Perú (cuenca Puyango-Tumbes)

Evento	Origen tiempo H:M	Sismo				Tsunami	
		Coordenadas		Magnitud (Ms)	Profundidad (km)	Run Up (m)	Magnitud
		Latitud (S)	Longitud (O)				
18/07/1928	19:05	5°30'	79°00'	7,0	33		
12/12/1953	16:35	3°30'	81°00'	7,3	33	0,5	-1
20/11/1960	22:02	5°39'	81°54'	6,8	55		
10/12/1970	4:34	3°47'	80°39'	6,3	15		

Cuadro N° 7.16
Ciudades de la costa norte del Perú que reportaron tsunamis originados en otras regiones

Año	Mes	Día	Origen (Pais)	Ciudad Reportada en Perú	Lat.	Long.	RunUp	Daño
1877	05	10	Norte de Chile	Tumbes	3°37'	80°27'	-	-
1953	12	12	Perú	Talara	4°35'	81°25'	0,5	-
1959	2	07	Perú	Talara	4°35'	81°25'	-	-
1960	11	20	Perú	Talara	4°35'	81°25'	1,2	-
1946	04	01	Aleutianas	Talara	4°35'	81°25'	0,5	-
1957	03	09	Aleutianas	Talara	4°35'	81°25'	0,8	-
1964	03	27	Alaska	Talara	4°35'	81°25'	1,0	-
1966	10	17	Perú	Talara	4°35'	81°25'	0,1	-

En Caleta Cruz existe actualmente una estación mareográfica y océano meteorológica desde el 2001, ubicado en el muelle de la estación naval La Cruz, perteneciente a la red de estaciones que controla la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina del Perú, como ente integrante del Sistema Nacional de Alerta de Tsunamis.

Conclusiones sobre la Sismicidad de la Cuenca

1. El estudio de la sismicidad histórica de la cuenca Puyango Tumbes indica que se han producido sismos con intensidades de hasta IX en la escala modificada de Mercalli y con magnitudes de hasta 7,3 Ms en la escala de Richter.
2. Del análisis de la curva de Peligro Anual (curva de probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud), para Caleta Cruz se deduce una aceleración de 520 gal con una probabilidad de 0,002 %, siendo el periodo medio de retorno del sismo que produce dicha aceleración, de

900 años; aceleraciones del orden de 270 gal se producirían con un porcentaje de 0,05 % con periodos de retorno de 60 años.

3. El litoral costero de la cuenca, se caracteriza por la ocurrencia de sismos de gran magnitud en la zona de convergencia (subducción). Estos eventos han causado severos daños por vibraciones sísmicas, como el causado el 12 de diciembre de 1953, razón por la cual se debe de estar alertos en el presente, ante cualquier evento similar recurrente.
4. Según el factor detonante de sismicidad, le correspondería la categoría de Alta (A) a Muy Alta (AA); para 30 años en la cuenca se espera aceleraciones que oscilan entre 0,29 > y >0,31 gals (Figura N° 9); para 50 años le corresponden la categoría de Muy Alta (AA) y se esperan aceleraciones que varían de 0,32 a 0,34 gals (Figura N° 10) y para 100 años correspondería Muy Alta (AA), con aceleraciones que varían de 0,36 a 0,39 gals.

CAPÍTULO VIII

SUSCEPTIBILIDAD A LOS PELIGROS

GENERALIDADES

A pesar del gran número de mapas producidos en los últimos 30 años, no existía una definición aceptada del concepto de *susceptibilidad*.

Susceptibilidad. Es la propensión de determinadas áreas a ser afectadas por la ocurrencia en mayor o menor número de eventos (fenómenos), teniendo como factores condicionantes que pueden influir en la generación de estos fenómenos, a la litología, pendiente y estabilidad del terreno, la geomorfología, etc.

Los mapas de susceptibilidad responden a la necesidad, de evaluar la propensión de las zonas no movidas o afectadas, a presentar problemas. Esto es justamente lo que les diferencia de los mapas geomorfológicos, que representan básicamente las zonas movidas con todos sus atributos (AYALA-CARCEDO et al., 2003)

A partir de los años 90 se empieza utilizar los Sistemas de Información Geográfica (SIG), una herramienta que permitió el proceso integrado de información, ha posibilitado la incorporación de tratamientos más avanzados de los datos y una confección cartográfica más rápida y barata de ellos (AYALA-CARCEDO et al., 2003).

La susceptibilidad generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales (intrínsecas) del terreno (SUÁREZ, 1998).

La estabilidad del terreno es una cualidad que expresa su mayor o menor tendencia a permanecer in situ. La cualidad opuesta es la inestabilidad y se define como la tendencia al desplazamiento pendiente abajo, o como grado de susceptibilidad a los procesos morfodinámicos como los movimientos en masa y/o remoción en masa y la erosión (WAY, 1973).

El análisis de la susceptibilidad de una zona representa el establecimiento de una relación entre los movimientos observables, fruto de la acción de factores condicionantes, de lenta variabilidad y factores desencadenantes (AYALA-CARCEDO et al., 2003).

Con la susceptibilidad de los terrenos a remociones en masa se trata de ver qué parámetros involucra, y su combinación nos dará las áreas de mayor interés o mayor estudio, según sea el caso.

Para el trabajo de las amenazas, las escalas empleadas para este tipo de estudio, según la OEA, USAID, DIRDN (1993), Cuadro N° 8.1, pueden ser las siguientes:

Para la cuenca Puyango-Tumbes, el mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa a escala 1:250 000, es muy útil para la planificación regional e incluso para los planes de desarrollo regional o comunal. Muchos de los mapas usados para calcular la susceptibilidad han sido preparados a escalas 1: 100 000 y 1:500 000.

Estos mapas serán de gran utilidad a los planificadores urbanísticos, cuando van a emprender programas de desarrollo, conociendo las zonas de influencia de los fenómenos naturales.

El objetivo principal de una zonificación de peligros geológicos es mostrar las zonas donde ocurren o pueden ocurrir fenómenos con efectos desastrosos.

ANÁLISIS DE FACTORES CONDICIONANTES

Las variables de las condiciones intrínsecas del terreno que van a ser representados en el mapa de zonificación de la susceptibilidad a los peligros geológicos por movimientos en masa (deslizamientos,

Cuadro N° 8.1
Escalas útiles para mapas

Área cubierta	Escala de Mapas	Utilidad
País	1:1 000 000 – 1: 250 000	Planificación regional del desarrollo
Región	1:500 000 – 1:50 000	Planes de desarrollo regional y/o comunal.
Áreas urbanas	1:50 000 – 1:2 500	Planes de desarrollo comunal

caídas, movimientos complejos y flujos) se mencionan a continuación:

A) Litología (L)

Este parámetro es uno de los principales factores que intervienen en los procesos de los fenómenos de remoción en masa, teniendo en cuenta las propiedades de la roca como: grado de alteración, consolidación y fracturamiento; donde se efectúa una valuación de acuerdo a lo observado en campo.

La litología se ha preparado teniendo en cuenta el Mapa Geológico Binacional Perú-Ecuador (elaborado por el INGEMMET-DINAGE en 2004), donde se ha hecho una agrupación en unidades, de acuerdo al comportamiento litológico (Lámina N° 7).

B) Pendientes (P)

Es otro parámetro importante que interviene en los movimientos de remoción en masa, porque determina la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (SÁNCHEZ et al., 2002). La susceptibilidad se calificó de acuerdo a los intervalos de pendiente (PRIETO, 1985); aumenta a mayor grado la inclinación de la pendiente (Lámina N° 6).

C) Hidrogeología (H)

El parámetro hidrogeológico, está relacionado netamente a la permeabilidad de la roca, se evalúa si la roca es buena, regular o mala receptora de agua.

Con este parámetro, se analiza la capacidad de almacenamiento y retención de agua por la roca y su influencia en los movimientos en masa.

Este parámetro se ha elaborado de acuerdo al Mapa Hidrogeológico a escala 1:1 000 000 (INGEMMET-2003) y se ha modificado de acuerdo a información geológica obtenida del Mapa Geológico Binacional Perú-Ecuador (INGEMMET-DINAGE-2004).

Para la parte ecuatoriana se ha efectuado una prolongación de las unidades peruanas hacia este terreno. (Lámina N° 4).

D) Geomorfología (G)

La forma del relieve constituye en algunos casos, un factor de estabilidad de las laderas o taludes. Para la valorización de este parámetro se utilizó el Mapa Geomorfológico elaborado por INGEMMET, 2004. (Lámina N° 5).

E) Cobertura vegetal y uso de suelo (CV)

Este parámetro está relacionado al uso que se está dando al suelo, es decir se representan zonas urbanas, pastizales, bosques, etc.

Para la obtención de este parámetro se ha hecho una asociación de unidades sobre la base del Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de suelos (Proyecto Especial Binacional Puyango-Tumbes-2002).

Los movimientos en masa estarán de acuerdo a como se presenta el suelo, por ejemplo si está protegido o desprotegido ante una fuerte precipitación pluvial. Se puede apreciar las zonas deforestadas que en la actualidad están convertidas en pastizales (Lámina N° 9).

Determinación del Peso de los Factores

Los factores como la litología, pendiente, hidrogeológico, geomorfológico, y de cobertura vegetal y uso de suelos, influyen en la susceptibilidad de los terrenos en lo referente a movimientos en masa.

Los fenómenos analizados en este punto son: caídas, deslizamientos, movimientos complejos y flujos.

En el Cuadro N° 8.2 se presentan los porcentajes asignados a cada uno de los parámetros tratados anteriormente:

Cuadro N° 8.2
Parámetros y sus porcentajes

Parámetro o Factor		Porcentaje %
L	Litología	25
P	Pendiente	25
G	Geomorfología	20
CV	Cobertura vegetal y uso de suelo	15
H	Hidrogeología	15
TOTAL		100

Calificación o Valoración de los Factores

Establecidos los porcentajes de los parámetros, el siguiente paso es dar un valor a la susceptibilidad de cada uno de ellos de acuerdo a lo observado en campo.

Para validar el resultado de cada uno de estos parámetros, se usó el Mapa de Inventario de Peligros Geológicos para plotear los puntos de remoción en masa.

ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LOS PELIGROS GEOLÓGICOS: MOVIMIENTOS EN MASA

El mapa de susceptibilidad de los terrenos a los movimientos en masa de la cuenca (SMM), se elaboró mediante un análisis

estadístico multivariado, en el cual se han sumado digitalmente los pesos de los cinco mapas de susceptibilidad temática de los factores considerados (item 8.1). Este procedimiento se realizó mediante la utilización del SIG de la Dirección de Sistemas de Información (DSI) del INGEMMET, utilizando el algoritmo propuesto por SANCHEZ et al. (2002).

La siguiente fórmula es usada para hallar la susceptibilidad total de la cuenca a los procesos de remoción en masa:

$$SMM = \frac{S_L(0,25) + S_P(0,25) + S_G(0,20) + S_{CV}(0,15) + S_H(0,15)}{N_p}$$

Donde:

SMM= Susceptibilidad de los terrenos a los movimientos en masa

S_L = Susceptibilidad del parámetro litológico.

S_P = Susceptibilidad del parámetro pendiente.

S_{CV} = Susceptibilidad del parámetro cobertura vegetal y uso de suelos.

S_G = Susceptibilidad del parámetro geomorfología.

S_H = Susceptibilidad del parámetro hidrogeología.

N_p = Número de parámetros.

Susceptibilidad de los Terrenos a los Movimientos en Masa (SMM)

El mapa final de susceptibilidad de los terrenos a los movimientos en masa (SMM) se obtiene del proceso anterior de adición, se obtendrá valores para cada combinación de factores. Estos valores son tratados mediante el análisis de grupo no-jerárquico basado en la función W (ANDERBERG, 1973) para obtener los límites superior e inferior de los intervalos para cada categoría de susceptibilidad (Lámina N° 10).

Este mapa indica el grado de susceptibilidad a la ocurrencia de caídas, vuelcos, deslizamientos, movimientos complejos y flujos, teniendo en cuenta los cinco factores intrínsecos de los terrenos evaluados en la Cuenca. Las zonas homogéneas de susceptibilidad están representadas en cinco grados o categorías que van desde Muy Baja a Muy Alta (INGEOMINAS, 2001).

En el Cuadro N° 8.3 se muestran las categorías de susceptibilidad de la cuenca.

A) Muy Baja Susceptibilidad

Las zonas comprendidas en este rango de susceptibilidad, son las áreas que presentan pendiente muy baja, no presentan indicios que permitan predecir movimientos en masa, considerando que son muy escasas las posibilidades de que se presenten.

Estas zonas se hallan en el valle del río Tumbes, y sectores de pampas bajas.

Cuadro N° 8.3
Categorías de susceptibilidad de la cuenca Puyango-Tumbes

Valor	Intervalo	Categoría de Susceptibilidad
1	0,03 – 0,24	Muy Baja
2	0,29 – 0,35	Baja
3	0,36 – 0,51	Moderada
4	0,52 – 0,65	Alta
5	0,69 – 0,89	Muy Alta

B) Baja Susceptibilidad

En estas áreas se encuentran terrenos relativamente estables, las pendientes son muy bajas a bajas, como en las pampas costeras y la zona de lomadas de baja pendiente.

Las rocas se encuentran alteradas, medianamente consolidadas y alteradas, parcialmente saturadas de aguas, existen indicios que puedan presentar fenómenos de remoción en masa.

Las lluvias excepcionales tipo fenómeno El Niño pueden ocasionar flujos de lodo, al igual deslizamientos y derrumbes, en la zona de lomadas.

Cuando se modifique el terreno natural es muy probable que se generen fenómenos de remoción en masa, por cortes de talud que afectarían el relieve natural. Cuando la deforestación es intensa, hay un cambio brusco en el uso del suelo, convirtiéndose en factores desencadenantes para la generación de fenómenos de remoción en masa.

C) Moderada Susceptibilidad

Se presentan en zonas inestables, con pendientes medias, las rocas se encuentran fracturadas a muy fracturadas, alteradas, y parcialmente saturadas, donde existe la posibilidad de ocurrencia de estos fenómenos de remoción en masa.

En tiempos de lluvias excepcionales como las del fenómeno El Niño, se presentan generalmente huaycos, igualmente contribuye en la formación de deslizamientos y derrumbes, especialmente en las zonas deforestadas o donde se ha modificado la ladera original de los cerros.

En estas áreas es muy probable que se generen desprendimientos de rocas, derrumbes y algunos flujos.

Las laderas de estos terrenos en la actualidad no presentan mucho material que evidencie antiguos fenómenos de remoción en masa.

Estas laderas cuando son modificadas, por alguna obra civil, es probable que fallen, es decir que generen fenómenos de remoción en masa.

En la zona de quebradas, generalmente en tiempo de lluvias excepcionales se generan flujos de lodo o huaycos.

D) Alta Susceptibilidad

Son áreas que se caracterizan por tener pendientes moderadas a fuertes, poco estables, donde la roca está alterada y fracturada, se generan deslizamientos, movimientos complejos y caídas de rocas.

Generalmente se presentan ocupando laderas altas y escarpadas, poco estables y susceptibles a los movimientos en masa como deslizamientos derrumbes y esporádicamente flujos.

Estos fenómenos se desencadenan aún más en zonas deforestadas.

E) Muy Alta Susceptibilidad

Corresponde a zonas de montañas, donde las laderas presentan pendientes fuertes, especialmente donde las rocas están fracturadas a muy fracturadas, alteradas a muy alteradas.

Existe alta posibilidad de que ocurran fenómenos de remoción en masa.

Se encuentran evidencias de antiguos deslizamientos de mayor magnitud que los actuales.

Los fenómenos de remoción en masa, en esta zona se han acelerado más por la intensa deforestación.

Una causa de la reactivación de deslizamientos antiguos es la construcción de obras civiles, especialmente vías de acceso.

El resultado, Mapa de Susceptibilidad (Lámina N° 10), se valida con el inventario de los peligros geológicos, tomando los de remoción en masa. Donde la mayoría van a quedar englobados en las áreas de muy alta a alta susceptibilidad, mientras que las de baja a muy baja susceptibilidad presentan pocos fenómenos de remoción en masa.

Los factores detonantes como son las precipitaciones que se presentan con el fenómeno El Niño son muy relativos en la cuenca alta. En cambio en la cuenca media y baja el incremento de lluvia es muy significativo y llega a incrementarse hasta en un 850 %.

Los fenómenos de *caídas* de rocas y los derrumbes se presentan en las laderas de los cerros de los valles. Para la generación de

estos fenómenos influye la pendiente fuerte del terreno, las condiciones litológicas como el fracturamiento y/o diaclasamiento muchas veces a favor de la pendiente. Estos fenómenos se desencadenan por los cortes del talud de carretera, la deforestación, las precipitaciones pluviales y en menor escala la actividad sísmica..

En menor cantidad se presentan en zonas de pendiente baja a moderada, y nula en zonas de muy baja pendiente.

Los *deslizamientos y movimientos complejos*, se presentan constantemente en la zona alta de la cuenca, generalmente en zonas de fuerte a moderada pendiente. Los factores influyentes en la generación de estos fenómenos son, la litología (rocas de mala calidad), el fracturamiento que presentan, y su grado de alteración.

Los factores desencadenantes en orden de importancia son, las precipitaciones pluviales y las actividades antrópicas (construcción de carreteras).

Han ocurrido deslizamientos y movimientos complejos en la zona de baja pendiente, donde el factor desencadenante han sido las intensas lluvias que se presentaron en los fenómenos El Niño de los años 1982/1983 y 1997/1998, habiendo contribuido la deforestación que aún se está produciendo en la zona.

Los *flujos hídricos (huaycos y flujos)*, por lo general se presentan con lluvias periódicas, ocasionales o excepcionales, en forma especial y en mayor proporción en las quebradas de la cuenca media y baja, donde el aporte de material suelto a las quebradas es mucho mayor. Uno de los factores influyentes es la litología, la cual es presa fácil de las precipitaciones pluviales, especialmente cuando se presenta el fenómeno El Niño que activa a todas las quebradas de la cuenca media y baja.

En el Cuadro N° 8.4 se expresa la susceptibilidad a los flujos hídricos.

La presencia de los fenómenos de **reptación de suelos**, se localizó solamente en la parte alta de la montaña, sobre suelos residuales o deluviales, donde la roca está muy meteorizada, la pendiente en estos sectores es baja, y los suelos están medianamente o bien saturados.

Cuando se unen varias reptaciones se forman deslizamientos, o pequeños movimientos complejos considerados como fenómenos de baja susceptibilidad.

Cuadro N° 8.4
Categorías de susceptibilidad para huaycos y flujos de lodo

Categoría de Susceptibilidad	Huaycos y Flujos Hídricos
Alto	<p>Quebradas tributarias de corto recorrido en la cuenca baja y media de la cuenca .</p> <p>En las quebradas que se encuentran en la cuenca baja, generalmente se producen flujos de lodo, las causas son la litología, intensa deforestación en los alrededores de la quebrada, se presentan pequeños deslizamientos y derrumbes en su cuenca de recepción, que alimentan a la quebrada.</p> <p>El factor desencadenante son las lluvias de tipo ocasional, y cuando se presentan en forma excepcional (tipo fenómeno El Niño), afectan en mayor grado.</p> <p>Siempre van a afectar a zonas urbanas ubicadas cerca de ellas.</p>
Moderado	<p>Quebradas tributarias de la cuenca baja y media de mayor extensión, donde se presentan estos fenómenos solamente con lluvias de tipo excepcional.</p> <p>Los factores desencadenantes, además de la lluvias son la litología (rocas inconsolidadas), pendiente baja, y otros fenómenos de remoción en masa que contribuyen a alimentar a la quebrada, como los deslizamientos, derrumbes, y erosión de laderas (surcos y cárcavas)</p>

SUSCEPTIBILIDAD A OTROS PELIGROS GEOLÓGICOS

Áreas Sujetas a Inundaciones y Erosión Fluvial

Las inundaciones y erosiones fluviales se presentan principalmente en la cuenca baja del río Tumbes, en menor escala en los valles interandinos (en el sector de Portovelo y Galeras).

El río Tumbes es muy divagante desde la zona de Higerón hasta su desembocadura, conforme discurre aguas abajo se incrementa esta divagación.

En la Figura N° 3 se muestra hasta cuatro divagaciones, desde el año 1961 hasta la actualidad, la última está desembocando por Boca de Estero Hondo. Estos datos se han obtenido de fotografías de los años 1961 y 1979, y las imágenes satelitales de los años 1986 y 2000.

Se observa que las variaciones del cauce del río se incrementa generalmente, cuando se presenta el fenómeno El Niño.

El río Tumbes ha cambiado de curso en varias épocas desde el sector de Higerón hasta la ciudad de Tumbes, produciendo

erosiones fluviales en ambas márgenes, y grandes inundaciones. A partir de la ciudad de Tumbes, el río tiene una amplia pampa, donde cambia de curso en forma brusca, como ha sucedido en el último fenómeno El Niño. Estos cambios de curso del río dejan nuevos terrenos y erosiona otros, hay que evitar desarrollar actividades dentro de su zona de influencia, para posteriormente no tener problemas de erosión fluvial. Las grandes inundaciones y erosiones fluviales en la cuenca baja están relacionadas a la presencia del fenómeno El Niño.

En caso de lluvias periódicas u ocasionales es probable que se presenten inundaciones de tipo fluvial, como también de tipo pluvial, esta última porque toda la parte baja está en una pampa, con drenaje inadecuado.

Los valles interandinos son susceptibles a erosión e inundación fluvial en sectores restringidos. Están generalmente relacionados con lluvias estacionales.

En el Cuadro N° 8.5 se presentan algunos criterios empleados para la designación del grado de susceptibilidad a inundaciones y erosión de riberas:

Cuadro N° 8.5
Criterios empleados para designar el grado de susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial

Categoría de susceptibilidad	Criterio: Inundaciones y erosión fluvial
Muy Alto	Inundaciones por precipitaciones de tipo excepcional u ocasional en la cuenca baja del río Tumbes. Terrenos de cultivo que se ubican al borde del cauce del río. Son terrenos de pendientes muy bajas
Alto	Inundaciones y erosiones fluviales con lluvias excepcionales, o cuando hay presencia del fenómeno El Niño, afectando a las terrazas bajas y altas, produciendo inundaciones y muchos daños a la agricultura, infraestructura urbana, etc.
Moderado	Inundaciones y erosiones fluviales, se presentan en las zonas interandinas, con presencia de lluvias ocasionales.
Bajo	Se presentan solamente en la parte baja de la cuenca, en zonas donde el río puede retomar un antiguo cauce, y erosionar terrazas, Si se presenta generará muchos problemas a las zonas agrícolas y langostineras que se encuentran ubicadas en esta zona.

CAPÍTULO IX

RECURSOS Y POTENCIALIDADES DEL TERRITORIO DE LA CUENCA

POBLACIÓN

La población de la parte peruana de la cuenca la constituye un total de 147 330 h (proyección al 2002 – INEI) y la parte ecuatoriana de 116 221 h (Censo del 2001-INEC).

En la parte peruana, la mayor población se concentra en el distrito de Tumbes, con 120 250 h, siguiéndole el distrito de Corrales con 20 250 h y el de menor población es San Juan de La Virgen con 4 094 h (Gráfico N° 9.1, Cuadro N° 9.1 y Figura N° 11).

El 0,55 % de la población peruana participa con el 0,51 % del PBI nacional.

En 1998, la tasa de crecimiento del PBI en el departamento de Tumbes fue de -5,0 %, como resultado de los efectos del fenómeno El Niño y la recesión de la actividad económica.

Durante el período 1992–1998, la mayor tasa de crecimiento se registró en el año 1993 con 15 % mientras que en el año 1992 se tuvo la mayor recesión, con una tasa de crecimiento negativo de -12 %.

La población está creciendo en forma desordenada, siendo el distrito de Tumbes el que tiene un mayor crecimiento. En el siguiente cuadro se muestra las proyecciones de los años 1999, 2001, 2005 y 2010, teniendo en cuenta que el último censo se realizó en el año 1993.

El distrito de Tumbes siempre tendrá la mayor población, entre el año 1999 al 2010 se incrementará de 91 370 a 128 100 h.

El distrito que le sigue en orden de incremento poblacional es Corrales, donde el incremento del año 1999 al 2010 será de 19 280 a 20 570 h.

Los centros con mayor ritmo de crecimiento poblacional serán Puerto Pizarro (4,9 %) y Caleta La Cruz (4,0 %).

ACTIVIDADES ECONÓMICAS

La población económicamente activa de la provincia de Tumbes se ha incrementado considerablemente entre 1972 y 1993. Es así que, en 1972 fue de 15 107 h, representando el 72,7 % de la PEA departamental. En el lapso de 21 años se incrementó a 36 521 h, que equivale al 74,2 % de la PEA total del departamento.

De las actividades económicas primarias (Cuadro N° 9.1 y Gráfico N° 9.3), la agrícola es la más desarrollada y está orientada a cultivos de plátano y arroz. En segundo lugar está la pesca artesanal y crianza de langostinos. La actividad minera está orientada a la explotación de canteras de materiales de construcción.

Otra de las actividades secundarias se refiere al sector industria, donde la población se dedica a actividades de tipo artesanal (Ej. fabricación de ladrillos).

Cuadro N° 9.1
Proyección de la población de 1999 al 2010

Distritos	Población Proyectada								Índice de pobreza		
	1999		2001		2005		2010		Ind. Absoluto	Ind. Relativo	Clasif.
	h	%	h	%	h	%	h	%			
Tumbes	91 370	66,7	97 100	67,0	120 250	68,70	128 100	70,7	23,9	15,07	Regular
Corrales	19 280	14,0	19 930	13,8	20 250	12,80	20 570	11,3	28,9	18,23	Regular
La Cruz	8 808	6,4	9 620	6,6	11 500	7,10	13 780	7,6	25,2	15,95	Regular
Pampas de Hospital	5 840	4,3	6 260	4,3	6 480	4,00	6 890	3,8	32,5	20,55	Pobre
San Jacinto	7 980	5,8	8 160	5,6	8 100	5,00	8 160	4,5	27,9	17,62	Pobre
San Juan de La Virgen	3 850	2,8	3 930	2,7	3 890	2,40	3 800	2,1			Regular
Total	136 920	100,0	145 000	100,0	162 000	100,00	181 300	100,0			

Fuente: INEI

Elaboración: Equipo Técnico INADUR 1999.

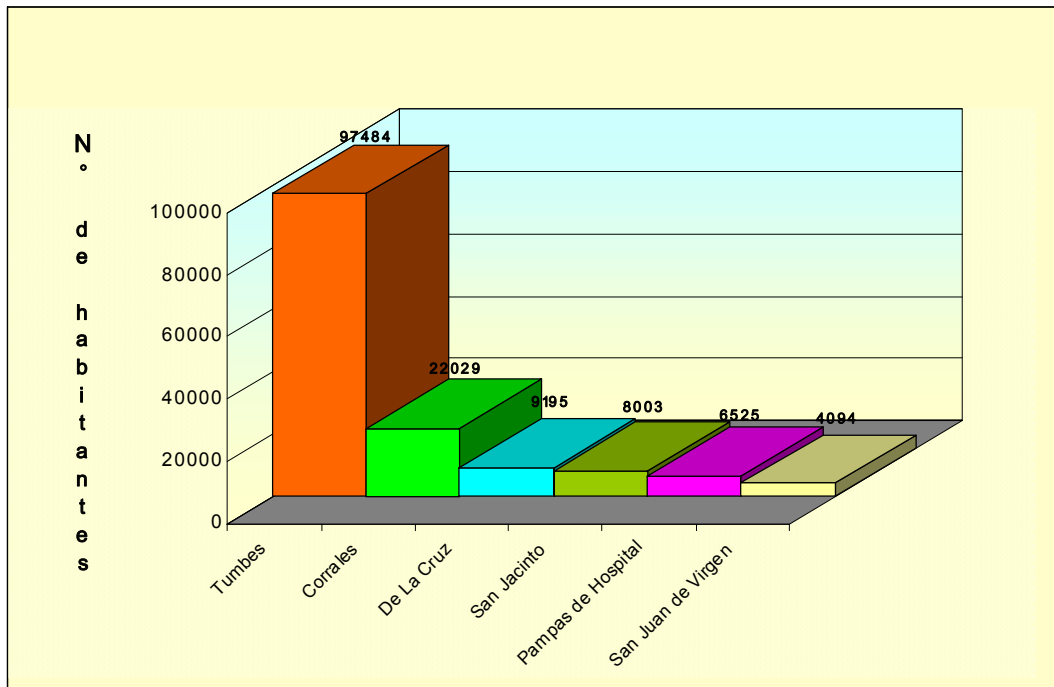


Gráfico N° 9.1 Población peruana en la cuenca Puyango - Tumbes

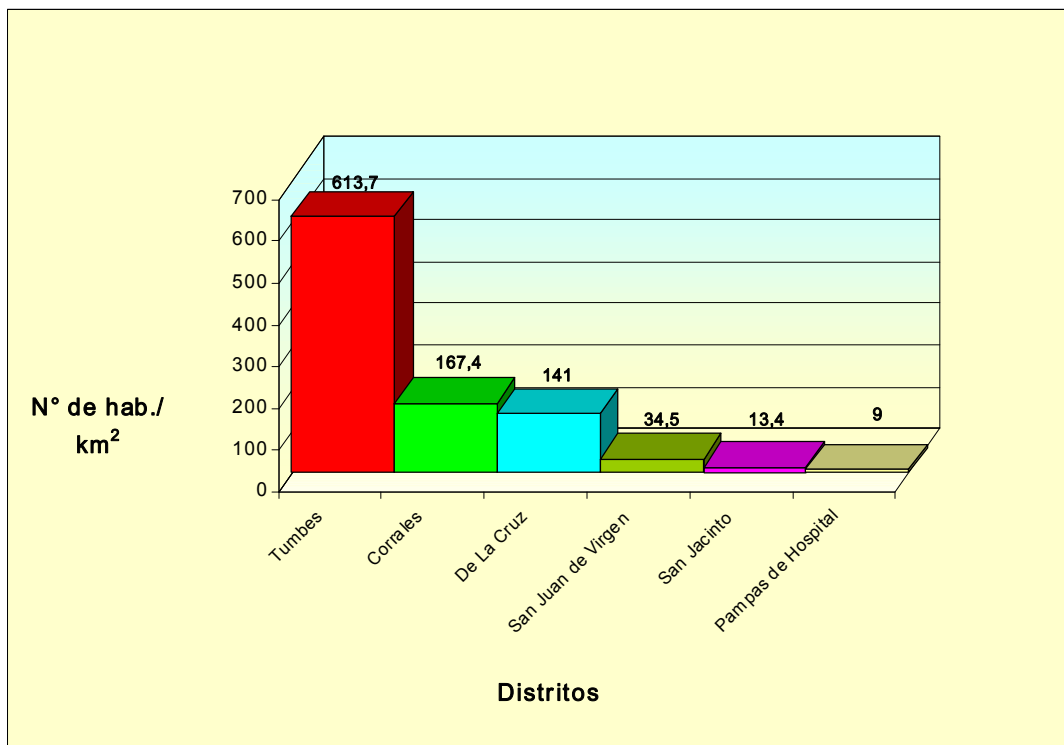


Gráfico N° 9.2 Densidad poblacional de la cuenca Puyango-Tumbes (parte peruana).

Las actividades terciarias están ampliamente desarrolladas en el distrito de Tumbes, razón por la que se le considera ciudad.

POBLACIÓN URBANA Y RURAL

La población peruana urbana presenta un total de 104 124 h, y la población rural 11 282 h (Gráfico N° 9.4 y Cuadro N° 9.1), 90 % de población urbana y un 10 % de población rural (INEI –1993). La población urbana se ubica en primer lugar en la ciudad de Tumbes con 74 085 h, seguidamente Corrales con 14 208 h. La zona urbana de la ciudad de Tumbes se está extendiendo en una pampa, hacia la margen derecha del río del mismo nombre, donde se han realizado edificaciones modernas. El distrito de Corrales es el que tiene mayor población rural, con 3 281 h (INEI –1993). La población rural se distribuye en los sectores donde se desarrolla principalmente la agricultura y ganadería, y en menor proporción en la zona langostinera.

Relación Urbano Rural

Todos los pequeños pueblos rurales como los caseríos, y pueblos pequeños, están muy relacionados con la ciudad. El mundo urbano ha crecido notablemente y el mundo rural está marcado por la ciudad. El crecimiento está más centralizado en Tumbes.

El mundo urbano es muy positivo para el campo del área de irrigación por los siguientes factores:

- Concentración de consumidores, mercados locales y un mercado regional significativo.
- El desarrollo de las profesiones e institutos agrarios posibilitan el acceso a la tecnología en el campo. Existe una importante oferta de profesionales dispuestos a trabajar en él.
- El desarrollo de algunas agroindustrias en la ciudad la vinculan al campo cada vez más (piladoras de arroz, procesamiento de soya, etc.)
- La información es más fácil que llegue al campo, no sólo a través de la comunicación personal sino a través de la radio, televisión, teléfono, que posibilitan una economía de mercado.

(Fuente: Pacific Consultants International, octubre-2002.)

DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Las aguas subterráneas tienen una importancia destacada en la provincia de Tumbes para el abastecimiento de agua a la población y para uso agrícola.

En Tumbes se han identificado acuíferos que se ubican en los depósitos aluviales del río Tumbes y en las zonas de las quebradas principales, los cuales están en constante recarga por las lluvias estacionales que ocurren en la parte alta de la cuenca.

Se ha realizado un estudio de las aguas subterráneas del valle de Tumbes, en el cual se muestra que la napa freática varía entre 0,66 y 36,42 m, los menores niveles se encuentran en los distritos de Corrales y Pampas de Hospital y los mayores niveles en el sector de Puerto Pizarro. (Monitoreo de las aguas subterráneas del valle Tumbes-2000).

No se han realizado cálculos de los volúmenes de las aguas de estos acuíferos, los cuales deberían hacerse para tener una mejor idea de estas estructuras.

RECURSOS GEOCULTURALES Y ESPACIOS PROTEGIDOS

Espacios Protegidos y Biodiversidad

En la cuenca binacional del río Puyango-Tumbes se cuenta con importantes extensiones de Áreas Naturales Protegidas, que constituyen muestras representativas del patrimonio natural tan diverso y valioso existente en Perú y Ecuador y que debe conservarse para beneficio de las futuras generaciones.

En Perú y Ecuador existe legislación al respecto, la cual es bastante clara en definir la categoría de estas áreas, así como la conservación de ellas.

La legislación ecuatoriana establece en la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, promulgada en 1981, los Artículos 71 y 78:

Art. 71. El patrimonio de áreas naturales del Estado deberá conservarse inalterado, a este efecto se formularán planes de ordenamiento de cada una de dichas áreas. Este patrimonio es inalienable e imprescriptible y no puede constituirse sobre él ningún derecho real.

Art 78. Cualquiera que sea la finalidad, prohíbese ocupar las tierras del patrimonio de Áreas naturales del Estado, alterar o dañar la demarcación de las unidades de manejo u ocasionar deterioro de los recursos naturales en ellas existentes. Se prohíbe igualmente, contaminar el medio ambiente terrestre, acuático o aéreo o atentar contra la vida silvestre, terrestre, acuática o aérea, existentes en las unidades de manejo.

El Bosque Petrificado del Puyango, es considerado como un área protegida de acuerdo a la legislación ecuatoriana.

La Constitución Política del Perú, en el artículo 68, recoge la preocupación por proteger dichas áreas al señalar que «El Estado promueve la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas...».

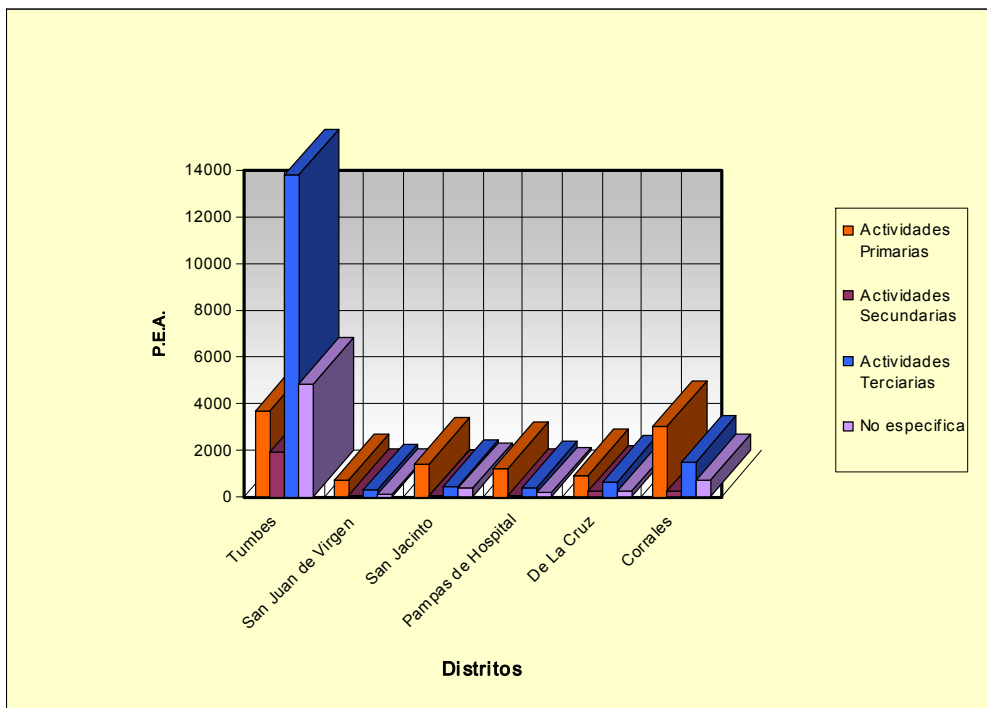


Gráfico N° 9.3 Distribución de la población económicamente activa por actividad (parte peruana).

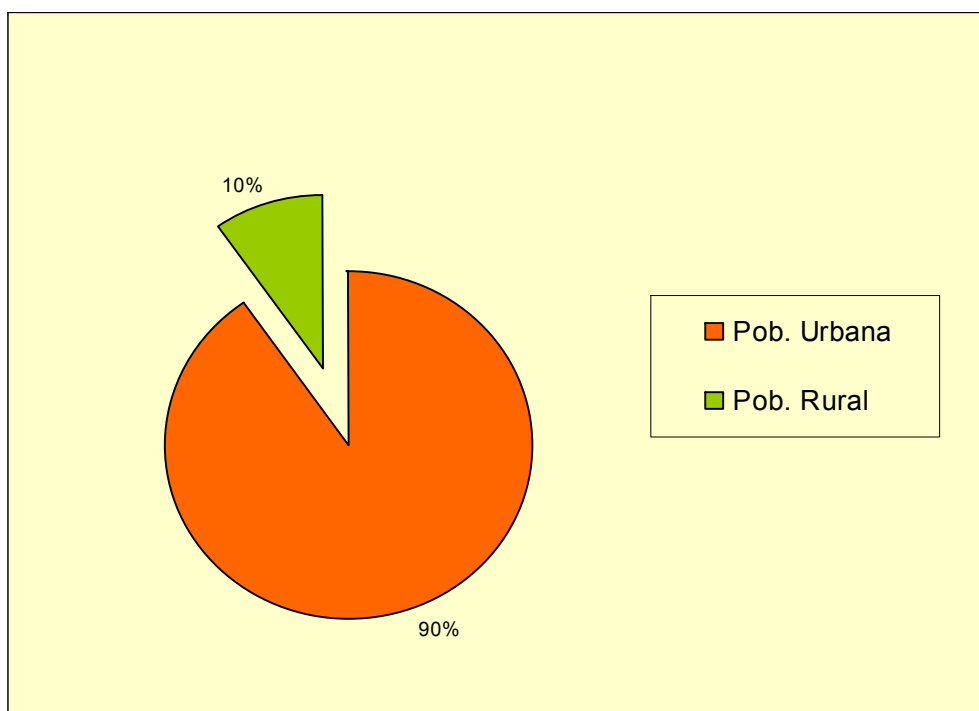
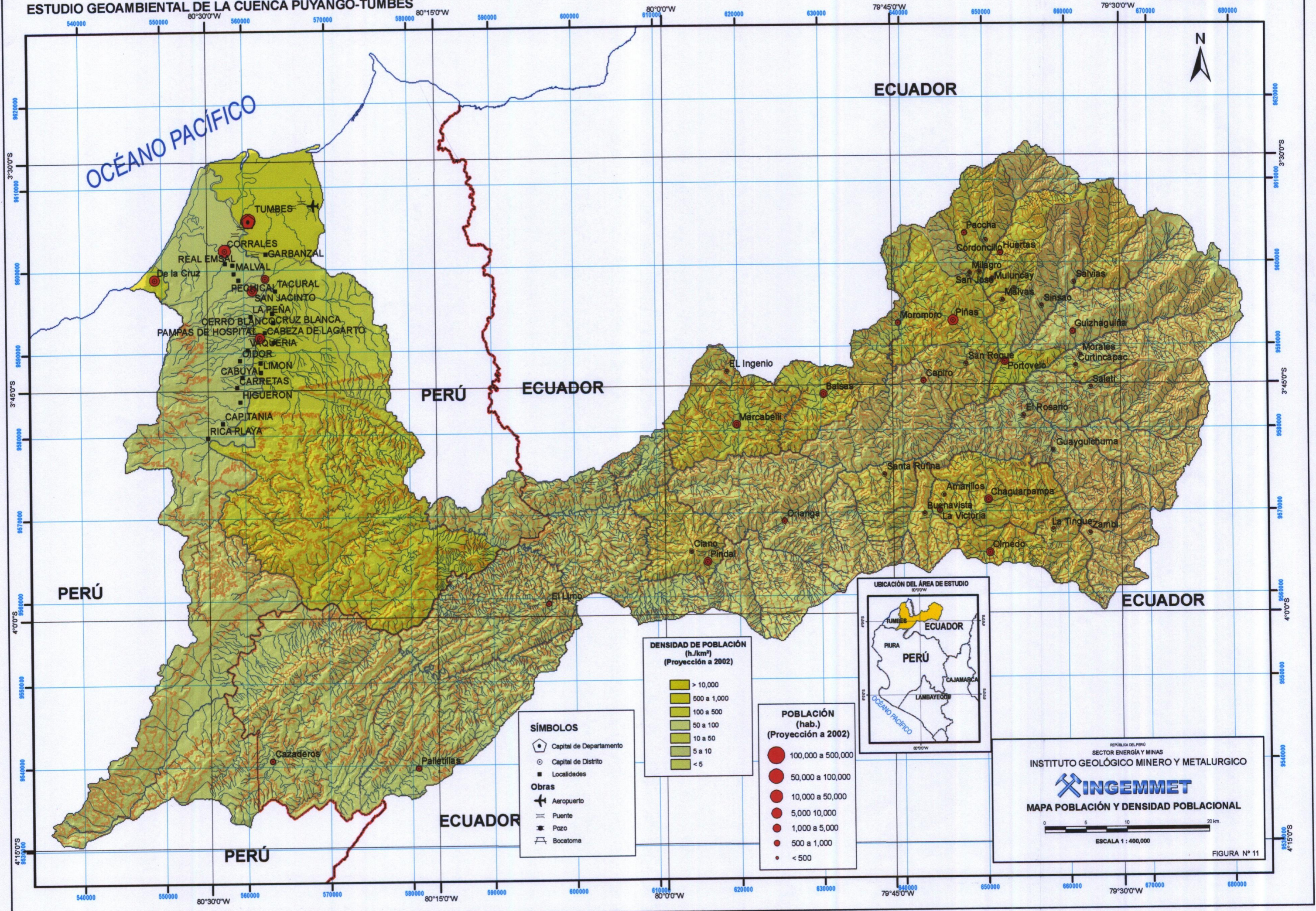


Gráfico N° 9.4 Relación de la población rural y urbana de la cuenca Puyango-Tumbes (parte peruana).



OCEANO PACIFICO

ECUADOR

PERU ECUADOR

PERU

ECUADOR

ECUADOR

PERU

SÍMBOLOS

- ◻ Capital de Departamento
- Capital de Distrito
- Localidades

Obras

- ✈ Aeropuerto
- ≡ Puente
- ⊠ Pozo
- ⚡ Bocatoma

DENSIDAD DE POBLACIÓN (h./km²) (Proyección a 2002)

- > 10,000
- 500 a 1,000
- 100 a 500
- 50 a 100
- 10 a 50
- 5 a 10
- < 5

POBLACIÓN (hab.) (Proyección a 2002)

- 100,000 a 500,000
- 50,000 a 100,000
- 10,000 a 50,000
- 5,000 a 10,000
- 1,000 a 5,000
- 500 a 1,000
- < 500

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

MAPA POBLACIÓN Y DENSIDAD POBLACIONAL

0 5 10 20 km.
ESCALA 1 : 400,000

FIGURA N° 11

PAGINA EN BLANCO

Por otro lado, el Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales contiene artículos específicos sobre el tema vinculados a la ubicación de obras en estas áreas:

Art. 97. Sólo se permitirá la ubicación de cualquier tipo de infraestructura en zonas adyacentes a las áreas naturales protegidas, en los casos que se garanticen las máximas medidas de protección para dichas áreas a fin de preservar sus condiciones naturales de los ámbitos geográficos declarados como áreas naturales protegidas.

El Art. 3 de la Ley de Áreas Naturales Protegidas (Ley N° 26834) señala lo siguiente:

«Las Áreas Naturales Protegidas, con excepción de las Áreas de Conservación Privada, se establecen con carácter definitivo. La reducción física o modificación legal de las áreas del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, sólo podrá ser aprobada por ley.»

Sin embargo, en la Ley General de Minería sobre Medio Ambiente, se incluye una excepción al enunciado anterior al señalar en su Art. 219 que «Para garantizar un entorno adecuado de estabilidad a la inversión minera, precisase lo señalado en el Artículo 53 del Decreto Legislativo N° 613 (Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales), en el sentido que el establecimiento de áreas naturales protegidas no afectará el ejercicio de derechos otorgados con anterioridad a la misma.

En el Ecuador el tema de la Conservación de la Biodiversidad está enfocado principalmente a los Bosques Amazónicos, cabe señalar que la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre establece en su Art. 102 lo siguiente:

Art. 102. En los proyectos de desarrollo rural o industriales, construcción de carreteras, obras de regadío, hidroeléctricas u otras, que pudieran originar deterioro de los recursos naturales renovables, el Ministerio de Agricultura y otras instituciones del sector público determinarán las medidas y valores que los ejecutores de tales proyectos u obras deban efectuar o asignar, para evitar dicho deterioro o para la reposición de tales recursos.

En el Perú, tiene gran importancia la Conservación de la Biodiversidad así como el buen manejo y conservación de sus recursos naturales, en particular el agua y el suelo, como estrategia fundamental para lograr su desarrollo sostenible. Este tema es abordado en primer lugar en el Decreto Legislativo N° 613: Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. En el acápite XI del Título Preliminar de dicho Código se señala que:

«El mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, la preservación de la diversidad genética y la utilización sostenida de las especies, de los ecosistemas y de los recursos naturales renovables en general, es de carácter obligatorio».

La utilización de los recursos naturales no renovables debe efectuarse en condiciones racionales y compatibles con la capacidad de depuración o recuperación del ambiente y de regeneración de dichos recursos».

En el mismo código y en relación a las especies amenazadas, cabe citar el Art. 39 que a la letra dice: «El Estado concede protección especial a las especies de carácter singular y a los ejemplares representativos de los diferentes tipos de ecosistemas, así como al germoplasma de las especies domésticas nativas.

Aquellas especies cuya supervivencia se encuentre amenazada, en peligro o en vías de extinción, serán objeto de rigurosos mecanismos de control y protección que garanticen su conservación».

Además del Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales, en el Perú se han dado hasta 4 Leyes específicas que regulan el buen uso y conservación de la biodiversidad y los recursos naturales. Estas leyes son:

- La Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales (Ley 26821 promulgada en junio de 1997).
- La Ley de Áreas Naturales Protegidas (Ley 26834 promulgada en julio de 1997).
- La Ley de Conservación y Aprovechamiento sostenible de la Diversidad Biológica (Ley 26839 promulgada en julio de 1997).
- La ley de Aprovechamiento sostenible de las Plantas Medicinales (Ley 27300 promulgada en julio del 2000).

Finalmente, a partir del año 2000, el Perú cuenta con una Estrategia Nacional de Diversidad Biológica¹.

Caracterización de la Flora y Fauna

Una Comunidad Vegetal es una población de plantas que se caracteriza por su distribución en el espacio y por sus variaciones estacionales. Se desarrolla también determinado tipo de fauna de acuerdo a su adaptabilidad y al clima característico de cada comunidad¹.

En la cuenca del río Puyango-Tumbes, se pueden diferenciar las siguientes comunidades vegetales:

¹ Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas del río Puyango – Tumbes, Pacific Consultants International, 2002.

1) Manglar

Tipo de bosque que marca la transición entre el mar y la tierra. Se localiza en la zona noroccidental del Perú (departamento de Tumbes, zona del litoral) y sur del Ecuador. Se desarrollan sobre condiciones edáficas extremas, en áreas pantanosas que se forman en la unión entre el agua salada de mar y el agua dulce de río, formando los conocidos «esteros». En el manglar viven y se protegen las larvas y estadios juveniles de variadas especies de peces, crustáceos y moluscos que son explotados comercialmente.

El manglar sirve como protección contra las inundaciones, mantenimiento de la biodiversidad conformando un hábitat crítico para muchas especies de aves, la protección al litoral del impacto del oleaje (marea) y el control de la erosión. Además, los manglares contribuyen con nutrientes y material orgánico, a estimular la actividad primaria y la producción secundaria en las aguas costeras, cumpliendo además la función de estabilizar los sedimentos.

Los manglares se están viendo seriamente afectados por actividades como la tala de árboles de mangle, la acuicultura (principalmente cultivos de camarón), la producción de carbón, los proyectos de ingeniería costera, la agricultura y el aporte creciente e indiscriminado de contaminantes en los humedales¹.

2) Bosque Chaparral

Se presenta tanto en territorio peruano como ecuatoriano en el lado oeste a altitudes intermedias. Se le define como la franja entre la zona costera y las colinas y está compuesta por una asociación forestal de tipo arbustivo y árboles pequeños. Esta comunidad vegetal se caracteriza por ser muy seca, con una precipitación entre los 125 y 250 mm anuales. Es muy probable que este tipo de vegetación se haya originado luego de un proceso de degradación del bosque seco, pudiendo haber sido una de las causas el sobrepastoreo de ganado caprino.

La vegetación predominante son arbustos espinosos como el papelillo, palo verde, faique, overal, vichayo, cactus y especies de árboles como el algarrobo, arbolitos de acacia y el zapote. En las zonas más húmedas como en los cauces de los ríos y quebradas, la vegetación se hace más densa.

Se podrían obtener suelos muy buenos para el cultivo de frutales o para pastoreo, irrigando artificialmente estas zonas¹.

3) Bosque Seco

El Bosque Seco se desarrolla en áreas que no reciben lluvia durante muchos meses del año en terrenos de relieve montañoso con gradientes pronunciadas. Con la altitud este bosque se pone más denso. Predominan especies como el amarillo, ceibo, palo de vaca, salvajina, candelabro, jaborcillo,

y especies maderables como el hualtaco, almendro guayacán (árboles de madera dura y valiosa que actualmente están en peligro de extinción por su uso desmedido), además del huápala, laurel, etc.

Las plantas han aprendido a vivir con escasez de agua. Como ejemplo tenemos los ceibos, que dominan el bosque y almacenan agua en sus gruesos troncos para sobrevivir a los largos periodos de sequía.

Este bosque ha sido alterado por la tala indiscriminada de árboles y una creciente influencia agrícola y de pastoreo¹.

4) Bosque Húmedo Montano

Se encuentra dentro de la región llamada Páramo, clasificada como Bosque Húmedo Montano, con una precipitación anual entre 1000 y 2000 mm, representando el 38 % de la superficie de la sierra del Ecuador.

Se registran árboles de hasta 30 m de altura, predominando especies como nogal, cedro, guayacán, laurel, canelo, cascarilla, amarillo y ficus¹.

5) Vegetación Ribereña

La vegetación ribereña es sumamente importante para contener la erosión de las riberas y como hábitat para las especies acuáticas. En la cuenca baja la vegetación ribereña ha desaparecido por la agricultura. El fenómeno de El Niño de 1997-98, provocó cambios drásticos en la morfología del río y en los ecosistemas ribereños. Por la enorme erosión generada en las laderas de la cuenca se produjo la sedimentación de esteros, quebradas, ríos y del propio valle aluvial. La inundación de zonas bajas por casi un año, pudrió los árboles frutales y acabó con la diversidad arbórea de las orillas, dejando un nuevo tipo de vegetación arbustiva¹.

Ecuador y Perú presentan una gran diversidad en fauna, por lo que teniendo en cuenta esto, la existente en la cuenca del río Puyango – Tumbes se puede clasificar como muy variada.

De acuerdo con los estudios faunísticos realizados en la cuenca del río -Tumbes se encuentran 32 especies de mamíferos, 181 de aves, 12 de reptiles, 46 de peces de río, 10 de crustáceos de río, 104 de peces marinos y 91 de invertebrados acuáticos¹.

En la zona de los manglares se han realizado investigaciones sobre la distribución e inventario de vertebrados e invertebrados. Algunos estudios sobre poblaciones han sido realizadas pero basados en la capacidad de recolección de la pesquería industrial como de la artesanal (RIVADENEIRA et al., 1989, 1990).

No existen investigaciones cualitativas (inventarios) sobre invertebrados, ni estudios cuantitativos de la fauna nativa.

Por la masiva destrucción del bosque nativo y la cacería en la cuenca alta es muy probable, que la diversidad de especies animales sea muy reducida.

Tanto el Perú como Ecuador cuentan con extensiones importantes de Áreas Naturales Protegidas las que constituyen muestras representativas del patrimonio natural tan diverso y valioso, no sólo para ambos países sino para el futuro de la humanidad. Dentro de la cuenca del río Puyango-Tumbes se encuentran las siguientes Áreas Naturales Protegidas (Figura N° 12):

A) Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes

El Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, fue creado por Decreto Supremo N° 018-88-AG del 01-03-88. Está ubicado en el extremo norte costero, entre la base naval de El Salto y la frontera con Ecuador, departamento de Tumbes, provincia de Zarumilla, colindante con la cuenca del río Puyango-Tumbes. Su importancia se debe a que es la única muestra representativa de bosques de manglares en el Perú dentro del Sistema Nacional de Conservación (SINUC). Fue establecido, sobre una extensión de 2 972 ha, en base a la propuesta elaborada por el centro de datos para la conservación del Perú y la Dirección General de Forestales y Fauna. Estos manglares son también refugio para el cocodrilo de Tumbes (*Crocodylus acutus*), especie que se encuentra en vías de extinción. (Fotos N° 9.1 y 9.2).

Se ha llegado a determinar que de los manglares dependen dos tercios de la población de peces en el mundo, ya que debido a lo intrincado de las raíces del mangle, la alta disponibilidad de nutrientes y la relativa estabilidad de las condiciones locales, estas áreas resultan ideales para el desove y desarrollo de los primeros estadios de muchas especies de peces, crustáceos y moluscos.

B) Bosque Petrificado de Puyango

En el ámbito de la cuenca del río Puyango-Tumbes, se encuentra ubicado el Bosque Petrificado de Puyango, en el límite entre la provincia de El Oro y la provincia de Loja, dividido por el río Puyango. Este lugar está considerado como Área Natural Protegida por la legislación ecuatoriana ya que contiene restos fósiles de árboles de coníferas que datan del Cretáceo superior según estudios realizados por SHOEMAKER, (1978), (Fotos N° 9.3).

Su soporte legal se encuentra detallado en el Acuerdo Ministerial N° 022 del 09 de enero de 1987 y publicado en el Registro Oficial 621 del 9 de febrero de 1987, por medio del cual fue declarado «Bosque y Vegetación Protectora».

Mediante el D.L. 3819 promulgado el 21 de marzo de 1988, se creó la Comisión Administradora del Bosque Petrificado de

Puyango; en junio del 2002 se ha pasado la administración de esta área natural a los municipios de las provincias de El Oro y de Loja. Tiene una extensión de 2 710 ha.

El relieve que presenta es escarpado y montañoso, con pendientes no aptas para la agricultura o ganadería, sino más bien como zonas de protección de suelos y regulación hídrica con mantenimiento de la cobertura vegetal natural.

Entre las especies petrificadas, es importante resaltar los árboles gigantes que quedaron convertidos en piedra luego de un evento extremo y que actualmente se encuentran caídos y semidescubiertos; de igual forma se encuentran troncos pequeños, ramas, conchas, líquenes y hojas en calidad de piedra.

C) Parque Nacional Cerros de Amotape

Este parque fue creado el 22 de julio de 1975 por D.S. N° 0800-75-AG, comprende una extensión de 91 300 ha. En la zona de estudios se encuentran 73 846 ha. Este parque junto con el Coto de Caza El Angolo y la Zona Reservada de Tumbes forman, desde 1977, la Reserva de Biósfera del Noroeste.

Situado en la margen izquierda del río Tumbes en dirección hacia el sur, hasta el límite con el departamento de Piura. Abarca totalmente la parte oriental de la provincia Contralmirante Villar y parte de la provincia de Tumbes. Tiene como objetivo ordenar en forma racional los recursos forestales y animales. Sus características físicas son: temperatura promedio 24 °C, precipitación media anual de 900 mm (Fotos N° 9.3 y 9.4).

Presenta varios tipos de vegetación: monte espinoso, bosque seco y bosque muy seco ecuatorial. Sus cursos de agua son quebradas de aguas temporales durante la época de lluvias. Su fauna y flora es muy variada. Entre las principales especies se encuentran: jaguar, tigrillo, oso hormiguero, lobito de río, ardillas, sajino, etc. Entre las aves están: buitre real, perdiz, garza. Entre los reptiles: el cocodrilo americano, macancho, iguanas y otros.

D) Zona Reservada de Tumbes

La zona reservada de Tumbes se creó el 28 de setiembre de 1994, mediante Resolución Ministerial N° 0594-94-AG. Antes fue denominada Bosque Nacional de Tumbes. Está ubicada en el departamento de Tumbes, entre las provincias de Tumbes y Zarumilla. Tiene una extensión de 77 713 ha (Foto N° 9.5 y 9.6).

En esta zona habitan algunas especies amenazadas como el loro de alas bronceadas (*Pionus chalcopterus*), la nutria del noroeste (*Lontra longicaudis*), el mono coto de Tumbes



Foto N° 9.1 Vista del estero Puerto Rico (S. Núñez, mayo-2004).



Foto N° 9.2 Criadero experimental de cocodrilos en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. (S. Núñez, abril-2004).



Foto N° 9.3 Vista de tronco del árbol petrificado de grandes dimensiones del Bosque Petrificado de Puyango. (S. Núñez, julio-2004).



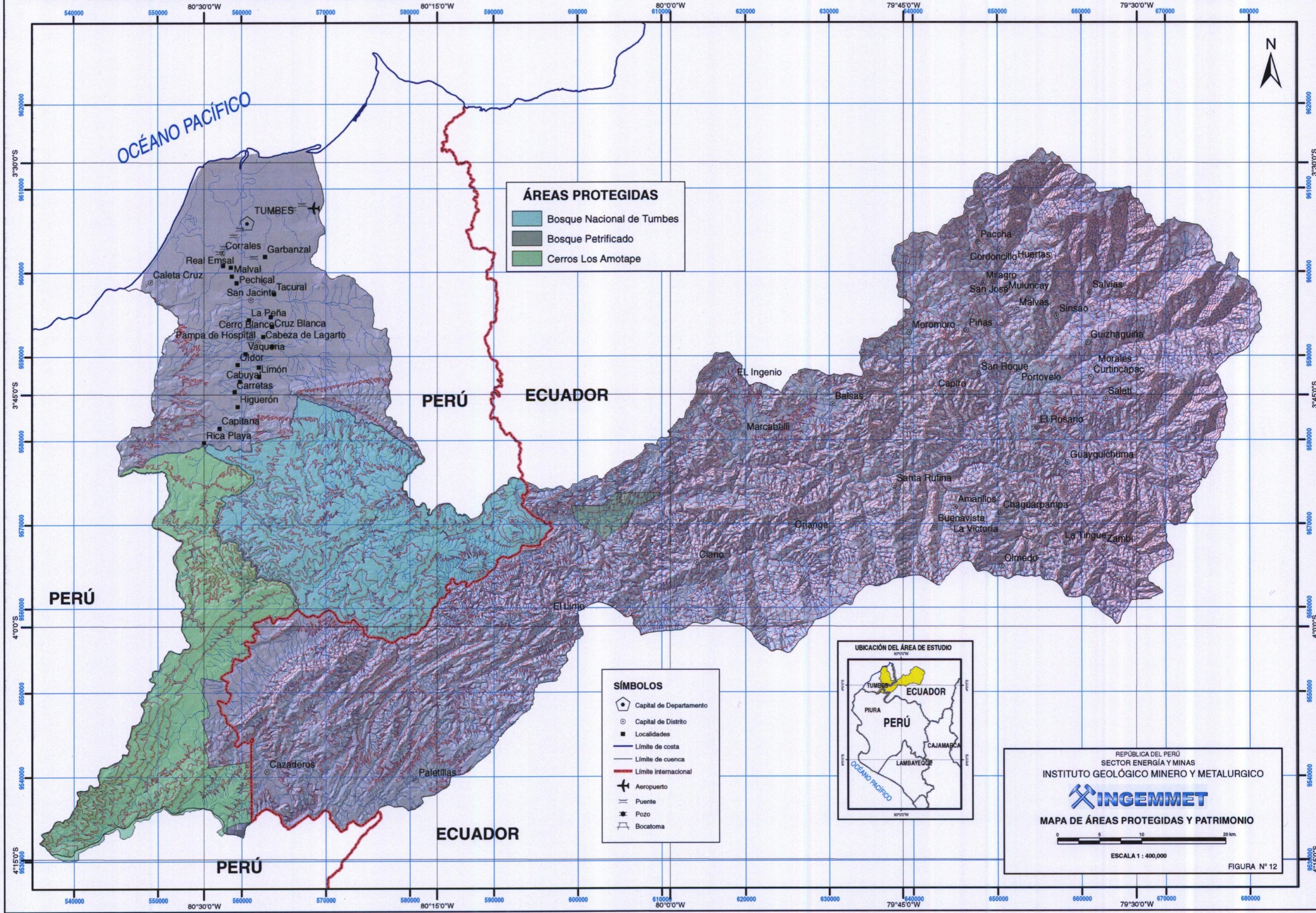
Foto N° 9.4 Vista de la quebrada Angostura, tomada desde el cerro El Cóndor, en el Parque Nacional Cerro Amotape.



Foto N°9.5 Vista de la catarata en la quebrada Huarapal, la cual presenta hasta 12 m de altura. (J. Zegarra, Mayo-2004).



Foto N°9.6 Vista de la Zona reservada de Tumbes, ex Bosque Nacional de Tumbes, obsérvese las especies de árboles existentes. (J. Zegarra, mayo-2004).



OCEANO PACÍFICO

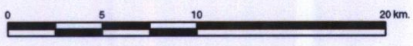


PERÚ ECUADOR

PERÚ

PERÚ ECUADOR

PERÚ



PAGINA EN BLANCO

(*Alouatta palliata*), el jaguar (*Pantera onca*) y el huamburusgu (*Leopardus wiedii*).

El objetivo es conservar y proteger muestras representativas del bosque tropical del Pacífico, especialmente especies de flora y fauna en vías de extinción.

La flora está representada por gran diversidad de especies, entre las que destacan la especie endémica de ceibo (*Ceiba trichistandra*), varias especies de algarobos (*Prosopis* spp.), el angolo (*Pithecellobium multiflorum*) y el pretino (*Cavanillesia platanifolia*). La flora de importancia económica está representada por el guayacán (*Tabebuia* sp.), el algarrobo (*Prosopis pallida*) y el palo santo (*Bursera graveolens*), especies que están amenazadas por su uso intensivo como leña y en la fabricación de parquet y artesanías.

La zona posee una fauna típica de distribución restringida. Entre los reptiles podemos citar al macanche (*Botriechis schlegelii*) y varias especies de cañanes. Destaca entre los anfibios la rana de cabeza osificada (*Trachycephalus jordanii*). Entre las aves se distinguen el perico pachaloro (*Forpus xanthops*), el perico macareño (*Brotogeris pyrrhopterus*), el hormiguero (*Grallaricula peruviana*), el gavián norteño (*Leucopternis occidentalis*), la urraca (*Cyanocorax mystacallis*) y el hornero (*Furnarius leucopus*). Entre los mamíferos se pueden encontrar el venado gris (*Odocoileus virginianus*) y la ardilla nuca blanca (*Sciurus stramineus*).

La amenaza más seria que se presenta en la zona reservada es la extracción ilegal de madera, principalmente especies de madera dura como hualtaco, guayacán, oreja de león amarillo, entre otros. Hay una serie de aserraderos, conocidos como «parqueteras,» que se dedican a la producción de parquet para pisos. Utilizan principalmente el guayacán y el hualtaco.

Un producto que tiene cada vez mayor demanda es la miel de abeja silvestre. Ésta se encuentra en los huecos de los árboles y es conocida localmente como miel de palo. Para recolectar esta miel de palo por lo general se destruye al árbol. Se corta el tronco para acceder a la cavidad interior donde se encuentran las abejas. En la mayoría de los casos la extracción termina no sólo con el panal sino también con la colonia misma, muriendo todas las abejas o dispersándose. La excesiva extracción está haciendo que ya no se encuentren abejas en áreas cercanas con influencia humana, estas se ven cada vez con menor frecuencia y por lo general bien al interior del área protegida.

La contaminación de la zona se da por dos fuentes principales. Por un lado los residuos sólidos y basura que generan los

asentamientos humanos y que son vertidos directamente al campo, y por otro lado la contaminación del río Tumbes por efectos de la minería aurífera presente aguas arriba en Ecuador y por la basura que los poblados ecuatorianos arrojan al río y que llega a la zona reservada en el Perú traída por la corriente.

(Fuente: <http://www.parkswatch.org/parkprofile.php>)

RED VIAL

a) Parte peruana

Una de las vías principales de acceso es la Carretera Panamericana Norte, la cual se encuentra asfaltada. Entre otras carreteras asfaltadas que acceden al área de estudio se encuentran:

- Tumbes-San Juan de la Virgen-Pampas de Hospital, con un recorrido de 20 km aprox.
- Carretera Panamericana Norte-Corrales (San Pedro de los Incas)- San Jacinto de 12 km aprox.

Entre las carreteras afirmadas, se encuentran:

- Pampas de Hospital – Cabuyal – Angostura.
- Pampas de Hospital – Mirador – Zona Reservada de Tumbes
- Cerro Blanco Miraflores.
- Tumbes – La Huaca.

b) Parte ecuatoriana

Se encuentran importantes vías, entre las asfaltadas se encuentran las siguientes:

- Puyango-Alamor
- Puyango-Loja
- Piñas-Paccha
- Portovelo-Piñas-Balsas-Marcaveli
- Loja-Portovelo
- Portovelo-Zaruma-Paccha

Entre las vías secundarias afirmadas:

- Portovelo-Portoviejo-El Cisne
- Santa Rufina-Olemdo
- Alamor-Peltillas
- Alamor-Ciano
- Portovelo-Guayquichuma
- Portovelo-Sinsao -Salvías
- Portovelo-Ayapamba

CAPÍTULO X

IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS

MINERÍA Y PASIVOS AMBIENTALES

En la cuenca baja del río Puyango-Tumbes, en el departamento de Tumbes, no existe actividad minera propiamente dicha, es decir no hay explotación industrial de minerales metálicos. Existen ocurrencias mineras (prospecciones) que tuvieron lugar hasta 1999. El potencial minero metálico lo constituye el oro nativo que se encuentra en capas de arenas aluviales auríferas depositadas en las playas del río que yacen sobre un sustrato de lutitas del Cretáceo.

Existe explotación de este recurso en Tumbes por parte de buscadores artesanales de oro, los cuales no se encuentran registrados oficialmente y se dedican a esta actividad por temporadas, generalmente en épocas de estiaje del río, ubicándose en ambas márgenes a la altura del poblado Rica Playa hacia aguas arriba.

Con respecto a la minería de los no metálicos, la provincia de Tumbes cuenta con canteras de materiales acarreados por las aguas, en los cauces de los ríos y quebradas (La Cruz, Cabuyal, y demás quebradas existentes). Estos materiales no metálicos, son explotados por extractores artesanales con volquetes, para ser usados en la construcción de viviendas y obras de infraestructura. Hay empresas que se dedican a la extracción y explotación de estos materiales, utilizando maquinarias (cargadores frontales, tractores, etc.) (Foto N° 10.1). En varios sectores de la cuenca baja, se explotan arcillas para la fabricación de ladrillos (Foto N° 10.2).

Desde la época Colonial se viene realizando en la cuenca alta del río Puyango-Tumbes una actividad artesanal de oro; particularmente en los cantones de Portovelo-Zaruma. En la primera mitad del siglo XX, la minería fue llevada a cabo por compañías mineras grandes, transformándose en una actividad básicamente artesanal en las últimas décadas. La calidad de las aguas del río Puyango – Tumbes se ha visto considerablemente degradada por la manera poco responsable con la que se maneja el entorno ambiental que caracteriza a esta actividad (Fotos N° 10.3 y 10.4).

Desde 1979 hasta 1994 se realizó en el sur de Ecuador el «Proyecto Portovelo», el cual consistió en la explotación de los recursos minerales metálicos de la zona por parte de la Dirección

General de Geología y Minas (DGGM), posteriormente el Instituto Ecuatoriano de Minería (INEMIN) y finalmente la Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico-Minero Metalúrgica (CODIGEM). Dentro del marco de este proyecto sólo se pudo emplear a una pequeña proporción de la fuerza laboral que venía trabajando en las compañías mineras, por lo que gran cantidad de desempleados invadieron todas las concesiones (incluyendo el Proyecto Portovelo). El resultado fue un estado virtual de anarquía con proliferación incontrolada de operaciones a pequeña escala y en forma artesanal.

Esta situación sigue vigente y en la actualidad, la explotación y el tratamiento del mineral en el distrito minero tienen en su mayoría un carácter artesanal o de pequeña escala, con un gran número de organizaciones o grupos formales o informales involucrados. La técnica y manejo administrativo, así como la explotación minera es generalmente muy primitiva, y existen actualmente, cerca de 400 pequeñas minas subterráneas. En 1999, estas operaciones a pequeña escala produjeron aproximadamente 50 000 oz (1,6 t) de oro. Se conoce muy poco sobre las reservas de mineral, aparte del hecho obvio que los recursos son finitos. (Fuente: *Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas en la Cuenca del Río Puyango – Tumbes, Pacific Consultants International, 2002*).

Cuadro N° 10.1

Número de minas (bocaminas) en el distrito minero Portovelo-Zaruma (Ecuador), según el censo minero de 1995-1996 y correcciones posteriores

Sector	Minas activas	Minas abandonadas	Total
Zaruma	152	109	261
Portovelo	243	55	298
TOTAL	395	164	559

Fuente: PRODEMINCA: "Plan Maestro de Gestión Ambiental de la Cuenca del río Puyango"

Estos mineros artesanales conocidos como «Petroleros» siguen varios procesos rudimentarios para la obtención del oro, los cuales van generando contaminantes que tienen un impacto ambiental



Foto N° 10.1 Zona de canteras en la quebrada Angostura, ubicadas a la altura de Cabuyal. (S. Núñez, mayo-2004).



Foto N° 10.2 Ladrillera los Claveles, distrito de Tumbes, en la cuenca baja del río Tumbes. (J. Zegarra, mayo-2004).



Foto N° 10.3 Labores artesanales para la extracción de oro, cerca al río Amarillo (S. Núñez , Noviembre-2004).



Foto N° 10.4 Zona de refinado, procesamiento y triturado de material para la obtención de oro artesanalmente, en el sector de Arcapamba (Ecuador). (S. Núñez, noviembre-2004).

negativo tanto en la calidad de las aguas del río como en la salud de las personas.

La principal zona de actividad minera en la cuenca es el distrito minero de Portovelo-Zaruma, en donde se genera un alto grado de contaminación de las aguas y del aire debido a los efluentes y emanaciones producidos por estos mineros artesanales (Foto N° 10.5).

El Gráfico N° 10.1, esquematiza el flujo de materiales en las actividades mineras de oro en el sur de Ecuador, señalando expresamente los orígenes y características de la contaminación y los contaminantes que van al río y a la atmósfera.

Entre los principales problemas ambientales causados por la minería en el sur de Ecuador cabe señalar los siguientes:

- Mal uso del suelo.
- Muchas galerías subterráneas están localizadas debajo de la ciudad de Zaruma lo que genera inestabilidad del terreno, que implica riesgo de derrumbes y hundimientos de la infraestructura superficial. Esto se agrava con las voladuras subterráneas que se realizan en las minas activas.
- Ruidos molestos. Las plantas de concentración gravimétrica están instaladas en áreas cercanas o dentro de zonas pobladas, causando molestias a los habitantes por el excesivo ruido generado por los molinos.
- Riesgo de contaminación por mercurio en la quema de amalgama que se realiza en estas plantas.
- La contaminación de los ríos y quebradas por los desechos de las plantas de tratamiento. (Fotos 10.6)

(Fuente: «Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas del Río Puyango – Tumbes», Pacific Consultants International 2002).

El Banco Mundial y Prodeminsa en Ecuador elaboraron un plan de manejo ambiental en donde se recomienda reubicar a las plantas procesadoras mineras en la zona de la cuenca del río Puyango-Tumbes. Las municipalidades de Zaruma y Portovelo han tomado estas recomendaciones y han realizado algunos esfuerzos reubicando las plantas de procesamiento de mineral en otras áreas. Sin embargo, estas reubicaciones han agravado el problema, ya que han sido colocadas cerca de muchos riachuelos, haciendo que los residuos vayan a parar nuevamente al sistema de la cuenca. A raíz de esto, se han visto obligados a crear nuevas zonas de almacenaje, para lo cual se están deforestando otras áreas que estaban intactas.

Una de las medidas más urgentes es establecer nuevas plantas de procesamiento en zonas adecuadas y la reubicación de las

operaciones que están situadas en áreas aisladas donde no existe la posibilidad de un adecuado manejo de los relaves.

Para mejorar la capacidad de recuperación de los metales pesados, reprocesar el agua y la colección de los relaves eficientemente, se debe concentrar estas actividades en sólo algunas áreas. Esto permitirá administrar los procesos químicos de manera controlada y no indiscriminada, como lo hacen los mineros artesanales actualmente, generando además un ahorro para ellos en insumos.

El cianuro es el contaminante más costoso de reciclar en las plantas de tratamiento. Sin embargo el plan de manejo ambiental desarrollado sugiere que las plantas pueden tener ahorros significativos recirculando el cianuro a través de celdas de carbón activado para poder utilizarlo de nuevo.

El caso Portovelo-Zaruma, es un excelente ejemplo de los problemas ambientales relacionados a las actividades artesanales en minería, donde los mineros individualmente, no pueden agenciarse los medios para implementar plantas de tratamiento debido a los pocos ingresos individuales que obtienen, lo que constituye un gran problema para las autoridades y el ambiente.

ACTIVIDADES AGRÍCOLAS Y SUELO

Dentro de las características de las actividades agrícolas del suelo dentro de la cuenca del río Puyango – Tumbes tenemos las siguientes:

a) Ecuador

- Casi el 50 % de la superficie está dedicada a pastos, seguido por bosques y matorrales con 24 %, cultivos con 20 % y 6 % de otras tierras.
- La superficie cultivada se distribuye según su peso entre los cultivos de banano, maíz, cacao y café.
- Gran parte de la producción de maíz y café se obtiene en las partes altas de la cuenca.

b) Perú

- El departamento de Tumbes dispone de 466 000 ha, de las cuales 19 000 ha (4 % del área total) se encuentran dedicadas a la agricultura y 1 % a bosques y pastos.
- Los principales cultivos son el arroz, plátano, maíz, hortalizas (tomate), ordenados en forma decreciente según la magnitud del área sembrada. (Fotos N° 10.7 y 10.8)
- El cultivo más importante en la superficie sembrada es el arroz, el cual ocupa cerca del 60 % del área agrícola total.

(Fuente: Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas del río Puyango – Tumbes, Pacific Consultants International 2002).



Foto N° 10.5 Zona de Portovelo, obsérvese la contaminación y el cambio de coloración del agua (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto N° 10.6 Zona de relaves en el sector de Huayrapungo, Ecuador, (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto 10.7 Sector Caleta La Cruz, obsérvense los sembríos de arroz en la zona litoral. (S. Núñez, abril-2004).



Foto N° 10.8 Sector de Rica Playa, zona de cultivos de plátanos en la margen derecha del río Tumbes, (Zegarra, mayo-2004).

Cuadro N° 10.2
Uso agrícola del suelo en la provincia de El Oro
(Ecuador) y departamento de Tumbes (Perú)

	Ecuador		Perú	
	El Oro (ha)		Tumbes (ha)	
Cultivo agrícola	103 078		19 392	
Bosques	56 506		5 704	
Pastos	244 809		5 803	
Otras Tierras				
Cultivos Principales	Área (ha)	Producción (t)	Área (ha)	Producción (t)
Arroz	4 820	10 500	11 120	82 890
Maíz	6 300	10 100	740	2 192
Otro uso	3 280	229 600		
Frijol			107	138
Yuca			101	1 107
Soya			84	123
Tomate			214	1 354
Banano / Plátano	43 400	1 951 000	2 747	56 061
Cacao	17 800	6 100		
Café	17 300	3 500		
Limón			214	1 354
Ciruella			100	103
Mango			34	212

(Fuente: Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas en la Cuenca del río Puyango – Tumbes, Pacific Consultants International, 2002).

La producción agrícola en la cuenca del río Puyango-Tumbes está limitada a los valles de los ríos, y solamente en el sector de Matapalo tiene alguna importancia la agricultura por riego. Cerca de 1200 ha tienen sembríos anuales durante la estación lluviosa y dependen del agua de lluvia y del agua subterránea.

De las 31 557,89 ha de superficie agropecuaria que tiene el departamento de Tumbes, cerca de la mitad 15 344,97 (48,6 %) se encuentran en la provincia de Tumbes. En Zarumilla se concentra el 27,8 % (8 766,01 ha) y en Contralmirante Villar el 23,6 % (7 446,92 ha).

En el año 1993 (según reporte del INEI de 1995, III Censo Agropecuario), el área cultivada en el valle del río Puyango-Tumbes (parte peruana) tuvo un total de 9 295 ha, cuya distribución por cultivos se muestra en el Cuadro N° 10.3. Los principales cultivos son arroz, plátano y limonero, a su vez clasificados como cultivos transitorios (arroz), semipermanentes (plátano) y permanentes (limonero).

En el valle del río Puyango-Tumbes los terrenos agrícolas se encuentran en ambas márgenes del río y están sujetos a las inundaciones que se producen por efecto de las precipitaciones

de estación y las lluvias excepcionales producidas por los eventos del fenómeno El Niño, como los acontecidos en los años 1983, 1992-1993 y 1997-1998, que produjeron la reducción del área agrícola disminuyendo la producción.

El área agrícola de la parte peruana se vio afectada por la ocurrencia del fenómeno El Niño de 1997-1998, de tal forma que de enero a julio de 1998 no se realizó campaña agrícola. En el año 2001, las áreas cultivadas de acuerdo con los reportes del Ministerio de Agricultura, alcanzaron 7 657,65 ha, habiendo correspondido 1 242,83 ha a cultivos de plátano, 6 305,20 ha de arroz y 119,62 ha de frutales y otros.

Cuadro N° 10.3
Área cultivada en el valle del río Puyango-Tumbes (parte peruana)

Cultivos	Superficie (ha)	%	Riego
A. Permanentes			
Mango	86,52	14,8	Gravedad
Limonero	382,55	65,6	Gravedad
Cacao	90,65	15,6	Gravedad
Naranja	23,19	4	Gravedad
	582,91	100	
B. Semipermanentes			
Plátano de Seda	2678,72	79	Grav.-bombeo
Plátano Dominicano	696,75	20,5	Grav.-bombeo
Papaya	14,25	0,5	Gravedad
	3389,72	100	
C. Transitorios			
Arroz	4736,8	89	Grav.-bombeo
Maíz amarillo duro	380,1	7,1	Gravedad
Soya	12,94	0,24	Gravedad
Frijol caupí	68,8	1,3	Gravedad
Frijol de palo	1	0,02	Gravedad
Tabaco	1,4	0,03	Gravedad
Camote	6,6	0,12	Gravedad
Yuca	70,38	1,32	Gravedad
Ají pprika	2	0,04	Grav.-bombeo
Pimienta	4,7	0,09	Grav.-bombeo
Zapallo	2,65	0,05	Grav.-bombeo
Sandía	9	0,19	
Maíz choclo	19,5	0,37	
Tomate	6,55	0,13	
	5 322,42	100	
Total	9 295,05	100	

(Fuente: Censo Agropecuario, INEI 1994)

El cultivo de arroz en la parte peruana, presenta un rendimiento promedio de 8000 kg/ha, el cual se encuentra en función del clima, ataque de plagas, enfermedades y del manejo que el productor implementa, así como de la asistencia técnica que recibe.

En los años 90, el cultivo de arroz, se incrementó en un 51 %, de igual modo la producción en 84 % y el rendimiento en 76 %. Las zonas productoras se localizan en la parte baja del valle de las provincias de Tumbes y Zarumilla, concentrándose la mayor superficie en el distrito de Corrales.

Los problemas que se presentan en el cultivo del arroz, en la cuenca baja del río Puyango-Tumbes son los siguientes:

En la Producción

- Minifundio.
- Mala organización de los productores.
- Escaso financiamiento agrario.
- Monocultivo.
- Uso indiscriminado de pesticidas agrícolas.
- Comercialización inadecuada e informal.
- Costos de producción elevados.
- Poco uso de semilla certificada.
- Poca cobertura del servicio de asistencia técnica (sólo llega al 28 % restringido a aquellos que reciben crédito del PEBPT).
- Resurgencia de plagas y enfermedades por la siembra de monovarietal y mono cultivo.
- Costo de recurso hídrico elevado en la margen derecha, por sistema de riego a bombeo.
- Endeudamiento de agricultores en entidades públicas y privadas.

En la Comercialización

- Precios bajos.
- Canales inadecuados de comercialización.
- Fletes elevados por la gran distancia que existe hacia los grandes centros consumidores.
- Contrabando desde el vecino país del Ecuador.
- Ingreso de arroz subsidiado de otro país con tasas arancelarias bajas que compiten deslealmente con la producción nacional.
- Presencia de intermediarios que manipulan los precios aprovechándose del escaso poder de negociación de los pequeños productores.
- Falta de una información adecuada de la ventana de comercialización.

- Débil organización de los productores agrarios que no les permite buscar y comercializar su producción en gran volumen para alcanzar demanda y mejores precios.

En la Agroindustria

- Infraestructura y maquinaria inapropiada que no les permite brindar un buen servicio de pilado y almacenaje.
- Falta de recursos económico para comprar arroz con cáscara que les permita operar durante todo el año.

El cultivo de plátano es importante porque contribuye significativamente a satisfacer la demanda interna de consumo y como fuente de trabajo en condiciones de campo, planta industrial y el manejo de post cosecha hacia la exportación. El cultivo de plátano ocupa el segundo lugar en área sembrada después del arroz, y primero dentro de los frutales. Como consecuencia del fenómeno de El Niño del año 1998 se perdieron 2,514 ha de plátano, por lo que se considera que las plantaciones existentes son relativamente jóvenes. Las condiciones agro ecológicas son ideales para las siembras de este cultivo, durante todo el año. Las zonas productoras de plátano se encuentra en los valles de Tumbes, Zarumilla y Quebrada Casitas-Bocapán ubicándose la mayor área en el valle de Tumbes. (*Fuente: Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas del Río Puyango – Tumbes, Pacific Consultants International, 2002*)

Los problemas que se presentan en el cultivo del plátano en la cuenca baja del río Puyango- Tumbes son los siguientes:

- Atomización de la propiedad agrícola (minifundio).
- Idiosincrasia del productor platanero ya que usa tecnología tradicional.
- Débil organización de productores mayormente de tipo gremial.
- Canales de comercialización inadecuados.
- Precios bajos.
- Costos de producción altos.
- Presencia de Sigatoka lo que ocasiona una reducción de la producción hasta un 60 % aproximadamente.
- Inexistencia de centros de acopio y/o almacenes.
- La mayor cantidad de áreas cultivadas se encuentran en zonas inundables (fenómeno El Niño» o avenidas).
- Vías de acceso inaccesibles a las parcelas durante el período lluvioso.
- Deficiente manejo agronómico.
- Degeneración de variedades.
- Falta de drenaje en áreas de cultivo.

Se ha podido identificar en el departamento de Tumbes los niveles tecnológicos empleados por los agricultores, quienes conservan esquemas tradicionales de producción. La caracterización del nivel tecnológico se resume en el Cuadro N° 10.4, que se muestra a continuación:

Cuadro N° 10.4
Resumen del nivel tecnológico de producción

1) Preparación del terreno	Los pequeños agricultores utilizan tracción animal, mientras que los de mayor extensión lo hacen con equipo mecánico.
2) Labores de escardar	Se realizan a mano y el uso de herbicidas es reducido.
3) Control fitosanitario	Es pobre y se efectúa empleando insecticidas y funguicidas, generalmente mediante fumigadores de mochila.
4) Fertilización	Sin empleo de fórmulas basadas en análisis de suelos y requerimientos específicos de cada cultivo.
5) Riego	Por gravedad; en el caso del arroz, se usa el método por pozas de inundación.
6) Cosecha	Generalmente se hace en forma manual, con trilladoras estáticas aunque los pequeños agricultores a veces trillan manualmente.

(Fuente: Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas del río Puyango – Tumbes, Pacific Consultants International 2002).

La adulteración informal de fertilizantes y agroquímicos es un problema serio que afecta la productividad y calidad de las cosechas. El uso de estos fertilizantes adulterados vigente debido a los bajos precios de estos productos, son de baja concentración de compuestos activos.

Durante el año 2000, se ha cosechado una superficie total de 15 784,17 ha, habiéndose alcanzado una producción de 144 285,89 t, siendo el cultivo de arroz el de mayor importancia económica 11 990,54 ha (75,97 %), lográndose un volumen de producción equivalente a 92 58774 t (64,17 %)¹.

Según el Censo Nacional Agropecuario de 1994, realizado por INEI, el número total de unidades agropecuarias es de 6 308 unidades, con una superficie bruta total de 10 391,95 ha, en el departamento de Tumbes. La unidad agropecuaria promedio en el departamento de Tumbes tiene 3,23 ha, y su estructura según rangos de tamaño es:

- (1) El 59,86 % de las unidades agropecuarias (UA), tienen menos de 3,00 ha y poseen el 21,24 % de la tierra, con un promedio de 1,15 ha/UA.
- (2) El 94,59 % de la UA, tienen menos de 10,00 ha y poseen el 69,70 % de la tierra, con un promedio de 2,38 ha/UA.
- (3) El 5,17 % de las UA, tienen entre 10,00 y menos de 50,00 ha y poseen el 20,21 % de la tierra con un promedio de 12,64 ha/UA.
- (4) El 0,24 % de las UA, tienen 50,00 ha a más y poseen el 10,10 % de la tierra, con un promedio de 137,28 ha/UA. Cuadro N° 10.5¹.

En el consumo de agua para los cultivos, el plátano, consume aproximadamente 21 000 m³/ha y el arroz 18 000 m³/ha. Estas son las dotaciones que se asignan con fines de distribución del agua, por las organizaciones de usuarios de Zarumilla y Tumbes.

El Proyecto Binacional Puyango Tumbes (PBPT), tiene como misión concretar la ejecución de la Irrigación Binacional Puyango Tumbes, promoviendo la construcción de nuevos sistemas de riego que posibiliten la ampliación y el mejoramiento de la frontera agrícola de la región Tumbes, asegurando la adecuada conservación de la infraestructura ya existente. Para este fin se ha planeado ejecutar las siguientes obras y actividades:

- Ejecución del Programa de Rehabilitación y Reconstrucción por el Fenómeno de El Niño.
- Reconstrucción de la bocatoma La Palma y canal internacional Zarumilla.
- Operación del sistema de bombeo de la Irrigación Puerto El Cura.
- Operación y mantenimiento de la red hidrometeorológica.
- Continuidad del programa de Crédito Agrícola que se desarrollará con recursos del Fondo Revolvente de crédito, provenientes del Convenio de Financiación.
- Desarrollo de actividades de Promoción Agropecuaria, que incluya la transferencia y adopción de tecnologías adoptadas que permita promover la agroexportación.
- Desarrollo del Estudio de Factibilidad del Estudio de Viabilidad de la Irrigación Binacional Puyango Tumbes.

(Fuente: INADE).

¹ Plan de Gestión de la Oferta de Agua en las Cuencas del Ambito del Proyecto Puyango – Tumbes, Asesores Técnicos Asociados S.A – INADE 2002.

Cuadro N° 10.5
Número de unidades agropecuarias, superficie total y promedio en el
departamento de Tumbes

Rangos de Tamaño	Número de Unid. Agrop.	%	Superficie (ha)	%	Promedio (ha/UA)
Menos de 0,5 a 2,9 ha	3776	59,86	4330,77	21,24	1,15
de 3,0 a 4,9 ha	1071	16,98	3502,64	17,18	3,27
de 5,0 a 9,9 ha	1120	17,76	6379,02	31,28	5,7
de 10,0 a 19,9 ha	264	4,19	2804,19	13,75	10,62
de 20,0 a 49,9 ha	62	0,98	1316,17	6,45	21,23
de 50,0 a 99,9 ha	9	0,14	482,4	2,37	53,6
de 100,0 a 499,9 ha	4	0,06	426,76	2,09	106,69
de 500,0 a 999,9 ha	2	0,03	1150	5,64	575
Total	6 308	100,00	20 391,95	100,00	3,23

(Fuente: Censo Nacional Agropecuario de 1994, INEI)

El Proyecto Binacional Puyango Tumbes (PBPT), aún no ha iniciado la construcción de las obras principales. No obstante a mediano plazo, es probable que se inicien las obras del Proyecto de Ampliación de la Irrigación Puerto El Cura, que comprende aproximadamente 14 000 ha nuevas, desarrolladas totalmente con tecnología de riego presurizado.

La ganadería ocupa áreas más extensas que la agricultura, sin embargo se caracteriza por ser extensiva y de baja intensidad; es decir, no existe un mejoramiento del rendimiento del suelo, sino más bien la incorporación de nuevas áreas para el pastoreo.

En el Cuadro N° 10.6 se presenta la información reportada por el Censo Agropecuario de 1994, donde se observa la producción

pecuaria del departamento y provincia de Tumbes, siendo el promedio de especies por unidad agropecuaria como sigue:

- Ganado vacuno : 7,10 Vacas/Unidad agropecuaria.
- Ganado caprino : 17,90 cabras/Unidad agropecuaria.
- Ganado ovino : 8,50 Ovinos/Unidad agropecuaria.
- Ganado porcino : 4,85 Porcinos/Unidad agropecuaria.
- Pollos de engorde : 15,50 pollos/Unidad agropecuaria.

La ganadería y agricultura como fuentes de contaminación están relacionadas al cambio de uso de suelo que provocan estas actividades; es así que para generar tierras de cultivo muchas veces se talan y se queman los bosques. Otra fuente de

Cuadro N° 10.6
Población pecuaria del departamento de Tumbes-1994

Especies Pecuarias	Total Provincia Tumbes	Total Departamental
Unidades Agropecuarias	4 683	6 308
Unidad agropecuaria con vacunos	1206	1773
N° de vacunos	8538	15 039
Unidad agropecuaria con ovinos	226	390
N° de Ovinos	1923	4922
Unidad agropecuaria con caprinos	1 236	2210
N° de Caprinos	22150	69 855
Unidad agropecuaria con porcinos	1375	2227
N° de Porcinos	6 674	12 357
engorde	1618	2307
N° de pollos de engorde	25 001	32 186

(Fuente: III Censo Nacional Agropecuario - Departamento de Tumbes - INEI-MINAG-1995).

contaminación por parte de la agricultura es el uso de fertilizantes y pesticidas químicos.

Se han cambiado drásticamente los patrones de vegetación originales de la cuenca del río Puyango Tumbes debido a la tala y quema extensiva de bosques para obtener tierras agrícolas, ganadería y facilitar las actividades mineras. En octubre y noviembre de 1999, se observó que varias decenas de quemadas fueron realizadas en la parte ecuatoriana de la cuenca, aparentemente con el propósito de transformar más suelos para fines agrícolas y ganaderos (Foto N° 10.9).

La deforestación produce mayor acarreo de los sedimentos a los ríos, aumentando la turbidez del agua, incrementando la deposición de sedimentos en las planicies inundables (la zona inundable del río Puyango-Tumbes está situada en territorio peruano). El incremento en la erosión conlleva una serie de efectos como:

- La turbidez de las aguas y la rápida sedimentación pueden hacer imposible la procreación de peces y otras especies acuáticas.
- La deposición de sedimentos puede afectar el tiempo de vida de los embalses planificados dentro del Proyecto Puyango-Tumbes.
- La lixiviación de nutrientes de la tierra puede causar una reducción en la fertilidad de los suelos.

La contaminación por el uso de fertilizantes naturales o artificiales se produce frecuentemente con el ingreso de nutrientes en los ríos por el lavado del suelo durante las lluvias. A menudo, estos efectos son más pronunciados después de las primeras lluvias de la estación húmeda, cuando los nutrientes son más fácilmente disponibles. Éstos que han sido agregados y retenidos en el suelo, en la época seca son liberados y lavados hacia los ríos. Sin embargo, debido a la baja intensidad de la agricultura en la cuenca media y alta el impacto de este lavado de nutrientes no es significativo para la calidad del agua. Otra es la situación en la cuenca baja donde sí existe una actividad agrícola más intensa.

Los pesticidas y herbicidas son compuestos generalmente orgánicos, pero a menudo pueden contener elementos como el arsénico, cloro y fósforo. Son muy utilizados en la agricultura, y también en otras actividades a pequeña escala. Sin embargo, debido a las áreas relativamente pequeñas dedicadas a la agricultura y a la naturaleza artesanal de estas actividades, la cantidad de pesticidas y herbicidas introducidas al medio ambiente son insignificantes cuando se las compara con la contaminación a gran escala, originada en la industria minera o las contribuciones de los desechos sólidos y las aguas negras que provienen de los centros urbanos.

ACTIVIDADES URBANAS: DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y CONTAMINACIÓN

La contaminación que se produce en el río Puyango - Tumbes debido a las actividades urbanas es un asunto complicado. Debe considerarse que involucra un problema iniciado en el Ecuador, cuya solución va más allá del alcance de las autoridades peruanas. Cualquier coordinación en este sentido debe hacerse a través de la Cancillería y en el contexto de programas de desarrollo fronterizo.

Según el V censo de población y IV de vivienda realizados en Ecuador por el INEC en 1990, las ciudades ecuatorianas más importantes dentro de la cuenca del río Puyango-Tumbes son: Zaruma y Portovelo, las cuales registran una población aproximada de 23 699 y 10 257 h, respectivamente, las que sumadas dan un total de 33 956 h. También se encuentra la ciudad de Piñas con una población de 21 843 h y cinco cantonales con poblaciones de pocos miles de habitantes; en la provincia de El Oro: Balsas, Marcavelí (4 889 h), Paccha, Chaguarpamba y Olmedo, en la provincia de Loja. Todas estas ciudades arrojan sus desechos sólidos en menor o mayor grado al río.

En Perú el asentamiento humano más importante dentro de la cuenca, es la ciudad de Tumbes, que según el IX Censo Nacional de Población realizado por INEI en 1993, registra 76 958 h, con una proyección al 2003 de 96 958 h (*Fuente: INEI*) y se encuentra ubicada en la parte baja de la cuenca.

Como se puede apreciar, las ciudades más importantes en la cuenca del río Puyango-Tumbes registran una población relativamente baja, con limitada concentración en los centros urbanos, por lo que la cantidad generada de desechos sólidos municipales, aguas servidas domésticas y aguas residuales de origen industrial no es muy grande, comparada con las de otras ciudades; sin embargo, el problema ambiental a resolver, consiste en la falta de un buen manejo de estos desechos.

Otro problema es que no existe un adecuado control municipal, por lo que se invaden y rellenan permanentemente meandros y zonas de amortiguamiento de las crecidas, agravados por estrangulamientos ocasionados por la construcción anti técnica de puentes que agravan el problema de inundaciones.

El principal problema con las aguas servidas domésticas es que presentan una alta demanda biológica de oxígeno (DBO₅), que resta el oxígeno disponible para la flora y fauna acuática; la presencia de nutrientes inorgánicos (nitrógeno y fósforo), con su potencial poder eutrofizante; y lo más importante, las grandes cantidades de bacterias, muchas de ellas patógenas, que son responsables de enfermedades gastrointestinales epidémicas como el cólera, la fiebre tifoidea y la hepatitis. Todos estos tipos de

contaminantes afectan la calidad del agua y restringen su uso para consumo humano o fines agrícolas.

En Ecuador, las ciudades de Zaruma, Portovelo y Piñas, no cuentan con un sistema de alcantarillado adecuado para la recolección de las aguas servidas, y tampoco con un sistema de depuración de aguas antes de llegar al río².

La ciudad de Zaruma presenta una difícil topografía y un crecimiento urbano desordenado, lo que ha ocasionado que el sistema de alcantarillado no tenga ninguna planificación ni sustento técnico. Los receptores principales de las descargas son las quebradas Colón (que también recibe las aguas del camal municipal), Zaruma, Urcu y Matalanga (que recepciona las descargas líquidas del hospital de Zaruma), todas tributarias del río Amarillo.

La ciudad de Piñas se encuentra en la misma situación que la de Zaruma. La red actual de alcantarillado es insuficiente y carece de un sistema de tratamiento de las aguas servidas, por lo que son descargadas directamente a quebradas tributarias del río Piñas.

La ciudad de Portovelo cuenta con colectores que corren a lo largo del río Amarillo, los cuales captan todas las descargas de aguas servidas y las conducen a piscinas de oxidación localizadas aguas abajo del pueblo, en la ribera izquierda del propio río Amarillo.

Cuadro N° 10.7
Generación de residuos sólidos en las principales ciudades de la cuenca del río Puyango-Tumbes

Ciudad	Habitantes	N° kg/per/día	kg/día	t/año
Zaruma	23 699	0,44	10 427,56	3 806,06
Portovelo	10 257	0,44	4 513,08	1 647,27
Marcavelí	4 889	0,44	2 151,16	785,1734
Tumbes	74 601	0,44	32 824,44	11 980,92

(Fuente: Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas en la Cuenca del río Puyango – Tumbes, Pacific Consultants International 2002.

La basura que se recolecta en Portovelo y Zaruma es arrojada al río Amarillo, antes de su confluencia con el río Pindo, a 7 km de la ciudad de Portovelo. El funcionamiento del botadero en este sector es antitécnico y totalmente incontrolado. En estos lugares se han observado criaderos de ganado porcino, que son alimentados con la basura.

Un estudio realizado en 1990 para el relleno sanitario de estas ciudades, revela que la cobertura del servicio de recolección de basura fue del 60% y la tasa de generación per cápita fue de

0,494 kg/h./d; es decir que para el año 1999, el botadero recibió aproximadamente 2 190 t de desechos sólidos. Esta situación es aún más dramática si se considera que a ese rubro se adicionan los desechos provenientes del hospital de Zaruma, que si bien es un monto pequeño en cantidad, su peligrosidad es tanto o más significativa, que técnica y legalmente merece un tratamiento especial².

En el distrito de Tumbes, se encuentra el botadero municipal en el sector La Garita, el cual está localizado en la cumbre de una lomada a pocos metros de la carretera Tumbes – San Juan de la Virgen. Este botadero se trabaja sin ningún asesoramiento técnico. La basura es quemada, el viento acarrea los desperdicios llevándolos pendiente abajo. El olor en la zona es característico y perceptible a varios metros del lugar. En el mismo botadero existe la crianza de ganado vacuno y porcino que se alimenta de la basura. Se observó la abundante proliferación de aves carroñeras, roedores y moscas, no sólo en el botadero sino también en los alrededores. Esto tiene un impacto en la agricultura y ganadería presente a pocos metros del lugar, así como en la población, en la actividad turística, porque al frente se ubica el Centro Turístico y Recreacional El Mirador y en las actividades industriales artesanales (fábricas artesanales de ladrillos). (Fotos N° 10.10).

En el distrito de Corrales, sector El Pozo, la quebrada Colorado está siendo utilizada como botadero municipal, el cual está afectando el medio ambiente. Este botadero se viene trabajando sin ninguna asesoría técnica, los residuos son depositados a lo largo de la quebrada, en una longitud aproximada de 1 km.

La quebrada Colorado se activa con lluvias excepcionales como las producidas durante el fenómeno El Niño. En esta zona se observó la crianza de ganado vacuno y caprino que se alimenta de la basura. El viento acarrea los desperdicios, en su mayoría bolsas plásticas, las cuales se quedan atrapadas en las ramas de los árboles, afectando el paisaje y creando un impacto visual negativo. También hay presencia de recicladores de basura en la quebrada, quienes aprovechan los desperdicios plásticos, cartones y papel, trabajando en condiciones poco favorables para su salud. Existe en la zona, proliferación de moscas y roedores. Este botadero viene causando un grave impacto en la agricultura, ganadería y en la población de los alrededores.

El problema de contaminación por basura y residuos sólidos provenientes de los poblados debe ser atendido por los municipios correspondientes, los cuales requieren de asesoría y capacitación de su personal y de las autoridades de los poblados rurales para que sepan cómo enfrentar el problema de la basura en sus respectivas jurisdicciones. El entrenamiento debe incluir temas sobre

² Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas en la cuenca del río Puyango – Tumbes, Pacific Consultants International, 2002.



Foto N° 10.9 Sector de Portovelo. Se observa la quema de plantas y árboles para convertir la tierra en terrenos de cultivo. (S. Núñez, noviembre-2004).



Fotos N° 10.10 Botadero de Basura del distrito de Tumbes, sector La Garita. En la foto superior de la izquierda obsérvese la proliferación de aves carroñeras. Este botadero es trabajado sin ninguna asesoría técnica, afectando el medio ambiente. (S. Núñez, julio-2004).

recolección, disposición final, separación, rellenos sanitarios, etc. que faciliten la planificación de alternativas.

Existen otras fuentes de contaminación de menor importancia que tienen impacto local, el Cuadro N° 10.8 resume estas fuentes y los tipos de contaminación que pueden asociarse con las mismas.

CALIDAD DE LAS AGUAS

La importancia de la calidad del recurso hídrico es imprescindible para los proyectos en la actualidad, en función al uso que se le va a dar, debe estar por debajo de los valores máximos permisibles.

En el estudio hidroquímico de las aguas de la cuenca del río Puyango – Tumbes se siguió la siguiente metodología:

En la primera fase de gabinete, se planificó el trabajo a realizar de acuerdo a la ubicación de las zonas agrícolas, industriales y poblaciones presentes en la cuenca; ubicando los puntos de muestreo en los mapas topográficos a escala 1:100 000, elaborados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

La segunda etapa fue la fase de campo, donde se realizó lo siguiente:

- Se recolectaron muestras de agua en botellas de polietileno de 1 litro de capacidad. Se tomaron dos botellas por muestra.
- Un litro se filtró y preservó con 2 ml de ácido nítrico (HNO_3) para el análisis de cationes y aniones. El otro se tomó sin preservación para el análisis de Sólidos Totales Disueltos (T.D.S), y demás parámetros químicos.

- Se tomaron parámetros físicos de las muestras como pH y conductividad eléctrica.
- Cada muestra fue codificada de la siguiente forma:
 - Lugar del muestreo
 - Coordenadas UTM
 - Fecha de muestreo
 - Código de muestra

Los datos fueron registrados en una ficha de muestreo.

En la tercera etapa las muestras de agua son analizadas en el laboratorio de INGEMMET por: Total de sólidos disueltos (T.D.S), cationes (Ca, Mg, Na, K, Al, Ba, Li, Sr), aniones (CO_3 , HCO_3 , Cl, SO_4 , NO_3 , PO_4), metales pesados (Cu, Pb, Zn, Fe, Mn, Ni, Co, Cr, Cd, As, Hg), también se realizó la medida de sus parámetros de pH y conductividad eléctrica.

Las aguas del río Puyango – Tumbes son usadas tanto para uso doméstico como para la agricultura y ganadería.

Gran parte de los terrenos agrícolas son irrigados con aguas del río Puyango – Tumbes. El Proyecto Binacional Puyango Tumbes (PBPT) tiene planeado la construcción de embalses para aprovechar las aguas del río, ampliando y mejorando la frontera agrícola en la región Tumbes, asegurando la adecuada conservación de la infraestructura ya existente.

En las ciudades importantes de la cuenca como es el caso de Tumbes en Perú y las ciudades de Zaruma y Portovelo en Ecuador, el abastecimiento de agua para uso doméstico, proviene del río previamente tratado. Algunos caseríos de la cuenca usan el

Cuadro N° 10.8
Otras fuentes de contaminación en la cuenca Puyango— Tumbes

Fuentes de contaminación	Tipo de contaminación	Destino de los contaminantes
Camales municipales	Contaminación reversible: microbiológica, orgánica y eutroficación	Los desperdicios generados, son generalmente descargados en las alcantarillas municipales.
Hospitales en los pueblos principales	Contaminación hídrica reversible: microbiológica, orgánica y eutroficación. Manejo no separado de los desechos sólidos	Los desperdicios muchas veces peligrosos son generalmente descargados en las alcantarillas municipales.
Curtiembres de cueros	Contaminación potencialmente irreversible: cromo	Existen dos curtiembres en Piñas. Esta actividad es bien conocida como fuente potencial de contaminación por cromo.
Gasolineras y talleres mecánicos	Contaminación potencialmente irreversible: hidrocarburos, aceites, lubricantes, químicos, metales, desechos sólidos.	Los impactos locales pueden ser importantes

(Fuente: Estudio de Prefactibilidad para Obras Hidrológicas en la Cuenca del río Puyango-Tumbes, Pacific Consultants International 2002)

agua del río para uso doméstico sin ningún tratamiento (Foto N° 10.11).

La empresa encargada del servicio de agua potable y alcantarillado en Tumbes es EMFAPATUMBES S.A, la cual posee una longitud de red de 178 km y un total de 29 066 conexiones domiciliarias de agua potable; de las cuales 13 608 se encuentran activas y cuentan con 615 medidores operativos.

Se tomaron un total de 25 muestras de agua (Figuras N° 13 y 14), su ubicación y códigos se presentan en el Cuadro N° 10.9.

Cuadro N° 10.9

Código, ubicación y fecha de muestreo de las muestras de agua tomadas en la cuenca del río Puyando-Tumbes

Código de muestras de agua	Ubicación		Fecha de muestreo
	Coordenadas		
	Norte	Este	
Parte Peruana			
M-1	9 605 796	559 134	10/04/2004
M-2	9 611 905	557 620	10/04/2004
M-3	9 592 146	574 908	16/04/2004
M-4	9 590 887	561 733	20/04/2004
M-5	9 582 527	573 933	22/04/2004
M-6	9 582 100	572 500	22/04/2004
M-7	9 587 179	565 814	23/04/2004
M-8	9 581 501	558 690	24/04/2004
M2-1	9 558 732	554 435	02/07/2004
M2-2	9 548 532	556 435	07/07/2004
M2-4A	9 553 332	558 885	14/07/2004
M2-4B	9 579 772	556 040	16/07/2004
M2-5	9 605 636	559 906	17/07/2004
M2-6	9 592 070	589 207	17/07/2004
Parte Ecuatoriana			
ECUA-1	9 603 255	652 523	24/11/2004
ECUA-2	9 595 643	659 744	25/11/2004
ECUA-3	9 596 666	653 890	26/11/2004
ECUA-4	9 590 557	651 542	26/11/2004
ECUA-4A	9 588 705	653 029	27/11/2004
ECUA-5	9 582 829	655 785	27/11/2004
ECUA-7	9 573 328	659 351	27/11/2004
ECUA-8	9 581 050	665 006	28/11/2004
ECUA-9	9 593 357	640 165	28/11/2004
ECUA-9A	9 585 631	661 196	30/11/2004
ECUA-10	9 576 413	617 110	30/11/2004

Los resultados de los análisis químicos de las muestras estudiadas se presentan en los Cuadros N° 10.10 y 10.11 y Figura N° 13 a escala 1:250 000 de este informe.

La calidad de las aguas superficiales en el Perú está determinada por la Ley General de Aguas, Ley N° 17752, D.S. N° 261-69, Art. 81, clasificándola en 6 clases:

- I Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección.
- II Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación. Sedimentación, filtración y cloración aprobados por el Ministerio de Salud.
- III Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
- IV Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similar).
- V Aguas de zonas de pesca de mariscos y bivalvos.
- VI Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

En este estudio se dan a conocer además de los estándares considerados para la calidad de aguas para consumo doméstico de la Ley General de Aguas de Perú, clase I y II, los estándares del Ecuador (A.M 2144), de la Organización Mundial de la Salud (OMS), Comunidad Económica Europea (CEE), de Canadá y de USA (Cuadros N° 10.12 y 10.13).

En los estándares de calidad para aguas destinadas al riego se tomaron en cuenta los valores límites de la clase III de la Ley General de Aguas del Perú, Ecuador (A.M 2144), Canadá – Riego, Canadá – Ganado y valores guía de la Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas (FAO). (Cuadros N° 10.12 y 10.13).

Al realizar una comparación de los valores indicados por cada estándar, se puede observar que éstos presentan variaciones en cuanto a los valores límites de los elementos, dependiendo de los países que usan y adoptan sus propios estándares.

Los estándares de calidad del agua en el Perú, clases I y II de la Ley General de Aguas, consideran que las aguas para consumo doméstico antes de ser usadas, deben primero ser tratadas, sin embargo, durante la ejecución de los trabajos de campo se ha observado que en muchos pueblos y caseríos de la cuenca, el agua no recibe ninguna clase de tratamiento antes de ser bebida por los pobladores y animales domésticos, en algunos casos el agua se extrae de pozos y es consumida directamente.

Cuadro N° 10.10
Resultados de los análisis químicos por cationes y aniones de muestras de agua de la cuenca del río Puyango - Tumbes

Código de Muestra	Coordenadas		Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Al mg/l	Ba mg/l	Li mg/l	Sr mg/l	HCO ₃ mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	CO ₃ mg/l	PO ₄ mg/l
	Norte	Este														
M-1	9 605 796	559 134	12	2,03	6	2,1	0,143	0,0508	<0,002	0,09	1,31	<2,0	<5,0	1,64	0	0
M-2	9 611 905	557 620	20,3	17,4	154	6,8	0,0961	0,0786	0,002	0,18	26,3	244	416	1,67	0	0
M-3	9 592 146	574 908	26,4	14,2	67	2,3	0,00402	0,08	0,023	0,17	74,9	48,9	354	2,04	0	0
M-4	9 590 887	561 733	83	42	181	6,1	0,0099	0,11	0,013	0,82	141	202	2266	1,94	0	0
M-5	9 582 527	573 933	8,8	1,74	4,7	1,2	0,328	0,0806	<0,002	0,1	13,1	<2,0	<5,0	1,5	0	0
M-6	9 582 100	572 500	21,5	14,3	60	2,5	0,0167	0,0477	0,016	0,15	72,2	48,9	288	0,59	0	0
M-7	9 587 179	565 814	36	17,5	73	3,3	0,032	0,0872	0,017	0,3	86,7	62,8	556	4,99	0	0
M-8	9 581 501	558 690	9	1,64	3,6	1,2	0,311	0,0808	<0,002	0,11	15,8	<2,0	<5,0	2,28	0	0
M2-1	9 558 732	554 435	49	19,6	106	1,9	0,055	0	0,01	0,23	160,2	97,7	21	0,48	N.D	0,24
M2-2	9 548 532	556 435	74	7,6	45	1,1	0,075	0	0,01	0,05	160,2	27,9	21,4	1,92	N.D	<0,01
M2-4A	9 553 332	558 885	102	22,8	84	1,8	0,018	0	0,02	0,56	113,1	69,8	227,6	<0,02	N.D	0,06
M2-4B	9 579 772	556 040	14	3,61	2,5	1,1	0,073	0	<0,01	0,05	21,6	6,98	28,4	0,67	N.D	0,05
M2-5	9 605 636	559 906	15,9	2,5	11,8	1	0,049	0	<0,01	0,06	25,4	6,98	18,1	0,59	N.D	0,04
M2-6	9 592 070	589 207	4,9	2,88	14,9	1,4	0,028	0	0,01	0,04	17,8	6,98	6,2	0,45	3,75	0,14
ECUA-1	9 603 255	652 523	5,1	1,08	3,4	0,76	0,009	0,027	£0,02	<0,05	7,9	<2	<2	<0,05	0	0
ECUA-2	9 595 643	659 744	7,7	1,33	4,3	0,71	0,018	0,021	£0,02	<0,05	15,8	<2	<2	<0,05	0	0
ECUA-3	9 596 666	653 890	6,3	2,65	3,1	0,64	<0,005	0,011	£0,02	0,05	17,1	<2	<2	<0,05	0	0
ECUA-4	9 590 557	651 542	15	4,56	11	1,8	3,3	0,043	£0,02	0,06	15,8	<2	<2	2,04	0	0
ECUA-4A	9 588 705	653 029	14	2,12	6,1	1,3	0,6	0,034	£0,02	0,08	18,4	<2	35,8	2,25	0	0
ECUA-5	9 582 829	655 785	3,9	1,38	3,5	1,2	0,2	0,026	£0,02	<0,05	7,9	<2	<2	0,79	0	0
ECUA-7	9 573 328	659 351	2,4	1,59	3	0,66	0,026	<0,01	£0,02	<0,05	6,6	<2	<2	<0,05	0	0
ECUA-8	9 581 050	665 006	3,6	0,94	3,1	1	0,019	<0,01	£0,02	<0,05	6,6	<2	<2	0,19	0	0
ECUA-9	9 593 357	640 165	11	2,89	5,6	0,97	0,024	0,016	£0,02	0,17	22,3	<2	<2	<0,05	0	0
ECUA-9A	9 585 631	661 196	3,2	0,82	2,5	3	0,006	0,011	£0,02	0,05	9,2	<2	<2	<0,05	0	0
ECUA-10	9 576 413	617 110	2	2,17	6,2	0,52	0,033	0,033	£0,02	<0,05	25	<2	<2	<0,05	0	0

(Laboratorio del INGENMET-2004/2005).

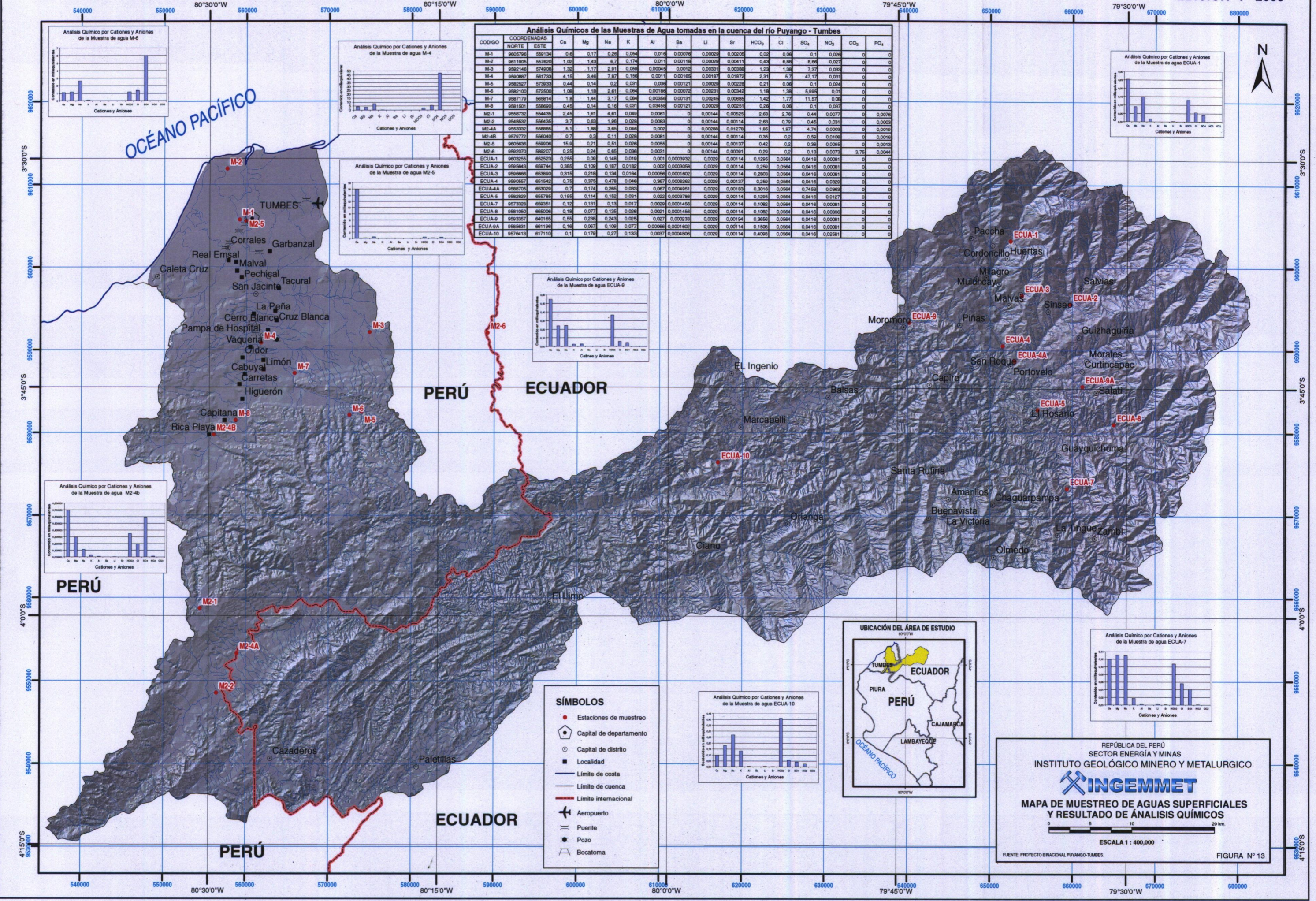
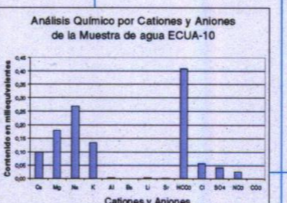
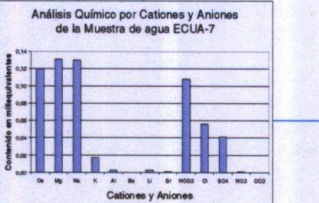
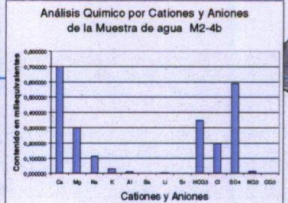
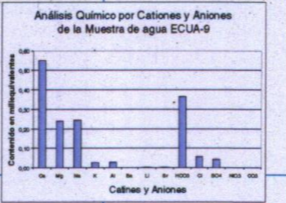
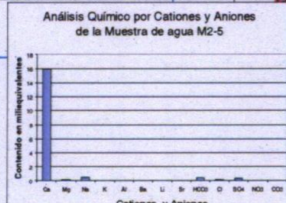
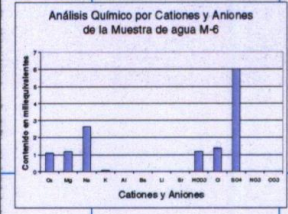
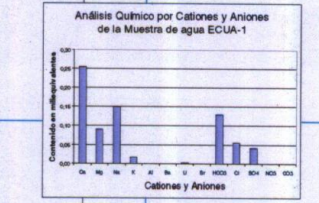
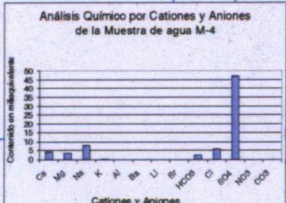


Table with columns: CODIGO, COORDENADAS (NORTE, ESTE), and various chemical ions (Ca, Mg, Na, K, Al, Ba, Li, Sr, HCO3, Cl, SO4, NO3, CO3, PO4).

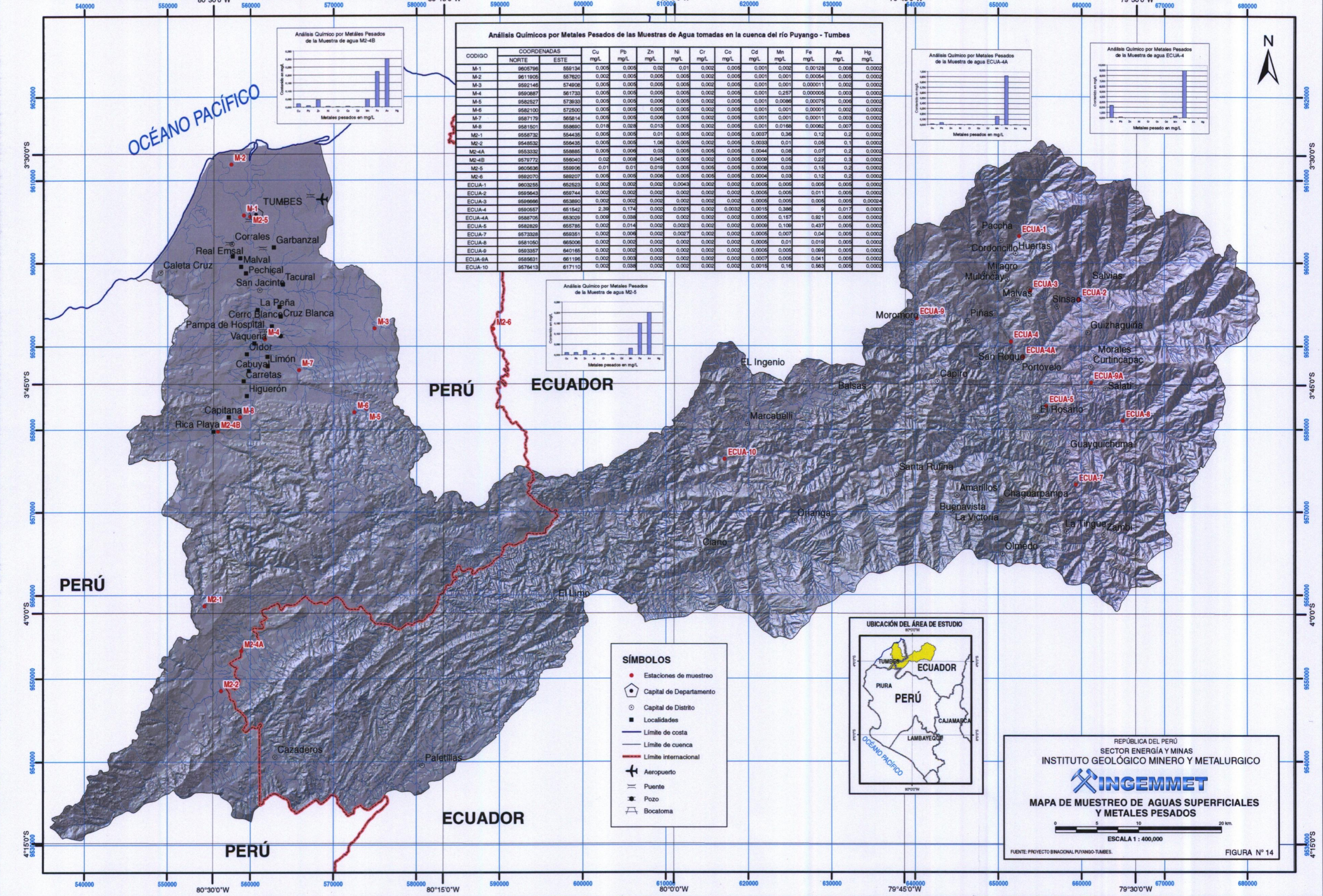


- SÍMBOLOS
- Estaciones de muestreo
- Capital de departamento
- Capital de distrito
- Localidad
- Límite de costa
- Límite de cuenca
- Límite internacional
- Aeropuerto
- Puente
- Pozo
- Bocatoma



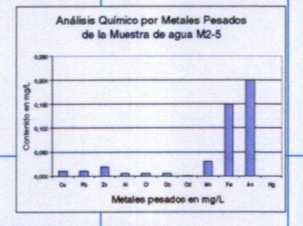
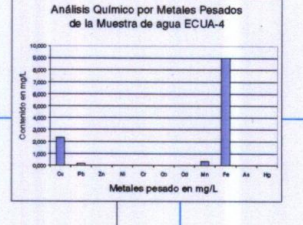
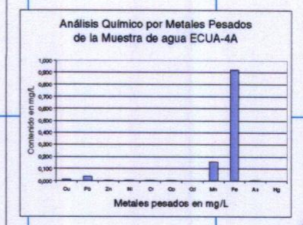
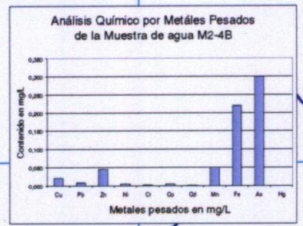
REPUBLICA DEL PERU
SECTOR ENERGIA Y MINAS
INGEMMET
MAPA DE MUESTREO DE AGUAS SUPERFICIALES Y RESULTADO DE ANALISIS QUIMICOS
ESCALA 1 : 400,000
FUENTE: PROYECTO BINACIONAL PUYANGO-TUMBES. FIGURA Nº 13

PAGINA EN BLANCO



Análisis Químicos por Metales Pesados de las Muestras de Agua tomadas en la cuenca del río Puyango - Tumbes

CODIGO	COORDENADAS		Cu mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L	Ni mg/L	Cr mg/L	Co mg/L	Cd mg/L	Mn mg/L	Fe mg/L	As mg/L	Hg mg/L
	NORTE	ESTE											
M-1	9605796	559134	0,005	0,005	0,02	0,01	0,002	0,005	0,001	0,002	0,00128	0,008	0,0002
M-2	9611905	557620	0,002	0,005	0,005	0,005	0,002	0,005	0,001	0,001	0,00054	0,005	0,0002
M-3	9592146	574908	0,005	0,005	0,005	0,005	0,002	0,005	0,001	0,001	0,000011	0,002	0,0002
M-4	9590887	561733	0,005	0,005	0,005	0,005	0,002	0,005	0,001	0,257	0,000005	0,003	0,0002
M-5	9582527	573633	0,005	0,005	0,006	0,005	0,002	0,005	0,001	0,0086	0,00075	0,006	0,0002
M-6	9582100	572500	0,005	0,005	0,005	0,005	0,002	0,005	0,001	0,001	0,00001	0,002	0,0002
M-7	9587179	565814	0,005	0,005	0,006	0,005	0,002	0,005	0,001	0,001	0,00011	0,003	0,0002
M-8	9581501	558690	0,018	0,028	0,013	0,005	0,002	0,005	0,001	0,0188	0,00062	0,007	0,0002
M2-1	9588732	554435	0,005	0,005	0,01	0,005	0,002	0,005	0,0037	0,36	0,12	0,2	0,0002
M2-2	9548532	554435	0,005	0,005	1,06	0,005	0,002	0,005	0,0033	0,01	0,08	0,1	0,0002
M2-4A	9553332	558885	0,005	0,006	0,03	0,005	0,005	0,005	0,0044	0,08	0,07	0,2	0,0002
M2-4B	9579772	559040	0,02	0,008	0,045	0,005	0,002	0,005	0,0009	0,05	0,22	0,3	0,0002
M2-5	9605636	559906	0,01	0,01	0,019	0,005	0,005	0,005	0,0008	0,03	0,15	0,2	0,0002
M2-6	9592070	589207	0,005	0,005	0,008	0,005	0,005	0,005	0,0004	0,03	0,12	0,2	0,0002
ECUA-1	9603255	652523	0,002	0,002	0,002	0,0043	0,002	0,002	0,0005	0,005	0,005	0,005	0,0002
ECUA-2	9595643	659744	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0005	0,005	0,011	0,005	0,0002
ECUA-3	9596666	653890	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0005	0,005	0,005	0,005	0,00024
ECUA-4	9590557	651542	2,39	0,174	0,02	0,0025	0,002	0,0032	0,0015	0,386	9	0,017	0,0003
ECUA-4A	9588705	653029	0,009	0,038	0,02	0,002	0,002	0,002	0,0005	0,157	0,921	0,005	0,0002
ECUA-5	9582829	655785	0,002	0,014	0,002	0,0023	0,002	0,002	0,0009	0,109	0,437	0,005	0,0002
ECUA-7	9573328	659351	0,002	0,006	0,002	0,0027	0,002	0,002	0,0005	0,007	0,04	0,005	0,0002
ECUA-8	9581050	665006	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0005	0,01	0,019	0,005	0,0002
ECUA-9	9593357	640165	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0005	0,005	0,099	0,005	0,0002
ECUA-9A	9585631	661196	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0007	0,005	0,041	0,005	0,0002
ECUA-10	9576413	617110	0,002	0,038	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0015	0,16	0,563	0,005	0,0002



- SÍMBOLOS**
- Estaciones de muestreo
 - ◻ Capital de Departamento
 - Capital de Distrito
 - Localidades
 - Límite de costa
 - Límite de cuenca
 - Límite internacional
 - ✈ Aeropuerto
 - ≡ Puente
 - ≡ Pozo
 - ≡ Bocatoma



REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

INGEMMET

MAPA DE MUESTREO DE AGUAS SUPERFICIALES Y METALES PESADOS

0 5 10 20 km
ESCALA 1 : 400,000

FUENTE: PROYECTO BINACIONAL PUYANGO-TUMBES. FIGURA N° 14

PAGINA EN BLANCO

Cuadro Nº 10.11
Resultados de los análisis químicos por metales pesados de muestras de agua de la cuenca del río Puyango-Tumbes

Código de muestra	Coordenadas		Cu mg/l	Pb mg/l	Zn mg/l	Ni mg/l	Cr mg/l	Co mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Fe mg/l	As mg/l	Hg mg/l
	Norte	Este											
M-1	9 605 796	559 134	<0,005	<0,005	0,02	0,01	<0,002	<0,005	<0,001	0,002	0,00128	0,008	<0,0002
M-2	9 611 905	557 620	<0,002	<0,005	<0,005	<0,005	<0,002	<0,005	<0,001	<0,001	0,00054	0,005	£0,0002
M-3	9 592 146	574 908	<0,005	<0,005	0,005	<0,005	<0,002	<0,005	<0,001	<0,001	0,000011	<0,002	<0,0002
M-4	9 590 887	561 733	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,002	<0,005	<0,001	0,257	<0,000005	0,003	<0,0002
M-5	9 582 527	573 933	<0,005	<0,005	0,006	<0,005	<0,002	<0,005	<0,001	0,0086	0,00075	0,006	<0,0002
M-6	9 582 100	572 500	<0,005	<0,005	£0,005	<0,005	<0,002	<0,005	<0,001	<0,001	0,00001	<0,002	<0,0002
M-7	9 587 179	565 814	<0,005	<0,005	0,006	<0,005	<0,002	<0,005	<0,001	<0,001	0,00011	0,003	<0,0002
M-8	9 581 501	558 690	0,018	0,028	0,013	<0,005	£0,002	<0,005	<0,001	0,0168	0,00062	0,007	<0,0002
M2-1	9 558 732	554 435	<0,005	<0,005	0,01	<0,005	0,002	<0,005	0,0037	0,36	0,12	0,2	<0,0002
M2-2	9 548 532	556 435	<0,005	<0,005	1,08	<0,005	<0,002	<0,005	0,0033	<0,01	0,05	±0,1	<0,0002
M2-4A	9 553 332	558 885	<0,005	0,006	0,03	<0,005	0,005	<0,005	0,0044	0,08	0,07	0,2	<0,0002
M2-4B	9 579 772	556 040	0,02	0,008	0,045	<0,005	<0,002	<0,005	0,0009	0,05	0,22	0,3	<0,0002
M2-5	9 605 636	559 906	0,01	0,01	0,019	<0,005	<0,005	0,005	0,0008	0,03	0,15	0,2	<0,0002
M2-6	9 592 070	589 207	<0,005	<0,005	0,008	<0,005	<0,005	<0,005	0,0004	0,03	0,12	0,2	<0,0002
ECUA-1	9 603 255	652 523	<0,002	<0,002	<0,002	0,0043	<0,002	<0,002	<0,0005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0002
ECUA-2	9 595 643	659 744	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,0005	<0,005	0,011	<0,005	<0,0002
ECUA-3	9 596 666	653 890	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,0005	<0,005	<0,005	<0,005	0,0002
ECUA-4	9 590 557	651 542	2,39	0,174	<0,002	0,0025	<0,002	0,003	0,0015	0,386	9	0,017	0,0003
ECUA-4A	9 588 705	653 029	0,009	0,038	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,0005	0,157	0,921	<0,005	<0,0002
ECUA-5	9 582 829	655 785	<0,002	0,014	<0,002	0,0023	<0,002	<0,002	0,0009	0,109	0,437	<0,005	<0,0002
ECUA-7	9 573 328	659 351	<0,002	0,006	<0,002	0,0027	<0,002	<0,002	<0,0005	0,007	0,04	<0,005	<0,0002
ECUA-8	9 581 050	665 006	<0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,0005	0,01	0,019	<0,005	<0,0002
ECUA-9	9 593 357	640 165	<0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	<0,0005	£0,005	0,099	<0,005	<0,0002
ECUA-9A	9 585 631	661 196	<0,002	0,003	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,0007	<0,005	0,041	<0,005	<0,0002
ECUA-10	9 576 413	617 110	<0,002	0,038	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,0015	0,16	0,563	<0,005	<0,0002

(Laboratorio del INGENMET-2004/2005)

Cuadro N° 10.12
Estándares internacionales de calidad de aguas para uso doméstico y agrícola-riego.

	Cationes (mg/l)											Aniones (mg/l)											Metales Pesados (mg/l)										
	Ca	Mg	Na	K	Al	Ba	Li	Sr	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	PO ₄	Cu	Pb	Zn	Fe	Mn	Ni	Co	Cr	Cd	As	Hg								
OMS			200		0,2	1				250	400	44,2			1	0,05	5	0,3	0,1			0,05	0,005	0,05	0,001								
CEE			150-175		0,2	0,1				25	25				0,1	0,5	0,1-3	0,3	0,05	0,1		0,005	0,005	0,05	0,001								
Canadá						1				250	500	44,2			1	0,05	5	0,3	0,05			0,05	0,005	0,05	0,001								
USA						1				250	250	44,2			1	0,05	5	0,3	0,05			0,05	0,01	0,05	0,002								
Norma Técnica Peruana (TINTEC, 1982)	75		100		0,2					600	400							0,3	0,1				0,003	0,05	0,001								
Perú Clase I (LGA)					0,2						400				1	0,05	5	0,3	0,1	0		0,05	0,01	0,1	0,002								
Ecuador (A.M 2144)						1						44,2			1	0,05	5		0,5	0,1			0,01	0,005	0,002								
Perú Clase III (LGA)												0,1			0,5	0,1	25		0,5			1	0,05	0,2	0,01								
Ecuador (A.M 2144)					5										0,2	0,05	2	5	0,2	0,2	0,05		0,1	0,01	0,1								
Canadá - Riego																0,2	5					0,005	0,005	0,1									
Canadá - Ganado																0,1	50					0,05	0,06	0,025	0,003								
FAO					5								5		0,2	5	2	5	0,2				0,01	0,1									
National Academy of Science 1972							2,5			350								5	0,2						0,1								



Foto N° 10.11 Zona de Rica Playa, donde se extrae agua del río sin ningún tratamiento para consumo humano. Obsérvese que el agua es llevada en galoneras de aceite y transportada en burro (Zegarra, mayo-2004).

Considerando las observaciones de campo y evaluando los resultados de los análisis físico-químicos, se determina lo siguiente:

Los valores de pH de las muestras de agua obtenidas se muestran en el Cuadro N° 10.14, donde se observa que se encuentran dentro de los estándares permisibles de Perú (pH: 5–9) y Ecuador (pH: 6–9) para aguas usadas en el consumo doméstico. También se encuentran dentro de los estándares para aguas usadas en agricultura-riego.

Las principales familias de agua de las muestras obtenidas en el estudio son bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas, cloruradas y/o sulfatadas sódicas, sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas, pudiendo esto observarse en los diagramas de Piper que se presentan en el informe (Figuras N° 15,16 y 17).

En el cuadro N° 10.13 se muestran los estándares internacionales de calidad de aguas para uso doméstico y agrícola-riego. Las muestras analizadas muestran lo siguiente:

Los valores de calcio (Ca) en dos muestras exceden al valor límite de la Norma Técnica Peruana (ITINTEC, 1982), la cual establece un valor de 75 mg/l para aguas de consumo doméstico. Estas muestras están identificadas con el código M-4 y M2-4A y presentan valores de 83 mg/l y 102 mg/l respectivamente. La muestra M-4 fue tomada en la margen izquierda del río Tumbes en el sector de Vaquería.

Tres muestras exceden el valor límite de sodio (Na), impuesta por la Norma Técnica Peruana (ITINTEC, 1982), la cual establece un valor de 100 mg/l, para aguas de consumo doméstico. Las muestras están codificadas con M-2, M-4 y M2-1 y presentan valores de 154 mg/l, 181 mg/l y 106 mg/l respectivamente. La muestra M-2 fue tomada en la margen derecha del río Tumbes, en la cuenca baja del río, cerca de la desembocadura. La muestra M-4 fue tomada en la margen izquierda del río Tumbes, en el sector de Vaquería.

Para el catión aluminio (Al), la Norma Técnica Peruana (ITINTEC, 1982), la Clase I de la Ley General de Aguas (D.L 17752) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), establecen un valor de 0,2 mg/l para consumo doméstico. Las normas de Ecuador (A.M 2144) y de la FAO (1992), establecen un valor de 5 mg/l para uso agrícola – riego. Cuatro muestras de agua exceden el valor de aluminio establecido para aguas de consumo doméstico. Estas muestras están identificadas con los códigos: M-5, con un valor de 0,328 mg/l; M-8, con un valor de 0,311 mg/l; Ecu-4 con un valor de 3,3 mg/l y Ecu-4A, con un valor de 0,6 mg/l. La muestra M-5 fue tomada en la quebrada Angostura; la muestra M-8 en la desembocadura de la quebrada La Capitana, lugar donde los pobladores se abastecen de agua para consumo doméstico. La muestra Ecu-4 fue tomada en el río Galeras, en el sector Sauche; la muestra Ecu-4A, en el río Amarillo, sector de Portovelo.

Cuadro N° 10.13
Estándares de pH permisibles para uso doméstico,
agrícola y riego

Estándares de pH Permisible para Consumo Doméstico	
Organismo/País	pH Permisible
OMS	6,5 - 8,5
CEE	6,5 - 8,5
Canadá	6,5 - 8,5
USA	6,5 - 8,5
Norma Técnica Peruana (ITINTEC, 1982)	6,5 - 8,5
Perú clase I (LGA, D.L 17752)	5-9
Ecuador (A.M 2144)	6-9
Estándares de pH Permisible para uso Agrícola y Riego	
Perú clase III (LGA, D.L 17752)	5-9
Ecuador (A.M 2144)	6-9
Canadá Riego	
Canadá Ganado	
V.G FAO (1992)	6,5 - 8,4
National Academy of Science, 1972	6,5 - 8,5
Uso Pecuario – Perú	5-9

El valor del anión sulfato ($\text{SO}_4^{=}$) establecido por la Norma Técnica Peruana (ITINTEC, 1982) y la Clase I de la Ley General de Aguas (D.L 17752) para aguas de uso doméstico es de 400 mg/l. Tres muestras de agua sobrepasan este valor, han sido identificadas con los siguientes códigos: M-2, esta muestra registra un valor de 416 mg/l, M-4 registra un valor de 2 266 mg/l y M-7 registra un valor de 556 mg/l.

La mayoría de las muestras analizadas exceden el valor del anión nitrato ($\text{NO}_3^{=}$), según la Clase III de la Ley General de Aguas de Perú, a excepción de las muestras M2-4A, Ecu-1, Ecu-2, Ecu-3, Ecu-7, Ecu-9, Ecu-9A, Ecu-10.

Para los metales pesados una muestra excede el estándar de cobre (Cu) de la Clase I de la Ley General de Aguas (D.L 17752) y la de Ecuador (A.M 2144) que establecen valores para aguas de uso doméstico de 1 mg/l y para riego de 0,5 y 0,2 mg/l respectivamente. Esta muestra ha sido identificada con el código Ecu-4 y presenta un valor de 2,39 mg/l.

Una muestra excede los valores estándares de plomo (Pb) establecidos por la Clase I de la Ley General de Aguas (D.L 17752) y por la norma ecuatoriana (A.M 2144) que establecen valores de 0,05 para aguas de uso doméstico y 0,1 para uso agrícola. Esta muestra ha sido codificada como Ecu 4 y presenta un valor de 0,174 mg/l.

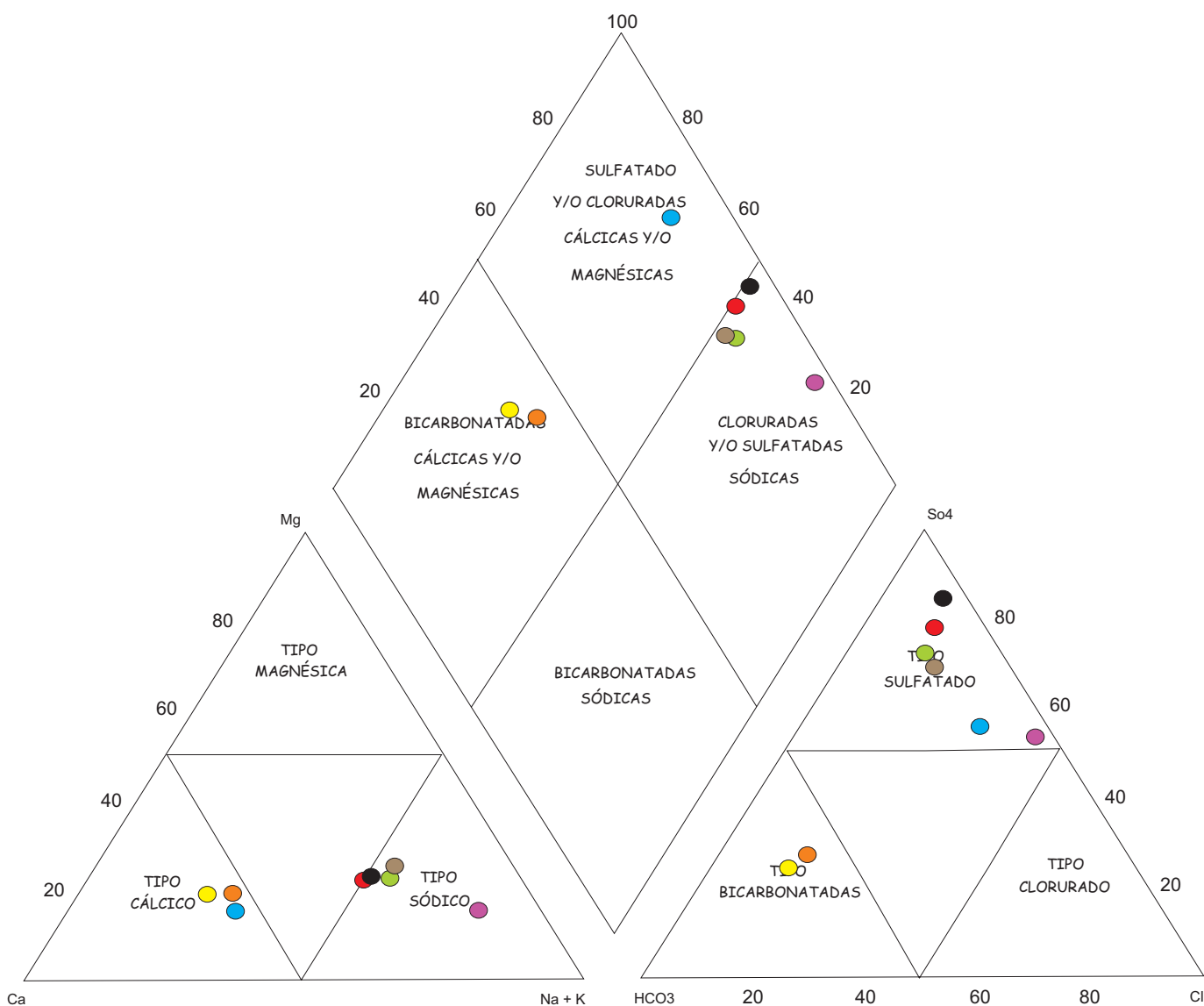
Cuadro N° 10.14
Valores de pH, TDS y CE, tomados en muestras de
agua recolectadas en la cuenca del río
Puyango – Tumbes

Código de muestra	pH	TDS mg/l	C.E uS/cm
M-1	6,2	80	160
M-2	6,8	535	1070
M-3	8,1	273	545
M-4	7,4	775	1548
M-5	7,2	45	89
M-6	7,9	243	485
M-7	7	341	680
M-8	7	42	83
M2-1	7,6	447	891
M2-2	7,6	321	641
M2-4A	7,5	525	1050
M2-4B	7,4	90	180
M2-5	7,2	93	185
M2-6	8	62	124
ECUA-1	7,3	26	52
ECUA-2	7	33	66
ECUA-3	7,7	33	66
ECUA-4	7,1	9	18
ECUA-4A	7	63	126
ECUA-5	6,6	3	6
ECUA-7	7	2	4
ECUA-8	6,8	2	4
ECUA-9	7,2	5	10
ECUA-9A	7,6	2	4
ECUA-10	7,2	7	14

Cuatro muestras exceden el estándar de hierro (Fe) de la Clase I de la Ley General de Aguas (D.L 17752) y la Norma Técnica Peruana (ITINTEC, 1982), las cuales establecen un valor de 0,3 mg/l para aguas de uso doméstico. La norma ecuatoriana (A.M 2144) para aguas de uso agrícola – riego establece un valor 5 mg/l. Estas muestras fueron codificadas como: Ecu-4 que presenta un valor de 9 mg/l; Ecu-4A con un valor de 0,921 mg/l; Ecu-5 con un valor de 0,437 mg/l y Ecu-10 mg/l con un valor de 0,563 mg/l.

Los estándares permitidos para manganeso (Mn) en aguas de consumo doméstico, son de 0,1 mg/l en la Norma Técnica Peruana (ITINTEC, 1982) y la Clase I de la Ley General de Aguas (D.L 17752); y de 0,5 mg/l en la norma ecuatoriana (A.M 2144);. Para aguas de uso agrícola – riego se establecen estándares de 0,5 mg/l para la Clase III de la Ley General de Aguas; y 0,2 mg/l en la norma ecuatoriana. Seis muestras sobrepasan estos estándares

Diagrama de Piper de las muestras tomadas en la cuenca del río Puyango - Tumbes



Leyenda

● Muestra 1	● Muestra 5
● Muestra 2	● Muestra 6
● Muestra 3	● Muestra 7
● Muestra 4	● Muestra 8

Fig. N° 15

Diagrama de Piper de las muestras tomadas en la cuenca del río Puyango - Tumbes

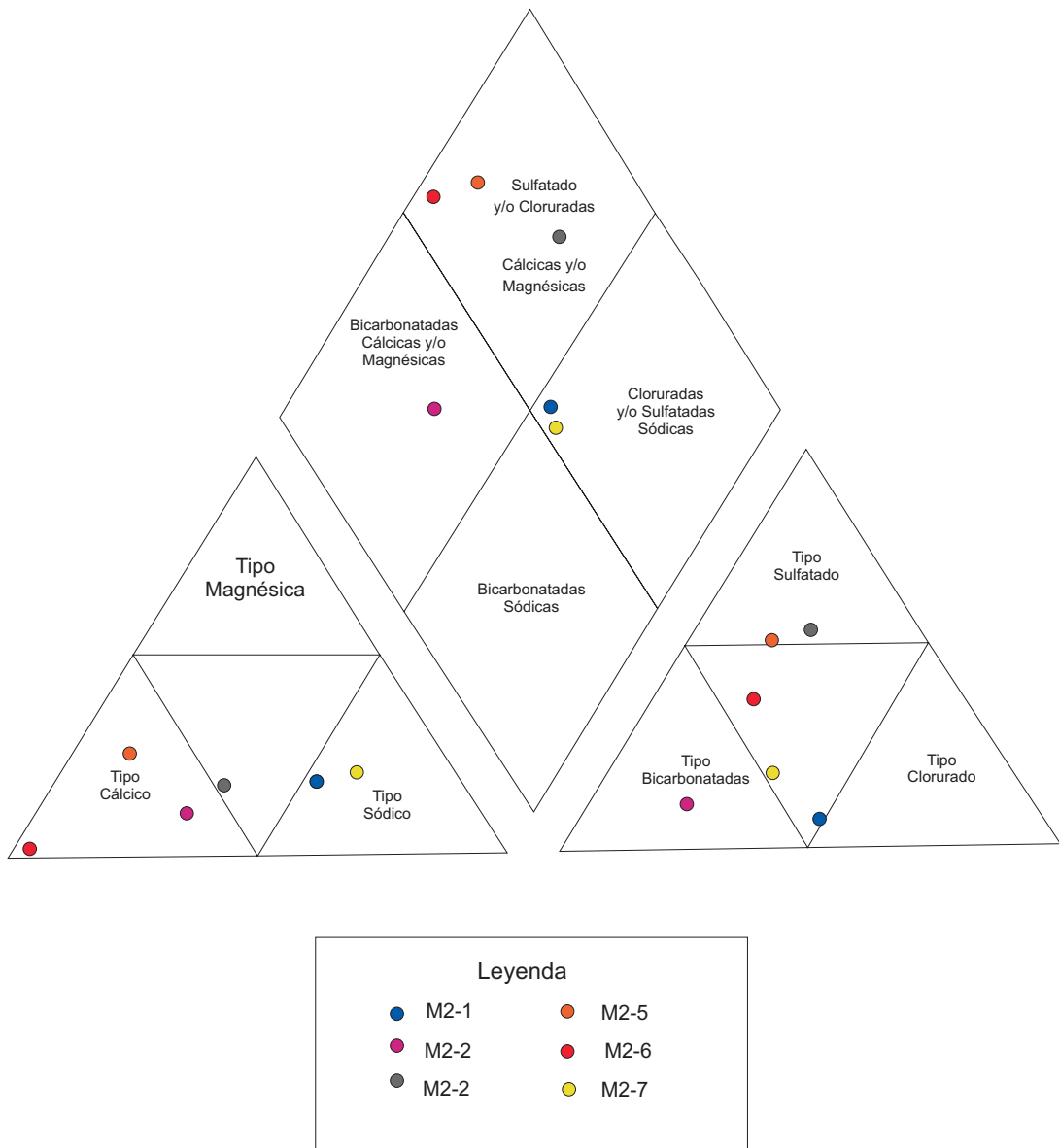
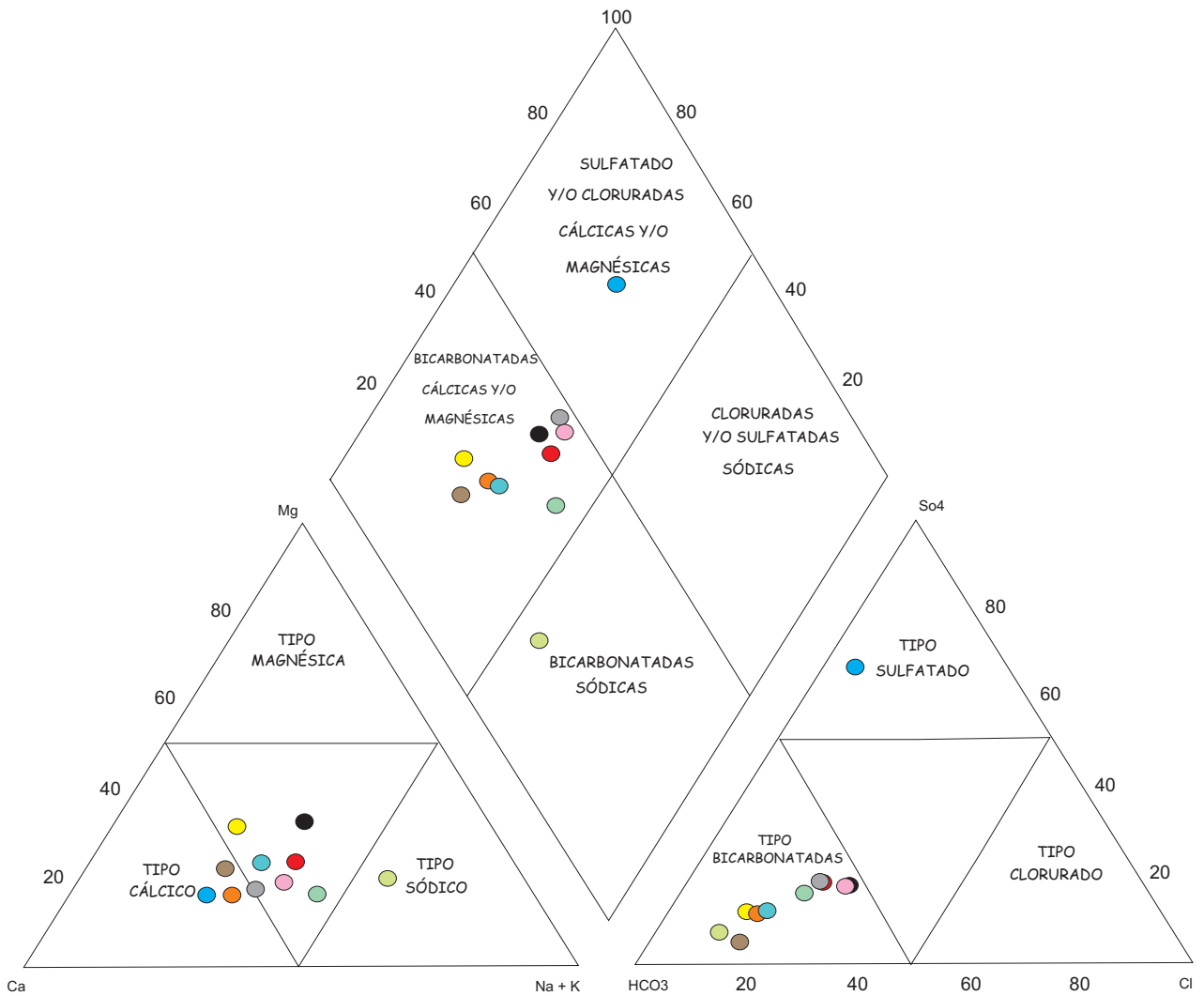


Fig. N° 16

Diagrama de Piper de las muestras tomadas en la cuenca del río Puyango-Tumbes



Leyenda	
● Ecu-1	● Ecu-7
● Ecu-2	● Ecu-8
● Ecu-3	● Ecu-9
● Ecu-4	● Ecu-9A
● Ecu-4A	● Ecu-10
● Ecu-5	

Fig. N° 17

Cuadro N° 10.15
Relación de adsorción de sodio en muestras de la
cuenca del río Puyango-Tumbes

Código de muestra	Na (me/l)	Ca (me/l)	Mg (me/l)	HCO ₃ (me/l)	Cl (me/l)	SAR
M-1	0,26	0,6	0,17	0,02	0,06	0,42
M-2	6,7	1,02	1,43	0,43	6,88	6,06
M-3	2,91	1,32	1,17	1,23	1,38	2,61
M-4	7,87	4,15	3,46	2,31	5,7	4,03
M-5	0,2	0,44	0,14	0,21	0,06	0,37
M-6	2,61	1,08	1,18	1,18	1,38	2,46
M-7	3,17	1,8	1,44	1,42	1,77	2,49
M-8	0,16	0,45	0,14	0,26	0,06	0,29
M2-1	4,61	2,45	1,61	2,63	2,76	3,24
M2-2	1,96	3,7	0,63	2,63	0,79	1,33
M2-4A	3,65	5,1	1,88	1,85	1,97	1,95
M2-4B	0,11	0,7	0,3	0,35	0,2	0,16
M2-5	0,51	15,9	0,21	0,42	0,2	0,18
M2-6	0,65	0,25	0,24	0,29	0,2	1,32
ECUA-1	0,15	0,26	0,09	0,13	0,06	0,36
ECUA-2	0,19	0,39	0,11	0,26	0,06	0,38
ECUA-3	0,13	0,32	0,22	0,28	0,06	0,25
ECUA-4	0,48	0,75	0,38	0,26	0,06	0,64
ECUA-4A	0,27	0,7	0,17	0,3	0,06	0,41
ECUA-5	0,15	0,2	0,11	0,13	0,06	0,38
ECUA-7	0,13	0,12	0,13	0,11	0,06	0,37
ECUA-8	0,14	0,18	0,08	0,11	0,06	0,4
ECUA-9	0,24	0,55	0,24	0,37	0,06	0,4
ECUA-9A	0,11	0,16	0,07	0,15	0,06	0,32
ECUA-10	0,27	0,1	0,18	0,41	0,06	0,73

establecidos, están identificadas con los códigos: M-4 (valor de 0,257 mg/l); M2-1 (valor de 0,36 mg/l); Ecu-4 (valor de 0,386 mg/l); Ecu-4A (valor de 0,157 mg/l); Ecu-5 (valor de 0,109 mg/l); Ecu-10 (valor de 0,160 mg/l).

Una muestra sobrepasa el estándar para níquel (Ni) de la Clase I de la Ley General de Aguas (ITINTEC, 1982), la cual establece un valor de 0,002 mg/l para aguas de uso doméstico. Esta muestra esta codificada como M-1 y presenta un valor de 0,01 mg/l.

El estándar propuesto por la Norma Técnica Peruana (ITINTEC, 1982) establece un valor para cadmio (Cd) de 0,003 mg/l. La muestra codificada como M2-4A presenta un valor de 0,0044 mg/l.

En este informe se adjunta el Mapa de Ubicación de los puntos de muestreo (Figura N° 13).

La FAO ha propuesto algunos parámetros para evaluar la calidad de aguas destinadas a irrigación, los cuales tienen mucha

importancia en lo referente a la cantidad y calidad de los productos agrícolas y el mantenimiento de la productividad de suelos. Los parámetros más significativos son: Sólidos Totales Disueltos (T.D.S) y el Ratio de Adsorción de Sodio (SAR).

Los estándares para el Total de Sólidos Disueltos (T.D.S) de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la norma ecuatoriana (A.M 2144) para aguas de consumo doméstico establecen 1000 mg/l. El estándar de la FAO (1992), para aguas de uso agrícola – riego establece un valor de 450 mg/l. En el análisis de las muestras de agua tomadas en la cuenca del río Puyango – Tumbes, se encontraron 3 muestras identificadas con los códigos M-2 (con un valor de 535 mg/l), M-4 (con un valor de 775 mg/l) y M2-4A (con un valor de 525 mg/l) que exceden el estándar establecido por la FAO para aguas de uso agrícola – riego.

Los altos valores de sodio pueden afectar la calidad de los suelos agrícolas. Las aguas destinadas para esta actividad deben ser evaluadas por la Relación de Adsorción de Sodio (SAR):

$$SAR = \frac{Na(me/l)}{\sqrt{\frac{Ca(me/l) + Mg(me/l)}{2}}}$$

donde las concentraciones de Na, Ca y Mg se expresan en miliequivalente por litro (me/l).

En el Cuadro N° 10.16 se muestra el valor del SAR obtenido en muestras de la cuenca del río Puyango – Tumbes.

Las aguas para irrigación que contienen valores altos de determinados iones pueden causar problemas de intoxicación de cultivos, reduciendo la cantidad y calidad de cosecha y hasta matarlos. Los iones más tóxicos para los cultivos son B, Cl, Na, As, Cd, Cu y Zn.

Los valores de la Relación de Adsorción de Sodio (SAR) muestran que las aguas se encuentran dentro del rango de excelente para uso agrícola. En el Cuadro N° 10.17, elaborado de acuerdo a la Clasificación de las Aguas para Riego del Laboratorio de Riverside (EEUU), se muestra la calidad del agua para uso agrícola en la cuenca donde se han encontrado los siguientes tipos: C1-S1, C2-S1, C3-S1.

C1-S1: Aguas con peligro de salinidad y sodio bajo.

C2-S1: Aguas con peligro de salinidad media y peligro de sodio bajo. Estas aguas son de calidad buena para cultivos que toleran moderadamente la sal.

C3-S1: Aguas con peligro de salinidad alto y peligro de sodio bajo.

Cuadro N° 10.16
Clasificación por relación de adsorción de sodio (SAR), riesgo de salinización y
alcalinización basada en el laboratorio de Riverside (USA)

Código de muestra	CE	SAR	Tipo de agua	Clasificación	Salinización	Alcalinización
M-1	160	0,42	Excelente	C1-S1	Bajo	Bajo
M-2	1 070	6,06	Excelente	C3-S1	Alto	Bajo
M-3	545	2,61	Excelente	C2-S1	Medio	Bajo
M-4	1 548	4,03	Excelente	C3-S1	Alto	Bajo
M-5	89	0,37	Excelente	C1-S1	Bajo	Bajo
M-6	485	2,46	Excelente	C2-S1	Medio	Bajo
M-7	680	2,49	Excelente	C2-S1	Medio	Bajo
M-8	83	0,29	Excelente	C1-S1	Bajo	Bajo
M2-1	891	3,24	Excelente	C3-S1	Alto	Bajo
M2-2	641	1,33	Excelente	C2-S1	Medio	Bajo
M2-4A	1 050	1,95	Excelente	C3-S1	Alto	Bajo
M2-4B	180	0,16	Excelente	C1-S1	Bajo	Bajo
M2-5	185	0,18	Excelente	C1-S1	Bajo	Bajo
M2-6	124	1,32	Excelente	C1-S1	Bajo	Bajo
ECUA-1	52	0,36	Excelente	C1-S1	Bajo	Bajo
ECUA-2	66	0,38	Excelente	C1-S1	Bajo	Bajo
ECUA-3	66	0,25	Excelente	C1-S1	Bajo	Bajo
ECUA-4	18	0,64	Excelente	C1-S1	Bajo	Bajo
ECUA-4A	126	0,41	Excelente	C1-S1	Bajo	Bajo
ECUA-5	6	0,38	Excelente	C1-S1	Bajo	Bajo
ECUA-7	4	0,37	Excelente	C1-S1	Bajo	Bajo
ECUA-8	4	0,4	Excelente	C1-S1	Bajo	Bajo
ECUA-9	10	0,4	Excelente	C1-S1	Bajo	Bajo
ECUA-9A	4	0,32	Excelente	C1-S1	Bajo	Bajo
ECUA-10	14	0,73	Excelente	C1-S1	Bajo	Bajo

El diagrama logarítmico de Schoeller nos permite determinar la potabilidad del agua, una vez interpolados los valores de contenidos de Ca, Mg, Na(+K), Cl, SO₄, HCO₃, pH. Los diagramas de Schoeller de las muestras tomadas en la cuenca del río Puyango – Tumbes se muestran en las Figuras N° 18, 19 y 20.

De la Figura N° 18, se puede decir lo siguiente:

La muestra M-1, presenta un pH que la cataloga con una potabilidad mala, pero sin embargo presenta contenidos de los otros elementos entre *bueno y aceptable*.

Las muestras M-5, M-4, M-6, M-3 presentan valores de Ca, Mg, Na (+K), Cl, SO₄, HCO₃ y pH que las catalogan con una *potabilidad buena*.

Las muestras M-2, M-7 y M-8 presentan valores de Ca, Mg, Na (+K), Cl, SO₄, HCO₃ y pH que las catalogan con una *potabilidad aceptable*.

De la Figura N° 19, se puede decir lo siguiente:

Todas las muestras graficadas en esta figura, presentan valores de Ca, Mg, Na (+K), Cl, SO₄, HCO₃ y pH que las catalogan con *potabilidad buena*.

De la Figura N° 20, se puede deducir lo siguiente:

Todas las muestras graficadas en esta figura, han sido tomadas en territorio ecuatoriano de la cuenca y presentan valores de Ca, Mg, Na (+K), Cl, SO₄, HCO₃ que las catalogarían con potabilidad buena, sin embargo, los valores de pH catalogan a las muestras M-4 y M-8 con una potabilidad aceptable y la muestra M-5 con una potabilidad mediocre.

En el ámbito de la cuenca del río Puyango – Tumbes se realizan diversas actividades como minería, agricultura, ganadería ; estos factores hacen que la calidad del agua se vea afectada.

El aprovechamiento desordenado del agua y en general de los recursos naturales, está generando situaciones conflictivas, enfrentando a los habitantes de las zonas alta, media y baja de una misma cuenca, con problemas asociados por:

- Degradación de los recursos naturales de la cuenca.
- Incremento de los problemas de drenaje y/o salinidad en el valle; derivado del uso inadecuado del agua y por la excesiva demanda de agua especialmente para riego, por siembra de cultivos de alto consumo (caso del arroz).
- Incremento de los problemas de contaminación del agua (químico y biológico) por el crecimiento de las ciudades.
- Mala calidad de agua para fines de riego tecnificado (sedimentos).
- Mal estado de conservación de la infraestructura menor de riego y drenaje, por insuficientes e inadecuadas actividades de operación y mantenimiento.
- Elevada vulnerabilidad de la infraestructura a inundaciones y erosiones.
- Falta de medidas y medios para la previsión de eventos climatológicos extraordinarios.

Diagrama logarítmico de Schoeller para potabilidad de muestras de agua de la cuenca del río Puyango-Tumbes

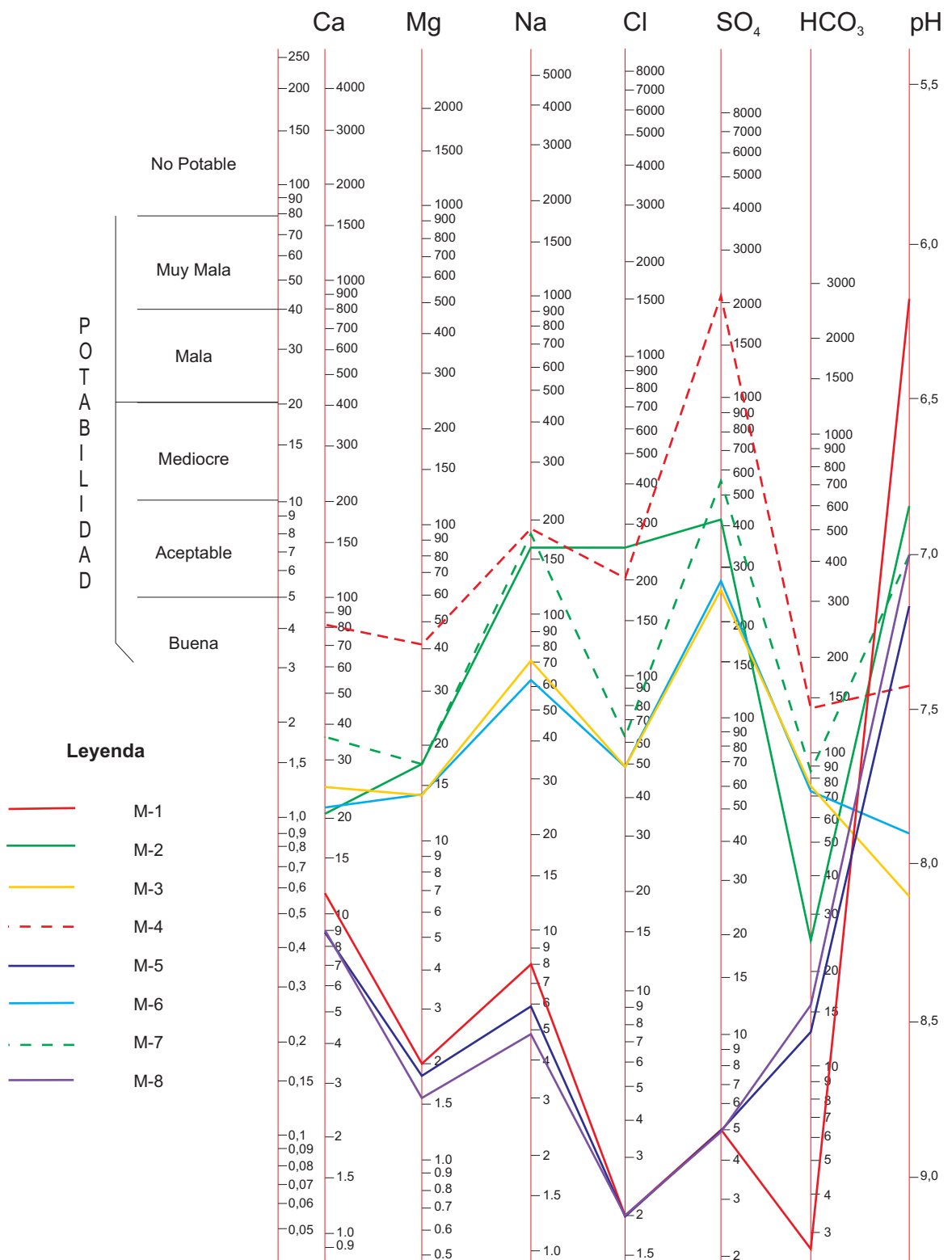


Fig. N° 18

Diagrama logarítmico de Schoeller para potabilidad de muestras de agua de la cuenca del río Puyango-Tumbes

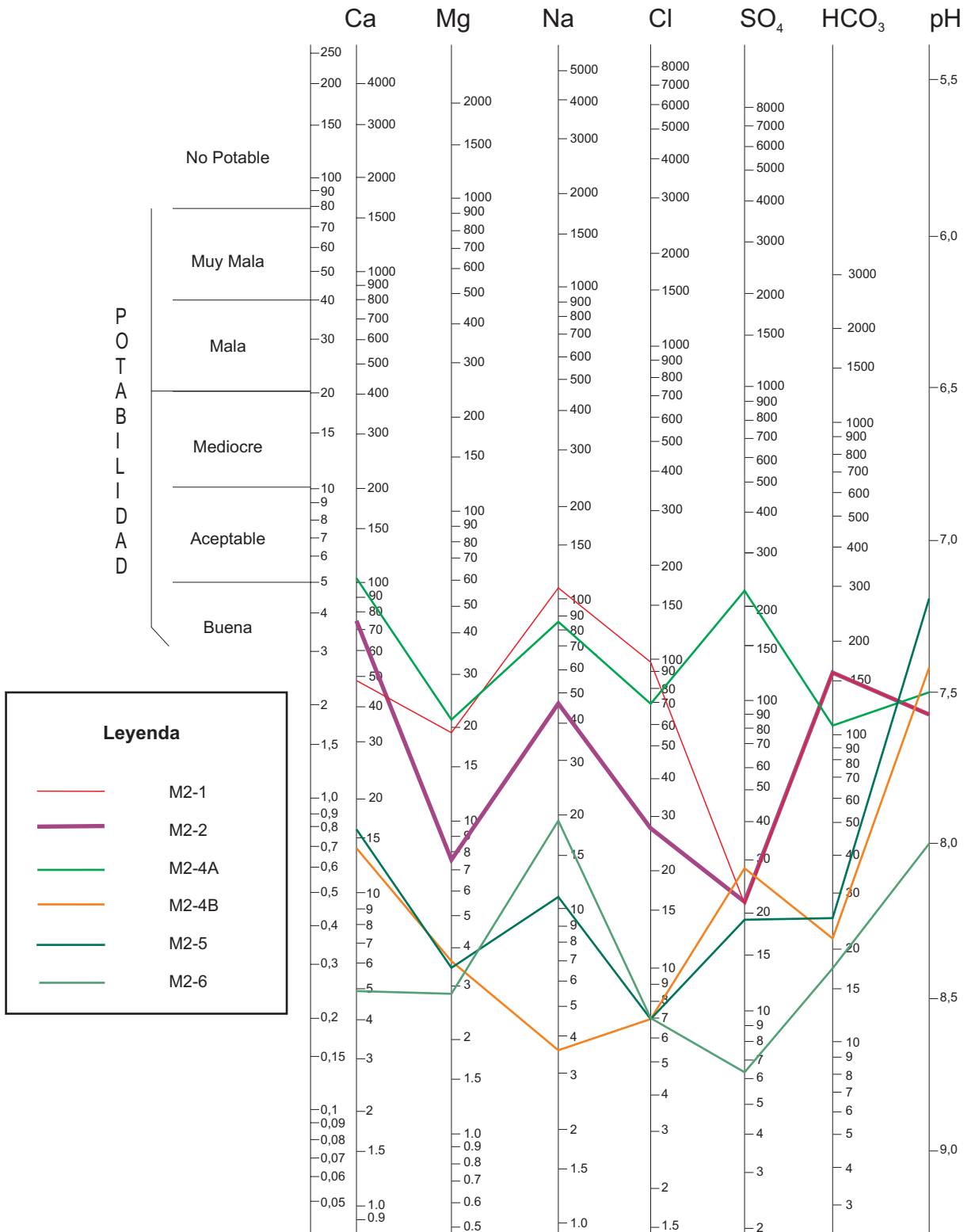


Fig. N° 19

Diagrama logarítmico de Schoeller para potabilidad de muestras de agua de la cuenca del río Puyango-Tumbes

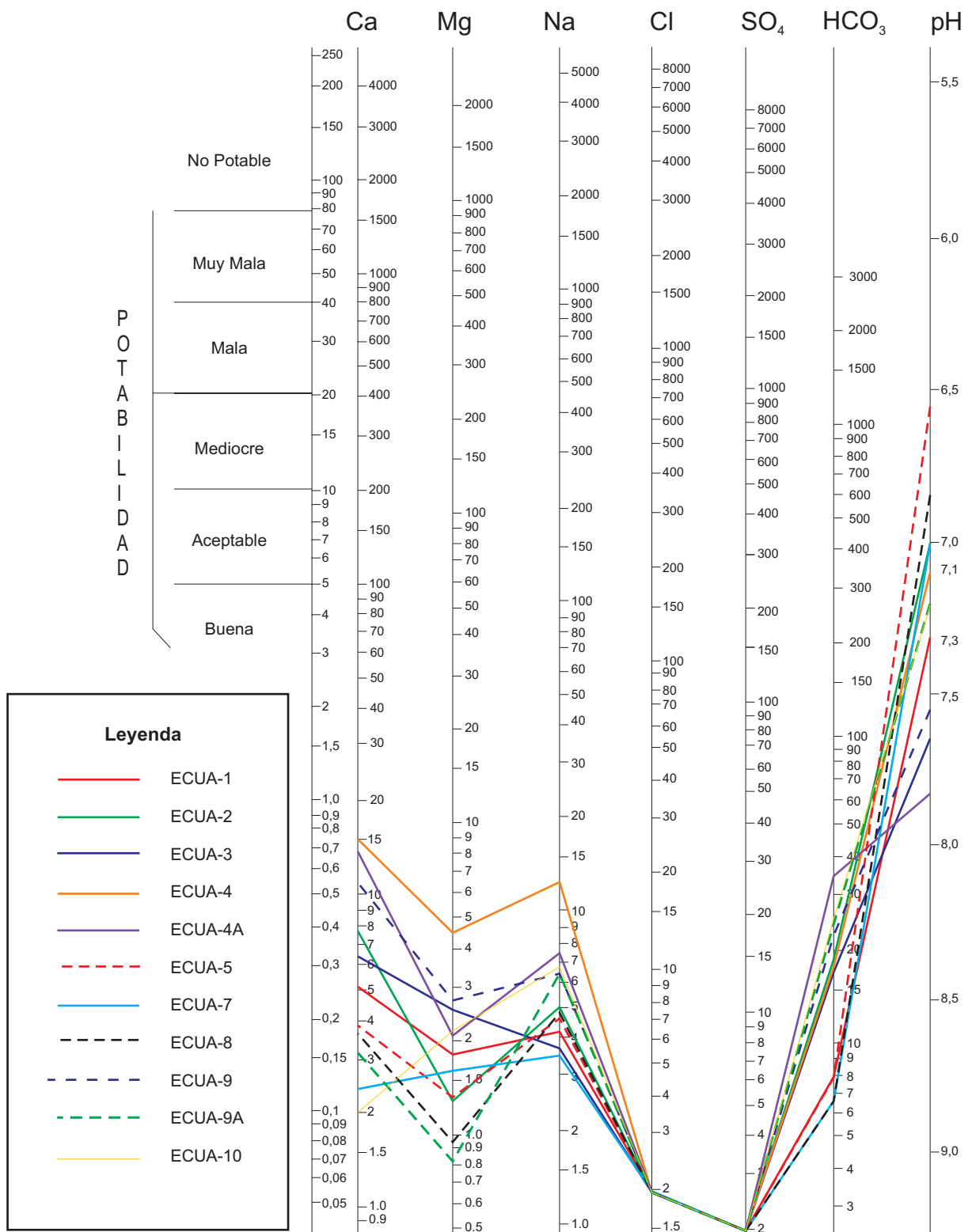


Fig. N° 20

CAPÍTULO XI

VULNERABILIDAD DE LA CUENCA Y ZONAS CRÍTICAS

GENERALIDADES

En términos generales, la «**vulnerabilidad**» se entiende como exposición de las personas, la propiedad, obras de infraestructura y su medio a los efectos de un peligro. Condición determinada por factores o procesos físicos, sociales, económicos, y ambientales, que aumentan el riesgo de una comunidad al impacto de los peligros naturales.

Para el presente caso trataremos solamente los peligros geológicos, como procesos de remoción en masa (deslizamientos, derrumbes, flujos, etc.) y los fenómenos hidrometeorológicos (inundaciones y erosiones fluviales), que afectan a centros poblados y obras de infraestructura.

EVALUACIÓN DE CENTROS POBLADOS

En la parte peruana, la ciudad de Tumbes y algunos centros poblados están expuestos a peligros geológicos, especialmente cuando se presenta el fenómeno El Niño.

En los últimos años las poblaciones están creciendo sin ningún control urbano, ocupando muchas veces, lugares vulnerables a los fenómenos geodinámicos. Es decir construyen sus viviendas u obras de infraestructura en zonas de quebradas, en zonas inestables, etc.

Si bien es cierto que las ciudades están creciendo a un ritmo acelerado, especialmente las capitales de provincias por la constante migración de la población rural a la ciudad, a esto los gobiernos no han puesto control. Los gobiernos regionales y locales, no deben permitir que los nuevos asentamientos humanos se ubiquen en zonas vulnerables a fenómenos geodinámicos o climáticas como siempre sucede en la cuenca. Se debe educar a la comunidad para convivir con los peligros geológicos, porque éstos siempre se van a presentar, y es necesario aprender a afrontarlos.

Con la adopción de buenas políticas de educación ambiental en lo concerniente a peligros naturales se contribuirá al desarrollo

socioeconómico de la cuenca. Se reducirán pérdidas materiales y sobre todo humanas.

Se analizaron los centros poblados que pueden ser afectados por peligros geológicos o hidrometeorológicos, con el apoyo de una ficha que fue usada en campo. Se presenta un resumen en el Cuadro N° 11.1 donde se muestran los centros poblados afectados o que pueden ser afectados por peligros geológicos.

- **Localidad /Distrito /Código:** Se colocará la localidad donde se produjo el fenómeno, el distrito (Perú) ó parroquia (Ecuador) al que pertenece, el código se refiere al número que se ha consignado cuando se realizó el inventario de peligros geológicos.
- **Características socioeconómicas:** número de habitantes, características de las viviendas, servicios básicos, infraestructura educativa, usos del territorio, crecimiento poblacional urbano/rural.
- **Características geológicas del lugar:** morfología, substrato o terreno de fundación, hidrología subterránea.
- **Peligros geológicos que lo afectan:** tipo, causas, recurrencia y fechas de eventos peligrosos y el grado de peligro.
- **Vulnerabilidad:** Se describirán los daños ocasionados y los que pueden ocasionar, se determinará también su grado.

El Cuadro N° 11.1, resume las características de los principales poblados evaluados en la cuenca (con ocurrencia anterior y/o probable de eventos peligrosos, que afectan o afectarían su seguridad física), dándose énfasis a sus características socioeconómicas, rasgos geológicos, tipos de peligros geológicos que la comprometen y su vulnerabilidad.

Del análisis del cuadro se puede deducir lo siguiente:

Cuadro Nº 11.1
Vulnerabilidad de centros poblados

Localidad / Distrito / Código	Características Socioeconómicas			Características Geológicas			Peligros que la afectan		Vulnerabilidad	
	Característ. de viviendas	Área de expansión	Uso del territorio	Morfología	Suelo / Substrato	Hidrología principal	Tipo de peligros geológicos	Grado	Daños ocasionados o probables	Grado
Parte Peruana										
A. H. Las Malvinas de la Cruz La Cruz 76322001	Adobe 80 %; ladrillo 15 %, madera 5 %.	Restringida, prohibida.	Urbana.	Ladera y planicie	Arena, limo, grava y arcilla.	Río Tumbes	Deslizamiento originado en 1983 se reactivó en 1998. Se presentan también erosión en cárcavas.	Alto	En el año 1983 afectó a dos viviendas, en 1998 se reactivó y afectó a centro educativo. Puede afectar viviendas y centro educativo.	Alto.
San Pedro de Los Incas. Tumbes 86312001	Ladrillo 80 %, quincha 20%.	Restringida, prohibida	Urbana y terrenos de cultivo.	Ladera y quebrada.	Arena, limo y grava.	Quebrada Colorado.	Huayco y erosión en cárcavas.	Alto	En los años 1983 y 1998 afectó viviendas, carretera de acceso y terrenos de cultivo.	Alto
Caserío Higuieron Tumbes 86312002	Quincha 95 %, adobe 5 %	Reducida, fuera del área de influencia de la quebrada.	Urbana y terrenos de cultivo.	Quebrada y planicie.	Arena, limo y grava.	Quebrada Hualaca Higuieron.	Huayco, erosión en cárcavas y flujos de lodo.	Medio	En los años 1983 y 1998 afectó viviendas, carretera de acceso y terrenos de cultivo.	Alto
Sector San José La Cruz 76322002	Quincha 95 %, adobe 5 %	Reducida, fuera del área de influencia de la quebrada.	Urbana.	Ladera.	Arena, limo, arcilla y grava.	Río Tumbes.	Deslizamiento, originado en 1983, se reactivó en 1998, se presentan también flujos y erosión en cárcavas.	Alto	En los años 1983 y 1998 afectó viviendas, carretera de acceso y terrenos de cultivo.	Alto
Los Cedros Tumbes 76322003	Quincha 90 %, adobe 10 %.	Reducida, fuera del área de influencia de la quebrada.	Urbana.	Ladera y quebrada.	Arena, limo, arcilla y grava.	Río Tumbes.	Deslizamiento, originado en 1983, se reactivó en 1998, se presentan también flujos y erosión en cárcavas.	Alto	En los años 1983 y 1998 afectó viviendas, carretera de acceso y terrenos de cultivo.	Alto
Caserío Pedro El Viejo Tumbes 76321004	Quincha 90 %, adobe 10 %.	Reducida.	Urbana y terrenos de cultivo.	Ladera.	Arena, grava y limo.	Río Tumbes.	Derrumbes, originaron que el caserío de Pedro El Viejo esté reubicado, afectó viviendas.	Alto	En el año 1998 se produjo derrumbes, reubicaron caserío	Bajo.
La Jota Tumbes 76322005	Quincha 90 %, adobe 10 %.	Reducida, fuera del área de influencia de la quebrada.	Urbana y terrenos de cultivo.	Ladera y quebrada.	Arena, grava y limo.	Quebrada La Jota.	Flujos de lodo y huaycos.	Alto	En el año 1998 afectó viviendas aleñañas a la quebrada y Carretera Panamericana Norte.	Medio.
Oidor San Jacinto 86312003	Quincha 80 %, ladrillo 20 %.	Reducida, fuera del área de influencia de la quebrada.	Urbana y terrenos de cultivo.	Ladera y quebrada.	Arena, grava, limo y arcilla.	Quebrada Oidor.	Huaycos y flujos de lodo, erosión en cárcavas.	Media	En el 1998 afectó viviendas aleñañas a la quebrada, y carretera a Rica Playa.	Alto.

Localidad / Distrito / Código	Características Socioeconómicas				Características Geológicas				Peligros que la afectan			Vulnerabilidad	
	Característ. de viviendas	Área de expansión	Uso del territorio	Morfología	Suelo / Substrato	Hidrología principal	Tipo de peligros geológicos	Grado	Daños ocasionados o probables	Grado	Grado		
San Francisco Corrales 86312004	Quincha 70 %, ladrillo 20 %, adobe 10 %.	Reducida, fuera del área de influencia de la quebrada.	Urbana y terrenos de cultivo	Quebrada y ladera.	Arena, limo, grava y arcilla	Quebrada San Francisco.	Flujos de lodo, huaycos y erosión en cárcavas.	Media	Puede afectar a viviendas ubicadas en cauce.	Alto	Alto		
Quebrada Hualaca San Jacinto 86312005	Quincha 80 %, ladrillo 15 %, adobe 5 %.	Reducida.	Urbana y terrenos de cultivo.	Quebrada.	Arena, limo y grava.	Quebrada Hualaca.	Flujos de lodo, huayco y erosión de laderas.	Alto	Afectó viviendas, terrenos de cultivos y carretera de acceso.	Media	Media		
San Pedro de los Incas Corrales 86312006	Ladrillo 70 %, adobe 20 %, quincha 10 %.	Reducida.	Urbana.	Quebrada y planicie.	Arena, limo, grava y arcilla.	Quebrada Colorado.	Flujos de lodo, huayco y erosión de laderas.	Alto	Fenómenos El Niño afectó viviendas y carretera de acceso	Alta	Alta		
Casa Blanqueada San Jacinto 86312007	Quincha 80 %, adobe 15 %, quincha 5 %.	Reducida.	Urbana y terrenos de cultivo.	Ladera y quebrada.	Arena, limo, grava y arcilla.	Río Tumbes.	Erosión en cárcavas y flujos.	Medio	Fenómeno El Niño afectó viviendas.	Alto.	Alto.		
Tumbes Tumbes 86312008	Material noble.	Reducida.	Urbana.	Terraza.	Arena y limo.	Río Tumbes.	Inundaciones y erosión fluvial.	Medio	Fenómeno El Niño afectó viviendas.	Alto	Alto		
San Juan de La Virgen. 86312009	Ladrillo 60 %, adobe 15 %, quincha 15 %, madera 10 %	Reducida.	Urbana y terrenos de cultivo.	Quebrada.	Arena, limo, grava y arcilla.	Quebrada San Juan.	Flujos de lodo y erosión en cárcavas.	Medio	Fenómenos El Niño afectó viviendas.	Alto	Alto		
Garbanzal San Juan de La Virgen. 86312010	Ladrillo 30 %, adobe 40 %, quincha 40 %.	Reducida.	Urbana y terrenos de cultivo.	Planicie.	Arena, limo, grava y arcilla.	Río Tumbes.	Flujos de lodo y erosión en cárcavas con flujos.	Medio	Fenómeno El Niño afectó viviendas.	Alto.	Alto.		
Cristales San Juan de La Virgen. 86312011	Ladrillo 30 %, adobe 40 %, quincha 40 %.	Reducida.	Urbana y terrenos de cultivo.	Planicie.	Arena, limo, grava y arcilla.	Quebrada Cristales.	Flujos de lodo y erosión en cárcavas con flujos.	Medio	Fenómeno El Niño afectó viviendas y carretera de acceso.	Alto.	Alto.		
San Francisco Corrales 86312012	Material rústico.	Reducida.	Urbana y terrenos de cultivo.	Quebrada y planicie.	Arena, limo, grava y arcilla.	Río Tumbes.	Flujos de lodo, alimentados por erosión en cárcavas.	Medio	Fenómeno El Niño afectó viviendas y carretera de acceso.	Alto.	Alto.		

Localidad / Distrito / Código	Características Socioeconómicas			Características Geológicas			Peligros que la afectan			Vulnerabilidad	
	Característ. de viviendas	Área de expansión	Uso del territorio	Morfología	Suelo / Substrato	Hidrología principal	Tipo de peligros geológicos	Grado	Daños ocasionados o probables	Grado	
Santa María Pampas de Hospital 86312013	Material rústico.	Reducida.	Urbana y terrenos de cultivo.	Planicie y quebradas pequeñas.	Arenas, limos, grava y arcilla.	Río Tumbes.	Erosión de laderas con flujos.	Medio	Fenómeno El Niño, afectó viviendas y terrenos de cultivos.	Alto.	
Parte Ecuatoriana											
Puente Puyango Puyango Ecua-pp-001	Material noble.	Prohibida.	Urbana.	Terraza.	Gravas, bolones, arenas y limos.	Río Puyango.	Deslizamiento.	Alto.	Puede afectar vivienda ubicada en el cuerpo del deslizamiento y carretera de acceso a Bosque Petrificado de Puyango.	Alto	
28 de Noviembre Salati Ecua-pp-002	Material noble.	Prohibida.	Urbana y áreas mineras.	Terraza.	Gravas, bolones, arenas y limos.	Río Galeras.	Erosión fluvial e inundaciones.	Alto.	Cuando crece el río, afecta viviendas y botaderos de desmonte y relaves.	Alto.	
Portovelo Portovelo Ecua-pp-003	Material noble.	Restringida.	Urbana y áreas mineras.	Terraza.	Gravas, bolones, arenas y limos.	Río Portovelo.	Erosión fluvial e inundaciones.	Alto.	Cuando crece el río, afecta viviendas y botaderos de desmonte y relaves.	Alto.	
Galeras Portovelo Ecua-pp-004	Material noble y rústico.	Restringida.	Urbana y áreas mineras.	Terraza.	Gravas, bolones, arenas y limos.	Río Galeras.	Erosión fluvial e inundaciones.	Alto.	Cuando crece el río, afecta viviendas y botaderos de desmonte y relaves.	Alto.	



Fotos N° 11.1 Deslizamiento que está afectando al Centro Educativo del A. H. La Cruz. (S. Núñez, julio-2004)



Foto N° 11.2 Flujo de lodo que pasa por la quebrada San Juan, se presenta generalmente con el fenómeno El Niño o con lluvias de tipo excepcional. Esta quebrada se encuentra canalizada. (S. Núñez, mayo-2004).



Foto N° 11.3 Sector de Garbanzal, en tiempos del fenómeno El Niño se presentan flujos de lodo que afectan viviendas y carretera de acceso, estas pequeñas quebradas son producto de los fenómenos de erosión en cárcavas. (S. Núñez, mayo-2004).



Foto N° 11.4 Flujo de lodo que discurre por la quebrada Colorado afectando al sector de San Pedro de Los Incas. (S. Núñez, julio-2004).



Foto N° 11.5 Flujo de lodo sobre la quebrada Cristales, en tiempo de lluvias excepcionales afecta al poblado del mismo nombre. (S. Núñez, mayo-2004).



Foto N° 11.6 Quebrada Higuierón canalizada con gaviones, cuando se presenta el fenómeno El Niño se activa afectando viviendas y terrenos de cultivo adyacentes. (S. Núñez, julio-2004).



Foto N° 11.7 Zonas inundables del río Tumbes, en la margen derecha se han construido muros de contención, los cuales están protegiendo a la ciudad. (S. Núñez, abril-2004).



Fotos N° 11.8 Zonas de erosión e inundación fluvial, por la dinámica del río Amarillo, sector de Portovelo Ecuador. (S. Núñez, diciembre-2004).



Foto N° 11.9 Zona de erosión fluvial e inundación fluvial, donde el río afecta viviendas del centro poblado Galeras y riberas que se localizan en la terraza inferior, las defensas ribereñas no cumplen su misión. (Núñez S., noviembre-2004).

OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

Para la evaluación de la vulnerabilidad de las obras de infraestructura, se realizó un inventario de las principales obras de infraestructura no lineales donde se incluyen los puentes, para ello se contó con una ficha, en la cual se consigna la siguiente información:

- **Codificación:** De acuerdo al cuadrángulo, cuadrante, número de formato de ficha y número correlativo de inventario de los centros poblados.
- **Ubicación geográfica:** Localidad o paraje, distrito, provincia, región, coordenadas UTM, altitud, cuenca hidrográfica.
- **Tipo de obra y descripción:** Tipo y descripción física de la obra de ingeniería (puente, central hidroeléctrica, bocatoma, presa, etc.); denominación.
- **Características geológicas del lugar:** Morfología, características del substrato o terreno de fundación, hidrología.
- **Peligros geológicos que lo afectan:** Tipos, causas, recurrencia y fechas de eventos peligrosos; estabilidad de la obra.
- **Calificación del riesgo:** Grado de peligro y vulnerabilidad de la obra.
- **Observaciones y recomendaciones:** Recomendaciones para su protección.

En el Cuadro N° 11.2, se resume las características de las principales obras de ingeniería evaluadas (70) en la cuenca, cuya seguridad física está o puede ser comprometida por un evento peligroso.

Se describe sucintamente, para cada obra de ingeniería, el tipo y características principales de la obra, localidades a quienes beneficia, las características geológico-geotécnicas del lugar, los peligros geológicos anteriores o probables que comprometen su seguridad física y el grado de estabilidad.

Resumiendo y analizando el cuadro se tiene que:

- Los puentes son obras de infraestructura inventariadas en mayor número. Son de diferente tipo, diseño y longitud, generalmente cimentados sobre depósitos aluviofluviales y proluviales. Son afectados en sus estribos por fenómenos de erosión fluvial y flujos.
- Evaluación de las diferentes obras de infraestructura, tales como: bocatomas, planta de tratamiento de agua potable, etc., y se hace un comentario de estas obras.

EVALUACIÓN DE ZONAS CRÍTICAS

En la evaluación de zonas críticas, se resalta las áreas o lugares, que agrupan peligros geológicos de alto grado, donde la vulnerabilidad a la que está expuesta la infraestructura, centros poblados, etc. es alta y estos peligros se consideran con riesgo potencial de generar desastres. Es necesario se realicen obras de prevención y/o mitigación.

Cuadro N° 11.2
Vulnerabilidad de obras de ingeniería no lineales

Código de inventario	Denominación/Características de la obra	Localidades beneficiadas	Características Geológico-Geotécnicas del lugar		Peligros Geológicos anteriores o probables que la comprometen	Estabilidad de la obra
			Morfología			
			Suelo/Substrato	Descripción		
Puentes						
86315001	Puente Tumbes, estructura de metal de tres pilares centrales, estribos de concreto armado.	Tumbes.	Valle fluvial.	Aluvial.	Flujo, inundación y erosión fluvial.	Medio. Estable.
86315004	Puente Aeropuerto, de concreto asfaltado con dos pilares centrales, presenta protecciones de muros de mampostería.	Tumbes.	Valle fluvial.	Aluvial, proluvial.	Flujo de lodo.	Medio. Estable.
86315005	Puente El Viejo, de concreto asfaltado con nueve pilares, no presenta protección en sus estribos.	Tumbes.	Valle fluvial.	Aluvial.	Flujo de lodo.	Medio. Estable.
86315007	Puente El Piojo, de concreto armado.	Tumbes.	Valle fluvial.	Aluvial.	Flujo de lodo ó huayco.	Medio. Estable.
86315008	Puente Corrales, sus pilares son de concreto armado. Este puente fue reemplazado en 1983.	Corrales.	Valle fluvial.	Aluvial, proluvial.	Flujo de lodo.	Medio. Inestable.
86315009	Puente Francos, inconcluso, mal diseñado y semiconstruido (sólo en la margen izquierda).	Corrales – Pampas de Hcspital.	Valle fluvial.	Aluvial.	Erosión fluvial e inundación.	Alto. Inestable.
86315011	Puente Héroes del Cenepa I, con estribos de concreto armado.	Tumbes.	Valle fluvial.	Aluvial, proluvial.	Flujo de lodo.	Medio. Estable.
86315012	Puente Héroes del Cenepa II, estribos de concreto armado, protegido con muros de mampostería.	Tumbes.	Valle fluvial.	Aluvial, proluvial.	Flujo de lodo.	Medio. Estable.
86315013	Puente Algarrobillo, con estribos de concreto armado, en el estribo derecho se observa enrocado.	Tumbes.	Valle fluvial.	Aluvial, proluvial.	Flujo de lodo.	Alto. Estable.

Código de inventario	Denominación/Características de la obra	Localidades beneficiadas	Características Geológico-Geotécnicas del lugar		Peligros Geológicos anteriores o probables que la comprometen		Estabilidad de la obra
			Morfología	Suelo/Substrato	Descripción	Grado	
86315015	Puente Luay, estribos de concreto armado, no presenta enrocado en ambas márgenes.	Tumbes.	Valle fluvial.	Aluvial, proluvial	Flujo de lodo y huayco.	Medio.	Estable.
Otras obras de infraestructura							
86315002	Planta de tratamiento de agua Puerto El Cura.	Tumbes	Valle fluvial	Aluvial	Erosión fluvial	Medio	Estable
86315003	Aeropuerto internacional CAP. FAP Pedro Canga Rodríguez, pista de aterrizaje de 2 km asfaltada.	Tumbes	Pampa	Aluvial	Erosión de laderas	Bajo	Estable
86315006	Bocatoma La Peña, compuertas de concreto armado, aguas arriba presenta un enrocado.	Corrales y San Jacinto	Valle fluvial	Aluvial	Erosión fluvial en la margen izquierda. En el año 1983 afectó parte de su defensa ribereña, actualmente está reforzada.	Medio	Estable
86315010	Poza de oxidación de Pampas de Hospital, se encuentra revestida en las partes laterales.	Pampas de Hospital	Colina	Aluvial	Erosión de laderas	Bajo	Estable.
86315014	Embarcadero de Puerto Pizarro	Puerto Pizarro	Marino	Marino	Inundación marina	Bajo	Estable.



Foto N° 11.10 Puente Tumbes ubicado en el río del mismo nombre, de estructura metálica, se encuentra en buen estado. (S. Núñez, abril-2004).



Foto N° 11.11 Defensas ribereñas ubicadas en la margen derecha del río Tumbes, protegiendo la toma de agua del puerto El Cura. (S. Núñez, abril-2004).



Foto N° 11.12 Vista del cauce del río Tumbes, donde en la margen izquierda se distingue un pilar abandonado, parte del antiguo puente Tumbes. En la margen derecha, la ciudad de Tumbes está protegida por muros de concreto. En este lugar se presentan fenómenos de erosión fluvial. (S. Núñez, abril-2004).



Fotos N° 11.13 Vistas de la bocatoma La Peña, ubicada en la margen izquierda del río Tumbes, susceptible a erosión fluvial, como medidas de protección se le han colocado gaviones. (S. Núñez, julio-2004).



Foto N° 11.14 Embarcadero de Puerto Pizarro, constantemente sufre inundaciones marinas por el incremento intempestivo del nivel de las aguas en el lugar. (S. Núñez, mayo-2004).

La identificación de éstas áreas fue hecha con una ficha de inventario de campo (Ficha N° 3), en la cual se consigna la siguiente información:

- Codificación o número de inventario de acuerdo al cuadrángulo, cuadrante y número correlativo.
- Ubicación geográfica y geopolítica indicando el sector comprendido.
- Peligro(s) geológico(s) que la identifican como zona crítica: tipo, descripción, evidencias visuales de el o los procesos; ocurrencia, recurrencia y determinación de áreas susceptibles.
- Daños ocasionados o probables a la vida o propiedad: descripción y comentarios.
- Calificación del riesgo: grado de peligro y vulnerabilidad.
- Zonificación del área crítica bajo los criterios de A1 a A4.
- Observaciones y recomendaciones finales.
- Las zonas críticas (159) por departamentos y regiones, así como el resumen de sus características (Cuadro N° 11.3).

ESPACIOS PROTEGIDOS

En la cuenca Puyango-Tumbes, como lo mencionamos anteriormente, encontramos tres áreas protegidas: Cerros de Amotape, Zona Reservada de Tumbes (ex-Bosque Nacional de Tumbes) y El Bosque Petrificado de Puyango.

a) Zona del Parque Nacional Cerros de Amotape:

En esta área protegida se encuentran algunos deslizamientos y flujos, ubicados en la zona de Rica Playa. Los primeros se localizan en la parte alta de la quebrada Rica Playa. En tiempos de lluvias excepcionales se producen flujos de lodo, también fenómenos de erosión de laderas, especialmente en la parte alta de la quebrada Cazaderos, donde se ha producido una intensa deforestación que actualmente se ha controlado con la prohibición de extracción de madera de estos lugares.

En tiempos de crecidas excepcionales la zona de Rica Playa se inunda al igual que se producen erosiones fluviales.

Esta zona debería prolongarse hasta el lado ecuatoriano, pero en estas áreas la deforestación ha sido intensa, lo que ha dado lugar a que se acentúen más los fenómenos de erosión de laderas, presentándose incluso erosión en cárcavas.

b) Zona Reservada de Tumbes (Ex-Bosque Nacional de Tumbes)

De acuerdo al mapa de peligros geológicos, en esta zona los peligros no se han inventariado, se pueden presentar fenómenos de erosión de laderas (en surcos y cárcavas).

En el lado del cañón del río Tumbes se deben presentar problemas de erosión fluvial, sobre todo en época de ocurrencia del fenómeno El Niño.

Se tiene conocimiento que esta área ha sufrido una intensa deforestación en la década de los años setenta.

En años de buenas lluvias llega mayor cantidad de gente con su ganado y para realizar actividad agrícola.

Existen en la zona reservada algunos centros poblados que estaban antes de su creación por Ley, así en la quebrada Angostura se encuentra el poblado del mismo nombre, cuenta con unas 20 familias y unos 80 h, en la parte NE del área está la localidad de Isla Noblecilla, con unas 30 familias y unos 150 h. Se estima que en el sector de Isla Noblecilla existen unas 35 ha con agricultura permanente, y unas 60 ha de agricultura temporal. En el sector de La Angostura hay unas 30 ha de agricultura permanente y alrededor de 20 ha de agricultura temporal. Uno de los problemas que se generan en esta zona es la eliminación de los residuos sólidos que producen estas familias, los cuales van a parar a las quebradas en época seca y en tiempos de lluvia son acarreados hacia el río Tumbes.

Otro problema es la deforestación, que aunque está siendo controlada, todavía sigue, aunque en menor escala.

Es recomendable que esta zona protegida se prolongue hacia la parte ecuatoriana, donde ha sufrido una intensa deforestación de los terrenos mediante el proceso de tala y quema, para la agricultura y ganadería.

c) Zona del Bosque Petrificado de Puyango

Ubicado en la orillas del río Puyango, perteneciente tanto a la provincia de El Oro como a la de Loja (Ecuador). En la actualidad la carretera de acceso está siendo afectada por un deslizamiento (Puente Puyango) que tiene una corona de aproximadamente 30 m y está levantando parte de la carpeta asfáltica de la carretera.

Es bosque petrificado en tiempos de lluvia se ve afectado por las quebradas afluentes del río Puyango que erosionan los bordes de las laderas y que en largo tiempo pueden afectar al mismo bosque.

En la actualidad la deforestación en la zona ha disminuido e igualmente se está controlando y eliminando los residuos sólidos dentro de la misma zona reservada.

Cuadro N° 11.3
Descripción de zonas críticas

Parte Peruana			
Sector (Distrito/Parroquia) Provincia/Cantón	Áreas Sujetas a Comentario Geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños ocasionados	Recomendaciones
AA.HH. Las Malvinas – San José La Cruz Tumbes	Deslizamiento traslacional, erosión en cárcavas y flujos, en los años 1983 y 1998, se acentuaron más estos problemas, con lluvias ocasionales se forman flujos. En el año 1983 hubo una inundación marina como consecuencia de un maremoto, afectó instalaciones (viviendas) del Ejército Peruano.	Viviendas y centro educativo ubicado al pie del deslizamiento, en caso de una reactivación lo afectaría.	Reubicar viviendas cercanas al borde del deslizamiento, reforestar la zona, y realizar canales de drenaje.
Los Cedros - La Jota La Cruz Tumbes	Zona de flujos de lodo, se presentan adicionalmente cárcavas y derrumbes en zonas aledañas, las quebradas se activan con lluvias ocasionales, hay una intensa deforestación de la zona. Cuando se presenta el fenómeno El Niño se intensifica el problema con flujos de mayor radio de influencia.	Afecta viviendas ubicadas en la desembocadura de las quebradas. También afecta terrenos de cultivo y puede afectar la Carretera Panamericana Norte.	Reubicar las viviendas que están en el área de influencia de las quebradas, reforestar las áreas deforestadas. No se debe permitir la construcción de viviendas en zonas de influencia de las quebradas.
Pedro El Viejo Tumbes Tumbes	Zona sujeta a derrumbes, rocas alteradas, poco consolidadas, en 1998 se produjeron derrumbes que afectaron viviendas.	Afectó viviendas antiguas, actualmente reubicadas.	Reforestar la zona, no construir obras de infraestructura cerca a la zona inestable.
Higuerón San Jacinto Tumbes	Zona sujeta a flujos, esta quebrada en sus laderas presenta derrumbes y deslizamientos de coronas menores a 50 m, rocas inconsolidadas, la zona presenta deforestación. Cuando se presenta el fenómeno El Niño o lluvias excepcionales, hay gran aporte a la quebrada, propiciando condiciones para que se forme el flujo.	Afectó viviendas, terrenos de cultivo y carretera de acceso al caserío de Higuerón.	Reubicar viviendas ubicadas en el cauce de la quebrada, reforestar la zona.
Ódior San Jacinto Tumbes	Área sujeta a flujos, en la microcuenca se encuentran derrumbes de coronas menores a 50 m, rocas inconsolidadas, la zona presenta deforestación. Cuando se presenta el fenómeno El Niño o lluvias excepcionales, hay gran aporte a la quebrada, dando las condiciones para que se forme el flujo.	Afectó viviendas, terrenos de cultivo y carretera de acceso.	No construir viviendas y obras de infraestructura en el cauce de la quebrada.
Quebrada Luay Tumbes Tumbes	Área sujeta a huaycos, en la microcuenca se observan pequeños deslizamientos y derrumbes, rocas inconsolidadas, la zona presenta deforestación. Cuando se presenta el fenómeno El Niño o lluvias excepcionales se carga la quebrada propiciando la formación de flujos.	Afecta terrenos de cultivo y podría afectar a puente nuevo y carretera de acceso a Luay.	No construir viviendas, ni obras de infraestructura en el cauce de la quebrada. Canalizar la quebrada.
San Francisco Corrales Tumbes	Área sujeta a flujos, en su parte alta se encuentran pequeños derrumbes, deslizamientos y erosiones de ladera, que alimentan a la quebrada. Cuando se presenta el fenómeno El Niño o lluvias excepcionales se carga la quebrada propiciando la formación de flujos.	Afectó viviendas y terrenos de cultivo cuando se presentó el fenómeno El Niño.	No construir viviendas, ni obras de infraestructura en el cauce de la quebrada. Reforestar la zona. Canalizar la parte baja de la quebrada.

Sector (Distrito/Parroquia) Provincia/Cantón	Áreas Sujetas a Comentario Geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños ocasionados	Recomendaciones
San Pedro de Los Incas/Quebrada Colorado	Área susceptible a flujos, en su parte alta se encuentran pequeños derrumbes, deslizamientos y erosión de laderas, que alimentan la quebrada. Cuando se presenta el fenómeno El Niño ó lluvias excepcionales se carga la quebrada generando flujos.	Afectó viviendas, cementerio y terrenos de cultivo cuando se presentó el fenómeno El Niño.	No construir viviendas, ni obras de infraestructura dentro del cauce de la quebrada. Reforestar la zona.
Corrales Tumbes	La parte alta de esta quebrada está siendo usada como botadero de basura, la cual es arrastrada en tiempo de lluvias excepcionales.	Actualmente están construyendo una vereda dentro del cauce de la quebrada.	Canalizar la parta baja de la quebrada.
San Juan de la Virgen/Quebrada San Juan de la Virgen Tumbes	Área susceptible a flujos de lodo, erosión en cárcavas y erosiones fluviales. El flujo se produce solamente con lluvias ocasionales y en mayor intensidad con el fenómeno El Niño, al igual que los fenómenos de erosión de laderas. La erosión fluvial está incidiendo en la margen derecha.	Afectó viviendas, carretera de acceso de Tumbes a San Juan de la Virgen y terrenos de cultivo.	No construir obras de infraestructura en el cauce de la quebrada. La quebrada está canalizada. Reforestar la zona.
San Jacinto/Quebrada La Jardínera San Jacinto Tumbes	Área susceptible a flujos de lodo, en su cuenca alta se presentan derrumbes, y erosión de laderas que alimentan a la quebrada. La zona presenta deforestación. Esta quebrada se activa cuando se presenta el fenómeno El Niño.	Afectó viviendas y terrenos de cultivo, en la actualidad la quebrada está canalizada. Incluso parte de la erosión en cárcavas.	No construir obras de infraestructura en el cauce de la quebrada, reforestar la zona. Parte de la quebrada está canalizada, falta terminar su canalización.
Sector de Higuierón-Casa Blanca/Oldor-Vaquería . San Jacinto Tumbes	Área susceptible a flujos de lodo, a lo largo de este trecho se presentan en varias quebradas que generalmente se activan con la presencia del fenómeno de El Niño. Las quebradas comprendidas en este sector, son de recorrido corto y de baja pendiente, alimentadas por derrumbes y en ocasiones por pequeños deslizamientos (coronas menores a 30 m), fenómenos de erosión de laderas (principalmente cárcavas) que generan gran cantidad de material. El área está deforestada.	Afectó algunas viviendas e interrumpió la carretera de acceso hasta el sector de Higuierón y terrenos de cultivo.	No construir obras de infraestructura en el cauce de la quebrada. Algunas se encuentran canalizadas totalmente y a otras les falta completar.
Margen derecha del río Tumbes-Puerto El Cura Tumbes Tumbes	Zona de erosión e inundación fluvial, el fenómeno se intensifica cuando se presenta el fenómeno El Niño, en 1983 afectó al malecón e inundó calles de la ciudad de Tumbes, por la margen derecha. Aguas abajo del malecón actual hay una parte baja por donde generalmente el río Tumbes se sale e inunda. El río en este sector, constantemente está erosionando, ha migrado hacia la margen derecha.	Afectó viviendas ubicadas en la margen derecha, inundó terrenos de cultivo ubicados en ambas márgenes.	Reforzar las defensas ribereñas que se encuentran aguas bajo. No construir obras de infraestructura cerca de la ribera del río.
Sector de La Capitana-Rica Playa San Jacinto Tumbes	Área donde discurren varias quebradas de recorrido corto que se activan con la presencia del fenómeno El Niño. Se observa intensa deforestación.	Afectó algunas viviendas, interrumpió carretera de acceso a los centros poblados, y terrenos de cultivo	No construir obras de infraestructura en el cauce de las quebradas, actualmente se encuentran canalizadas con muros de mampostería.

Sector (Distrito/Parroquia) Provincia/Cantón	Áreas Sujetas a Comentario Geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños ocasionados	Recomendaciones
Sector de San Pedro de Los Incas (Corales)/San Jacinto	Área susceptible a flujos de lodo, a lo largo de este trecho hay varias quebradas que generalmente se activan con la presencia del fenómeno El Niño.	Área sujeta a flujos de lodo, en este trecho hay varias quebradas que generalmente se activan con la presencia del fenómeno El Niño. En su parte alta, son de recorrido corto y de baja pendiente. Son alimentadas por derrumbes y en ocasiones por pequeños deslizamientos (coronas menores a 30 m), erosión de laderas (principalmente cárcavas) que generan gran cantidad de material.	No construir obras de infraestructura en el cauce de la quebrada.
San Jacinto/Corrales Tumbes	Las quebradas comprendidas en la parte alta de este sector, son de recorrido corto y de baja pendiente. Son alimentadas por derrumbes y en ocasiones pequeños deslizamientos (coronas menores a 30 m), además por erosión de laderas (principalmente cárcavas) las que generan gran cantidad de material. El área está deforestada.	El área está deforestada.	Algunas se encuentran canalizadas totalmente y a otras les falta completar.
Zona Langostinera - Estero Chico – Pampas Las Salinas	Área de terrenos planos propensa a inundaciones, donde el río Tumbes divaga en cualquier sentido, esto generalmente sucede cuando se presenta el fenómeno El Niño.	Afectó a pozas langostineras ubicadas cerca de los esteros y viviendas provisionales ubicadas en ellas. También afectó terrenos de cultivos de arrozales y platanales.	Realizar actividades de acuerdo a las condiciones climáticas del área. Por ejemplo si se sabe que se va a presentar el fenómeno El Niño no debe realizarse actividades agrícolas, porque van a ser afectados.
Parte Ecuatoriana			
Puente Puyango	Área susceptible a deslizamientos y derrumbes, reactivado por corte de carretera, con presencia de lluvias se incrementa el problema, especialmente cuando se presenta el fenómeno El Niño	Afecta vivienda del puente Puyango y carretera de acceso al Bosque Petrificado de Puyango.	Reubicar vivienda, reforestar la zona, controlar el drenaje de las lluvias que caen en su parte alta.
Guayquichuma–Jorupe Catamayo	Área susceptible a deslizamientos y derrumbes, y algunos movimientos complejos, se producen principalmente por corte de carretera, rocas de mala calidad. Un deslizamiento antiguo represó la quebrada Jorupe (?), se ven otros deslizamientos con escarpas activas que pueden afectar a la misma zona. La carretera se ve constantemente afectada por derrumbes del cuerpo del deslizamiento.	Afecta tramo de 3 km de carretera Portoviejo-Loja.	Mejorar talud de corte de carretera, reforestar la zona.
Carretera Portoviejo–Loja Portovelo	Área susceptible a deslizamientos y derrumbes, rocas de mala calidad, se reactiva cada vez que hay lluvias ocasionales.	Afecta tramo de 2 km de carretera Portoviejo-Loja.	Reforestar la zona
Portovelo–Río Galeras	Área susceptible a erosiones fluviales e inundaciones por el río Amarillo, en sus riberas se observa mucho material suelto, como relaveros y desmonte de labores mineras, las cuales carecen de protección y si las tienen son muy precarias, en tiempos de crecida son fácilmente erosionables. Se observan viviendas construidas con material noble en pleno cauce del río. En caso de fuertes crecidas pueden ser afectadas.	Afecta viviendas, en tiempos de crecida erosiona las relaveros contaminando al río. El muro de concreto en parte está destruido.	Mejorar las defensas ribereñas, en algunos sectores cambiarlas por muros de contención. No permitir la construcción de obras de infraestructura y viviendas en la zona de erosión e inundación del río Amarillo.
Portovelo			

Sector (Distrito/Parroquia) Provincia/Cantón	Áreas Sujetas a Comentario Geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños ocasionados	Recomendaciones
Carretera Balsas-Santa Rufina	Área susceptible a deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas, las areniscas y conglomerados están muy alterados, muchos de ellos han sido originados por la construcción de la carretera que tiene un corte inadecuado. Se han reactivado algunos deslizamientos, como derrumbes. Las caídas de rocas y derrumbes generalmente se presentan en el corte de carretera. Se observa intensa deforestación de la zona.	Afecta tramo de 10 km de carretera asfaltada Balsas-Santa Rufina.	Mejorar talud de corte, reforestar la zona, desquinchar los bloques sueltos.
Carretera Guayquichuma – Zambi	Área susceptible a deslizamientos y movimientos complejos, las rocas sedimentarias están alteradas, con pendiente moderada e intensas precipitaciones pluviales. Uno de estos deslizamientos represó la quebrada (afluente del río Guayquichuma). En medio de la quebrada se observa una lomada, producto del represamiento. El corte de talud de carretera ha reactivado, en sectores, estos deslizamientos, se pueden originar derrumbes por el material suelto en el cuerpo del deslizamiento.	Afecta tramo de 10 km de carretera Portoviejo-Loja. Puede represar a la quebrada.	Reforestar la zona, se debe cambiar el trazo de la carretera.
Santa Teresa - La Ramada (Vía Cisne)	Área susceptible a deslizamientos, derrumbes y algunos movimientos complejos, se encuentra sobre rocas metamórficas alteradas, ladera de pendiente moderada, el área está sujeta a intensas precipitaciones pluviales. En algunos sectores se podrían generar caídas de rocas. En muchos casos, especialmente en los derrumbes ha influenciado el corte de talud para la carretera de acceso.	Afecta tramo de 5 km de carretera Cisne-Portovelo.	Reforestar la zona, mejorar talud de corte de carretera. Desquinchar los bloques sueltos, para evitar la caída de rocas.
Sector Carretera Machala-Alamor (sector El Tigre)	Área susceptible a derrumbes, caídas de rocas, deslizamientos y en algunos sectores erosión en cárcavas, las rocas son de tipo metamórfico, alteradas, varias desestabilizadas o reactivadas por los cortes hechos al terreno en la construcción de la carretera. Se pueden generar derrumbes y caídas de rocas. Las laderas han sido tratadas y se han construido banquetas, pero muchas de ellas no han cumplido su función, hay presencia de otros derrumbes o pequeños deslizamientos sobre ellos. Igualmente se observó la generación de erosiones en cárcavas que están afectando a la plataforma de carretera.	Afecta tramo de 5 km de carretera La Victoria-Machala en el sector El Tigre.	El terreno ha sido banquetado (terraceado) en varios sectores, necesita ser reforestado la zona y protegida la plataforma de la carretera.
Sector de la carretera Balsas-Pindo (sector Las Tinajas)	Área susceptible a deslizamientos, derrumbes y erosión en cárcavas por intensa lluvias. Las rocas aflorantes son sedimentarias tipo arenisca y limolitas, muy alteradas. Muchos de estos fenómenos se han reactivado o producido por cortes de la carretera. Las erosiones en cárcava, pueden afectar la carpeta asfáltica.	Afecta tramo de 3 km de carretera Balsas-Río Pindo en el sector de Las Tinajas.	Es necesario mejorar el talud de corte de carretera, y reforestar la zona. La erosión en cárcavas podría afectar la carretera, es necesario colocar muros al pie de carpeta asfáltica para impedir que avance la cárcava.

Sector (Distrito/Parroquia) Provincia/Cantón	Áreas Sujetas a Comentario Geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños ocasionados	Recomendaciones
Sector de la carretera Balsas-Pindo (sector Las Guerras)	<p>Área susceptible a deslizamientos, derrumbes y erosión en cárcavas. Las rocas aflorantes son sedimentarias tipo arenisca y limolitas, muy alteradas. Hay presencia de intensas lluvias. Muchos de estos fenómenos se han reactivado o producido por cortes de la carretera. Las erosión en cárcavas que se está produciendo, pueden afectar la carpeta asfáltica.</p>	<p>Afecta tramo de 2 km de carretera Balsas-Pindo en el sector de Guerras.</p>	<p>Es necesario mejorar el talud de corte de carretera, y Para impedir el avance del proceso de erosión en cárcavas en la carretera, es necesario colocar muros al pie de carpeta asfáltica.</p>
Sector carretera Pindo-Loja (altura del km 60+800)	<p>Área susceptible a caídas de rocas, se pueden ocasionar derrumbes. Las rocas son sedimentarias tipo limolitas y areniscas, están fracturadas y en sectores se aprecian fracturas abiertas.</p>	<p>Afecta tramo de 2 km de carretera Pindo-Loja. Podría afectar a los omnibuses ó autos particulares que transitan por la zona.</p>	<p>Mejorar talud de corte, desquinchar los bloques sueltos que se encuentran en el talud rocoso. Señalización vial en la carretera, es transitada por omnibuses y autos particulares.</p>
Carretera Puyango-Alamor (km 10 a 2+200)	<p>Área susceptibles a deslizamientos, derrumbes y caída de rocas. Las rocas son metamórficas (filitas y esquistos), están alteradas, se producen intensas lluvias. Muchos de ellos se han reactivado con el corte de talud de la carretera. Los deslizamientos tienen coronas de hasta 80 m de altura. Los derrumbes y caídas de rocas se han generado por el corte de carretera. El fracturamiento de la roca en varios sectores está a favor de la pendiente facilitando la generación de caídas de rocas y derrumbes.</p>	<p>Afecta tramo de 8 km aproximadamente de carretera Pindo-Loja. Podría afectar a los omnibuses ó autos particulares que transitan por la zona.</p>	<p>Mejorar talud de corte, desquinchar los bloques sueltos que se encuentran en el talud rocoso. Señalización vial en la carretera, es transitada por omnibuses y autos particulares. Reforestar la zona.</p>
Sector de Paletillas	<p>Área susceptible a flujos de lodo y huaycos. La carretera de acceso se ubica en una quebrada, y en sus laderas se observan fenómenos de erosión de laderas y algunos derrumbes que alimentan a la quebrada. Los flujos se originan generalmente por lluvias ocasionales.</p>	<p>Afecta carretera de acceso al poblado de Paletillas</p>	<p>El trazo de carretera en plena quebrada debe necesariamente ser modificado. En el sector del poblado de Paletillas se necesita un puente.</p>



Fotos N° 11.15 Zonas inundables del río Tumbes, afecta terrenos de cultivo en la margen derecha, está protegida con muros de concreto, por la margen izquierda, la ciudad es susceptible a inundaciones. (S. Núñez, abril-2004).



Foto N° 11.16 Parte superior del deslizamiento que afectó al A. H. Las Malvinas de La Cruz. De reactivarse volverá a afectar al A. H. (S. Núñez, abril-2004).



Foto N°11.17 Flujos de lodo en el sector de La Jota, ocurrido el 14/04/04, afectó a la carretera afirmada La Jota-Canteras. (S. Núñez, abril-2004).



Foto N° 11.18 Quebrada Urcos, sector comprendido entre Corrales y San Jacinto, por donde pasan flujos de lodo en tiempo de lluvias excepcionales. (S. Núñez, abril-2004).



Foto N° 11.19 Antiguo deslizamiento que represó a la quebrada Jorupe (?), pequeña lomada en medio de la quebrada, producto del material removido. (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto N° 11.20 Deslizamiento que constantemente afecta tramo de 100 m de la carretera Guayquichuma-Jorupe-Loja, puede represar la quebrada Jorupe (?). Similares ejemplos se presentan en este tramo de la carretera. (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto N° 11.21 Derrumbe y caída de rocas que afectan la carretera Zambí Guayquichuma en tramo de 150 m. (S. Núñez, noviembre-2004).



Fotos N° 11.22



Fotos N° 11.23

Fotos N° 11.22 y 11.23 Deslizamientos traslacionales que afectan la carretera Santa Teresa-Ramada (vía Cisne-Portoviejo), la foto de la izquierda muestra el muro de contención que protege la carretera, en la foto de la derecha se ve el trazo antiguo de carretera (interrumpido). (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto N° 11.24



Foto N° 11.25

Fotos N° 11.24 y 11.25 Carretera Machala-Alamor (sector El Tigre), se observa banqueteadado (terraceado) del talud que en algunos casos ha colapsado, generándose deslizamientos y otros derrumbes, la foto inferior derecha muestra fenómenos de erosión en cárcavas que afectan la carretera. Es necesario reforestar la zona y proteger el talud de la carretera. (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto N° 11.26 Carretera Pindo-Balsas, se observan deslizamientos y erosión en cárcavas que la afectan, la zona necesita reforestarse. (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto N° 11.27 Sector de las Guerras, en la vía Pindo-Balsas; se observan derrumbes y pueden ocurrir caídas de rocas que afectarían la vía. (S. Núñez, noviembre-2004).



Foto N° 11.28 Carretera Pindo-Loja (km 60+910), muestra de roca metamórfica fracturada, que en tiempo de lluvias genera caída de rocas, pudiendo también presentar derrumbes. (S. Núñez, noviembre-2004).

CONCLUSIONES

1. La cuenca binacional del río Puyango-Tumbes comprende territorio peruano y ecuatoriano, dispone un área aproximada de 5 530 km², de los cuales el 66 % pertenece a Ecuador y 34 % a Perú. La población peruana es 147 330 h (proyección al 2002), y la del Ecuador de 116 221 h (Censo 2001). Destacan las ciudades de Tumbes (Perú), Piñas, Zaruma, Portovelo y Balsas (Ecuador). En la parte peruana la mayor concentración poblacional se localiza en la ciudad de Tumbes.
2. Las precipitaciones promedio anuales en la cuenca varían entre 300 mm en la parte baja, y 2 600 mm en las zonas montañosas. Los valores de humedad relativa están por encima del 70 %.
3. Las descargas medias anuales del río Tumbes están estimadas en 118,1 m³/s, que equivale a 3 724 MMC. En el año más húmedo, la descarga promedio fue de 520 m³/s y en el año más seco de 38,3 m³/s. El caudal medio anual medido en la estación El Tigre fue de 114,0 m³/s, el caudal medio mensual máximo de 336,3 m³/s para el mes de marzo y el caudal medio mensual mínimo de 19,6 m³/s para el mes de octubre. El caudal medio mensual durante el período de avenidas considerado entre enero y abril fue de 245,1 m³/s
4. En la cuenca baja el cauce del río Tumbes durante los períodos del fenómeno El Niño, cambia de dirección, como consecuencia de ello provoca fenómenos de erosión e inunda nuevas áreas, en algunos casos retoma antiguos cauces o forma nuevos, afectando seriamente a la agricultura y algunas obras de infraestructura. La morfología en la desembocadura del río Tumbes es muy variante, con el último fenómeno El Niño su desembocadura ha migrado hacia el norte, ganando terrenos al mar.
5. En la cuenca del río Puyango-Tumbes las aguas subterráneas se encuentran en acuíferos conformados por materiales aluviales, consistentes de grava, arena, limo y arcilla. El acuífero es alimentado por infiltraciones de los ríos y canales de regadío no impermeabilizados, áreas bajo riego, y en tiempo de lluvias por infiltración de las aguas de las quebradas principales, así como también de las partes altas de la cuenca producto de las precipitaciones.
6. Durante el fenómeno El Niño del año 1982/1983, se presentaron dos focos de acumulación de precipitaciones, ubicados en la cuenca media y alta, (sobrepasaron los 7 000 mm). En el fenómeno El Niño del año 1997/1998, las lluvias se concentraron en la cuenca media (mayor de 5 000 mm). En ambos fenómenos en la cuenca baja se incrementaron las lluvias en más de 800 %, trayendo consigo la sobresaturación del suelo y substrato. Durante el fenómeno El Niño del año 1982/1983 llovió más que en el del año 1997/1998, hubo mayor incremento de las lluvias en la cuenca baja que en la cuenca media y alta.
7. De acuerdo al Mapa de Susceptibilidad de los terrenos a movimientos en masa, se deduce que en la cuenca hay cinco tipos de áreas de susceptibilidad: muy baja, baja, moderada, alta y muy alta. Las de alta a muy alta susceptibilidad se localizan principalmente en la cuenca media y alta. Las áreas de susceptibilidad moderada se presentan en algunas áreas de la cuenca baja y media. Las zonas de susceptibilidad baja se ubican en algunos sectores de la cuenca baja y media. Las zonas de muy baja susceptibilidad se ubican en la parte baja de la cuenca, especialmente en la zona plana.
8. Con respecto a la susceptibilidad a la ocurrencia de erosión e inundación fluvial, se definen cuatro categorías: muy alta, alta, moderada y baja. La primera y segunda se presentan cuando se genera el fenómeno El Niño. La zona de susceptibilidad moderada sucede con lluvias de tipo periódico u ocasional presentándose en los valles interandinos. Las zonas de susceptibilidad baja se presentan en áreas de terrazas altas ubicadas lejos del cauce del río Tumbes, son susceptibles a inundaciones cuando sucede un cambio brusco de la dirección del río.
9. El estudio de la sismicidad histórica de la cuenca Puyango Tumbes indica que se han producido sismos con intensidades de hasta IX en la escala modificada de Mercalli y con magnitudes de hasta 7,3 Ms en la escala de Ritchter.
10. Del análisis de la curva de peligro anual (curva de probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud), para Caleta Cruz se deduce una aceleración de

- 520 g con una probabilidad de 0,002 %, siendo el período medio de retomo del sismo que produce dicha aceleración, de 900 años (aceleraciones del orden de 270 g se producirían con un porcentaje de 0,05 % con periodos de retorno de 60 años).
11. El litoral costero de la cuenca se caracteriza por la ocurrencia de sismos de gran magnitud, en la zona de convergencia (subducción). Estos eventos han causado severos daños por vibraciones sísmicas, como el causado el 12 de diciembre de 1953, razón por la cual debemos estar alertas en el presente, ante cualquier evento similar recurrente.
 12. Según el factor detonante de sismicidad, le correspondería la categoría de Alta (A) a Muy Alta (AA); para 30 años en esta cuenca se esperan aceleraciones que oscilan entre 0,29 > y >0,31 g; para 50 años le corresponden la categoría de Muy Alta (AA) y se esperan aceleraciones que varían de 0,32 a 0,34 g y para 100 años correspondería la categoría Muy Alta (AA), con aceleraciones entre 0,36 y 0,39 g.
 13. Las caídas de rocas y derrumbes se localizan principalmente en los flancos de los valles interandinos y de la costa, y en los cortes de taludes para carreteras.
 14. Los deslizamientos y movimientos complejos se localizan principalmente en la cuenca alta, en rocas intrusivas y metamórficas alteradas, pendientes moderadas a fuertes, influye también la fuerte deforestación de la zona. Se presentan en menor escala en rocas sedimentarias. Estos fenómenos también se han localizado en la cuenca baja, siendo el factor detonante las precipitaciones (fenómeno El Niño).
 15. Los fenómenos de erosión de ladera, se presentan principalmente en la cuenca baja y media, intensificándose con el fenómeno El Niño, cuando esto ocurre la carga de sedimentos del río principal se incrementa, por lo que este factor se debe tener en cuenta para cualquier obra hidráulica que se quiera realizar dentro de la cuenca baja y media.
 16. La forma artesanal como se viene desarrollando la actividad minera en la cuenca alta del río Puyango-Tumbes, está afectando la calidad de las aguas del río y del aire en la zona de extracción. Asimismo se producen ruidos molestos por las plantas de concentración, las cuales se encuentran en áreas cercanas o dentro de centros poblados. Cabe mencionar que muchas galerías subterráneas están localizadas debajo de la ciudad de Zaruma comprometiendo su seguridad física, esto se agrava con las voladuras subterráneas que se realizan en las labores mineras en la actualidad.
 17. En la cuenca alta, entre el sector de Zaruma y Portovelo, algunas muestras de agua del río presentan concentraciones elevadas de metales pesados como cobre, fierro y plomo que superan los límites establecidos por las legislaciones de Perú y Ecuador al respecto, en muchos casos esta contaminación se debe a la actividad minera existente en la parte alta de la cuenca, lo que puede generar problemas de contaminación en la cuenca baja, de no tomarse las medidas de prevención adecuadas.
 18. La presencia de nitratos en la cuenca se debe al uso de fertilizantes como también de los desagües (con excretas) que son vertidos a los ríos.
 19. Se han evaluado centros poblados que tienen problemas, generados por fenómenos de movimientos en masa, los cuales podemos ubicarlos en la cuenca baja: ocurrencia de flujos de lodo con lluvias de tipo ocasional; deslizamientos o derrumbes cuando se presenta el fenómeno El Niño.
 20. El fenómeno El Niño afecta seriamente la agricultura en la cuenca media-baja, porque la mayoría de los terrenos agrícolas se encuentran en ambas márgenes del río y están sujetos a inundaciones por efecto de las lluvias excepcionales, como la de los fenómenos El Niño (1982-1983 y 1997-1998).
 21. Se ha realizado una evaluación de las principales obras de infraestructura de la parte peruana, observándose que la mayoría de puentes colapsaron durante el fenómeno El Niño del año 1983, y algunos en el del 1997/1998, actualmente estos han sido repuestos y mejorado su construcción.
 22. Las ciudades más importantes de la cuenca del río Puyango-Tumbes registran poblaciones relativamente bajas, con limitada concentración en los centros urbanos, por lo tanto la cantidad de desechos sólidos, aguas servidas y aguas residuales que generan no es muy grande, por lo que el problema ambiental a resolver es la falta de un buen manejo de los desechos sólidos y de las aguas servidas.
 23. Hay tres áreas protegidas importantes, el Parque Nacional Cerros de Amotape, Zona Reservada de Tumbes en Perú y el Bosque Petrificado de Puyango en Ecuador. En las dos primeras se han producido procesos de deforestación, y dentro de ellas existen pequeños asentamientos humanos que botan sus residuos sólidos a las quebradas contaminando la zona.
 24. En la cuenca media y alta se están dando procesos de deforestación a mayor escala, talándose grandes áreas, como consecuencia de ello los suelos son fácilmente erosionables y contribuyen con gran volumen de sedimentos al río principal.
 25. Las áreas urbanas carecen de un plan adecuado de expansión, muchas de ellas crecen sin control, ubicándose en áreas vulnerables, por lo que es indispensable aplicar programas de ordenamiento territorial en las ciudades.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVA, J.E.; MENESES, J. & GUZMÁN, V. (1985) - Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú. En: Simposio sobre el Peligro y Riesgo Sísmico y Volcánico en América del Sur, San Juan, Argentina, 1984, Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS), Proyecto SISRA, Lima, vol. 14, p. 411-420.
- ARELLANO, R. (1995) - Cuencas hidrográficas de los ríos Piura, Chira y Tumbes. En: Convención Internacional sobre Desastres Naturales, Huaraz, 1995, Comisión N° 1: Peligros naturales, vulnerabilidad y riesgo, 8 p.
- ASESORES ASOCIADOS (2002) - Plan de gestión de la oferta de agua en las cuencas del ámbito del proyecto Puyango-Tumbes. INADE, Proyecto Especial Binacional Puyango-Tumbes (PEBPT), Lima, vol. I.
- ASKEW, B. & ALGERMISSEN, S.T., eds. (1985) - Catálogo de Terremotos para América del Sur. Perú: Datos de hipocentros e intensidades. Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS), Proyecto SISRA, Lima, vol. 7, 3 t.
- AUGUSTO, O. (1995) - Deslizamientos. En: Repetto, F. & Santiago, C., eds., Aspectos geológicos de protección ambiental, ORCYT-UNESCO, vol. 1, p. 29-47.
- AYALA, F.J. et al. (2003) - Mapas de susceptibilidad al alcance por desprendimientos rocosos graníticos. Sistema Central Español, Sierra de la Cabrera (Madrid), Escala 1:5.000. En: Ayala, F.J. & Corominas, J., eds., Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas S.I.G, IGME, Madrid, Medio Ambiente, 4, p. 97-118.
- BERNAL, I. & TAVERA, H. (2002) - Geodinámica, sismicidad y energía sísmica en Perú. Instituto Geofísico del Perú, Lima, 63 p.
- BERNAL, I.; TAVERA, H. & ANTAYHUA, Y. (2002) - Zonas sismogénicas en el Perú: volúmenes de deformación, gráficos polares y zonificación preliminar. Bol. Soc. Geol. Perú, (93):31-44.
- BETANCOURT, O., et al. (2001) - La pequeña minería del oro: impactos en el ambiente y la salud humana en la cuenca del Puyango, sur del Ecuador. Investigación realizada con el apoyo del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo del Canadá, CIID, Fundación Salud Ambiente y Desarrollo, Quito, 263 p. http://www.idrc.ca/es/ev-29857-201-1-DO_TOPIC.html
- BONILLA, L. (s.a.) - Bosque petrificado Puyango. Comisión Administradora, Ecuador. <http://www.monografias.com/trabajos/puyango/puyango.shtml>
- C Y A CONSULTORES Y ASESORES ASOCIADOS & LAGESA (1990) - Proyecto Puyango-Tumbes, estudio de factibilidad, componente peruana, informe principal, tomo 5: Defensas ribereñas. Comisión Mixta Peruano Ecuatoriana para el Aprovechamiento de las Cuencas Hidrográficas Binacionales Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, Lima.
- CABRERA, A. (1963) - Geomorfología del delta del río Tumbes (Perú). Boletín Técnico Emp. Petrolera Fiscal, (5): 21-43.
- CAHILL, T.A. & ISACKS, B.L. (1991) - Seismicity and shape of the subducted Nazca plate. J. Geophysical Research, 97(B12): 17503-17529.
- CASAVARDE, L. & VARGAS, J. (1980) - Zonificación sísmica del Perú. En: Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo Resistente, 2, Lima. OEA y Pont. Univ. Católica del Perú, Lima.
- CONSORCIO INTERNACIONAL PUYANGO-TUMBES (1977) - Diagnóstico físico y socio-agroeconómico del área del proyecto: geología y geomorfología general. Comisión Mixta Peruano Ecuatoriana para el Aprovechamiento de las Cuencas Hidrográficas Binacionales Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, Subcomisión Peruana, Lima, t. III, 38 p.
- CONSORCIO INTERNACIONAL PUYANGO-TUMBES (1977) - Estudio geotécnico de la presa y embalse Cazaderos.

- En: Desarrollo integral de los recursos de la cuenca del río Puyango-Tumbes, diagnóstico de aspectos físicos. Comisión Mixta Peruano Ecuatoriana para el Aprovechamiento de las Cuencas Hidrográficas Binacionales Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, Lima, t. 8, anx. 4, 65 p.
- CONSORCIO INTERNACIONAL PUYANGO-TUMBES (1977) - Estudio geotécnico de la presa y embalse Linda Chara. En: Desarrollo integral de los recursos de la cuenca del río Puyango-Tumbes, diagnóstico de aspectos físicos, Comisión Mixta Peruano Ecuatoriana para el Aprovechamiento de las Cuencas Hidrográficas Binacionales Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, Lima, t. 8, anx. 5, 57 p.
- COROMINAS, J. (2003) - Predicción temporal de los movimientos de la ladera. En: Ayala, F.J. & Corominas, J., eds., Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas S.I.G. IGME, Madrid, Medio Ambiente, 4, p. 37-54.
- CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO (2000) - Las lecciones de El Niño: Memorias del Fenómeno El Niño 1997-1998, retos y propuestas para la Región Andina. Volumen IV: Ecuador. Corporación Andina de Fomento, Caracas, 311 p.
- CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO (2000) - Las lecciones de El Niño: Memorias del Fenómeno El Niño 1997-1998, retos y propuestas para la Región Andina. Volumen V: Perú. Corporación Andina de Fomento, Caracas, 293 p.
- DÁVILA, J. (1999) - Diccionario geológico, 3. ed. INGEMMET, Lima, 1006 p.
- DEPARTAMENTO DE ASUNTOS HUMANITARIOS DE LAS NACIONES UNIDAS. (1994). Tsunamis: evacuación de la población y planes de uso del suelo para mitigar sus efectos. INDECI, Marina de Guerra del Perú, Lima, 30 p.
- GALARZAL. & GLAVE M. (2002) - Tumbes: una propuesta para el desarrollo. Plan Binacional de Desarrollo de la Región Fronteriza Perú-Ecuador, Capítulo Perú. Dirección Regional de Energía y Minas, Tumbes, 135 p.
- INGEOMINAS (2001) - Evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa. Guía metodológica. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, 163 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA - Censo de población y vivienda del año 1993, proyección de población al 2001. INEI, Lima. <http://www.inei.gob.pe>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS - VI censo de población y V de vivienda 2001. INEC, Quito. <http://www.inec.gov.ec>
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES (1995) - Mapa ecológico del Perú a escala 1:1.000.000, Guía Explicativa. Inrena, Lima, 146 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES (2000) - Monitoreo de las aguas subterráneas del valle Tumbes (departamento: Tumbes). Dirección Regional Agraria Tumbes, Administración Técnica del Distrito de Riego, Tumbes, 27 p.
- IRIGARAY, C. & CHACÓN, J. (2003) - Métodos de análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante S.I.G. En: Ayala, F.J. & Corominas, J., eds. Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas S.I.G. IGME, Madrid, Medio Ambiente, 4, p. 21-36.
- KUROIWA, J. (2002) - Reducción de desastres: viviendo en armonía con la naturaleza. Quebecor World Peru, Lima, 429 p.
- LA CRUZ, J. (1977) - Proyecto Puyango-Tumbes: estudio de geología de superficie. Consorcio Internacional Puyango-Tumbes, Comisión Mixta Peruano Ecuatoriana para el Aprovechamiento de las Cuencas Hidrográficas Binacionales Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, Lima, vol. I, 147 p.
- LEUREYRO, J.; MACHARÉ, J. & SEBRIER, M. (1991) - Actualización del mapa neotectónico del Perú a escala 1:2'000,000. En: Congreso Peruano de Geología, 7, Lima, 1991, Resúmenes extendidos, Soc. Geológica del Perú, Lima, t. 1, p. 23-28.
- LOCKRIDGE, P. (1985) - Tsunamis in Peru-Chile. World Data Center A for Solid Earth Geophysics, Boulder, Colorado. 97 p.
- MCGUIRE, R.K. (1976) - Fortran computer program for seismic risk analysis. U.S. Geological Survey, Reston VA, Open-File Report 76-0067, p. 68.
- OEA & USAID (1993) - Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado. Dpto. Desarrollo Reg. y Medio Ambiente, OEA y USAID, Washington, D.C., 569 p. <http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea65s/begin.htm>

- OFICINA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES (1983) - Plan de ordenamiento ambiental para el desarrollo turístico, sectores: Playa Hermosa, Puerto Pizarro y Playa Jeli, departamento de Tumbes. ONERN, Lima, 89 p.
- OFICINA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES (1978) - Inventario y evaluación de los recursos naturales de la cuenca del río Quiroz y margen izquierda del río Macará. ONERN, Lima. 2 vols.
- OGURA, A. & SOARES, E. (2002) - Procesos y riesgos geológicos. En: Repetto, F. & Santiago, C., eds. *II Curso internacional de aspectos geológicos de protección ambiental*, Of. Reg. Ciencia UNESCO, Montevideo, p. 124-147.
- OLIVEIRA, A.M.S. (1995) - Geología aplicada a la sedimentación. En: Repetto, F. & Santiago, C., eds. *Aspectos geológicos de protección ambiental*, ORCYT-UNESCO, vol. 1, p. 19-28.
- OTINIANO, J. (1995) - Principales desastres naturales ocurridos en el ámbito de la sub-región Tumbes y sus consecuencias. En: *Convención Internacional sobre Desastres Naturales*, Huaraz, 1995, Comisión N° 1: Peligros naturales, vulnerabilidad y riesgo, 4 p.
- PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL (2002) - Estudio de prefactibilidad para obras hidrológicas del río Puyango-Tumbes. Estudios estratégicos ambientales y socio-culturales. Plan Binacional de Desarrollo de la Región Fronteriza Perú-Ecuador. INADE, Lima, 155 p.
- PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL (2002) - Estudio de prefactibilidad para obras hidrológicas del río Puyango-Tumbes, tomo I, vol. II, anexo VII: estudio de climatología e hidrología. Plan Binacional de Desarrollo de la Región Fronteriza Perú-Ecuador, Lima, 283 p.
- PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL (2002) - Estudio de prefactibilidad para obras hidrológicas del río Puyango-Tumbes, tomo I, vol. III, anexo IX: estudios de uso de la tierra y suelo. Plan Binacional de Desarrollo de la Región Fronteriza Perú-Ecuador, Lima, 17 p.
- PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL (2002) - Estudio de prefactibilidad para obras hidrológicas del río Puyango-Tumbes, tomo I, vol. III, anexo XII: medio ambiente y conservación ecológica. Plan Binacional de Desarrollo de la Región Fronteriza Perú-Ecuador, Lima, 66 p.
- PALACIOS, O. (1994) - Geología de los cuadrángulos de Paita, Piura, Talara, Sullana, Lobitos, Quebrada Seca, Zorritos, Tumbes, Zarumilla. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 54, 190 p.
- PALACIOS, O., et al. (2004) - Entidad paleozoica en la faja Amotape-Tahuin y Cordilleras Occidental (Perú) y Real (Ecuador). En: *Congreso Peruano de Geología*, 12, Lima, 2004, Resúmenes extendidos, Soc. Geológica del Perú, Lima, p. 497-500.
- PARKS WATCH (2003) - Perfil de área protegida-Perú: Zona reservada de Tumbes, Durham, NC, Parks Watch, 39 p. <http://www.parkswatch.org/parkprofile.php?l=spa&country=per&park=turz&page=man>
- POLO, T. (1898-1904) - Sinopsis de temblores y volcanes del Perú. *Bol. Soc. Geogr. Lima*, 8: 321-349; 9: 15-95; 16: 91-118.
- REYES, L. & CALDAS, J. (1987) - Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 39, 83 p.
- SÁNCHEZ, R., et al. (2002).- Modelo para el pronóstico de la amenaza por deslizamientos en tiempo real. En: *Simposio Latinoamericano de Control de Erosión*, Bogotá, 2002. 8 p. <http://www.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/Modelo-pronosticoFRM.pdf>
- SANTACANA, N., et al. (2003) - Análisis de la susceptibilidad del terreno a la formación de deslizamientos superficiales mediante el uso de un sistema de información geográfica. Aplicación a la pobla de Lillet (Pirineo Oriental). En: Ayala, F.J. & Corominas, J., eds., *Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas S.I.G.*, IGME, Madrid, Medio Ambiente, 4, p. 55-82.
- SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (1988) - Mapa de clasificación climática del Perú. SENAMHI, Lima, 9 p.
- SILGADO, E. (1978) - Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974). Instituto de Geología y Minería, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica, 3, 130 p.
- TAVERA, H. & BUFORN, E. (2001) - Source mechanism of earthquakes in Peru. *Journal of Seismology*, 5: 519-539
- VÁSQUEZ, J. & HERRERA, A. (2001) - Modelación numérica bidimensional del río Tumbes. En: *Congreso Nacional de Ingeniería Civil*, 13, Puno, 2001, Ponencias, Col.

- Ingenieros del Perú, Consejo Departamental de Puno, Puno, p. H120-H123.
- VILLOTA, H. (1991) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, 212 p.
- ZAMUDIO, Y. & TAVERA, H. (2004) - Análisis temporal de la actividad sísmica en el sur del Perú y sus implicancias tectónicas. . En: Congreso Peruano de Geología, 12, Lima, 2004, Resúmenes extendidos, Soc. Geológica del Perú, Lima, p. 328-331.



Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

Av. Canadá 1470, San Borja, Lima 41, Perú

Teléfonos:051-1-224-2965 / 051-1-225-3128

Fax:051-1-225-3063 / 051-1-225-4540

[http: www.ingemmet.gob.pe](http://www.ingemmet.gob.pe)

e-mail: informacion@ingemmet.gob.pe