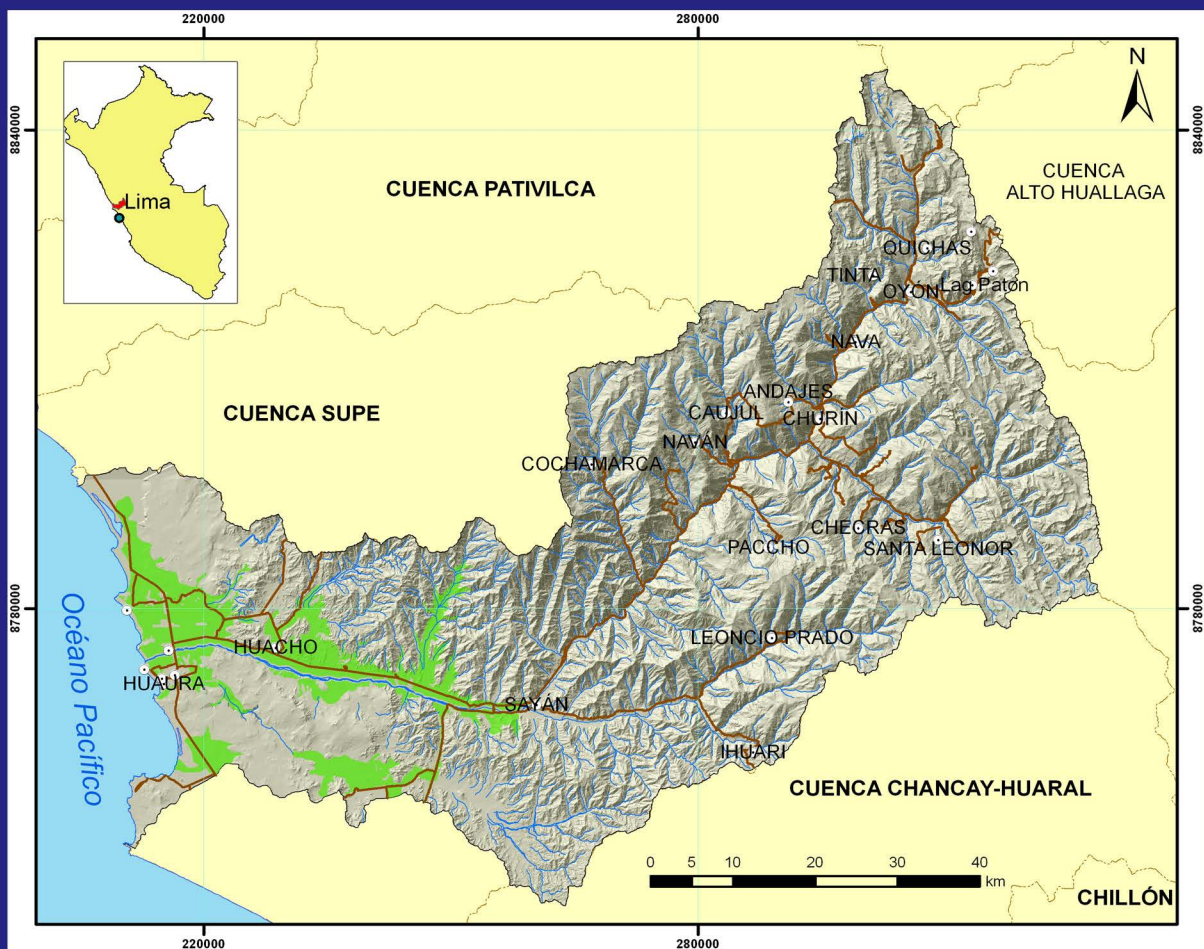


# Estudio Geoambiental de la Cuenca del Río Huaura

Boletín N° 41 Serie C  
Geodinámica e Ingeniería Geológica



Por:

Sandra Villacorta Chambi  
Jorge Chira Fernández  
Magdie Ochoa Zubiate

Mauro Sánchez Díaz  
Walter Pari Pinto  
Michael Valencia Muñoz



PERÚ

Ministerio  
de Energía y Minas

Instituto Geológico Minero  
y Metalúrgico - INGEMMET

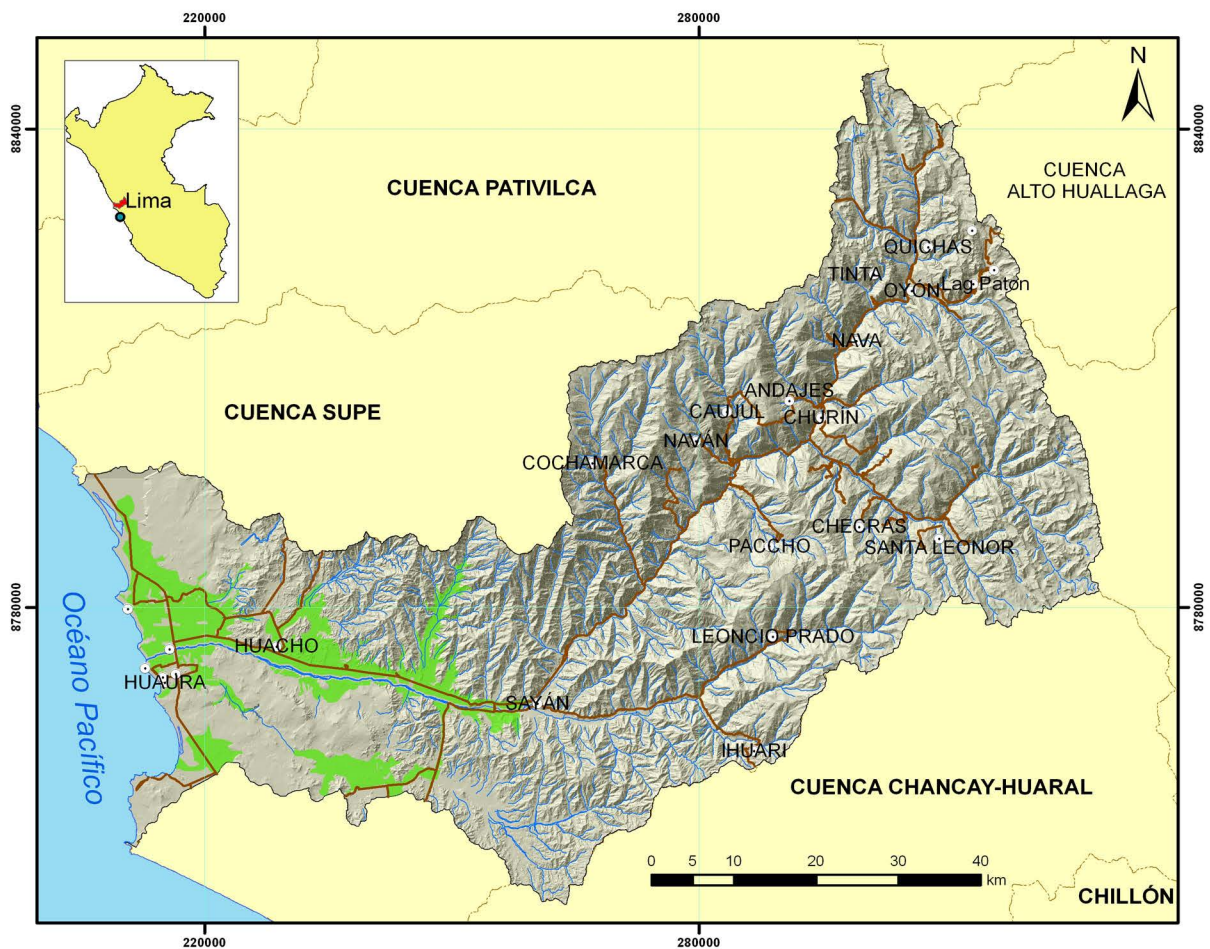


Dirección de Geología Ambiental  
y Riesgo Geológico

Lima, Perú  
2010

# Estudio Geoambiental de la Cuenca del Río Huaura

Boletín N° 41 Serie C  
Geodinámica e Ingeniería Geológica



Por:

Sandra Villacorta Chambi  
Jorge Chira Fernández  
Magdie Ochoa Zubiarte

Mauro Sánchez Díaz  
Walter Pari Pinto  
Michael Valencia Muñoz



PERÚ

Ministerio  
de Energía y Minas

Instituto Geológico Minero  
y Metalúrgico - INGEMMET



Dirección de Geología Ambiental  
y Riesgo Geológico

Lima, Perú  
2010

# CONTENIDO

RESUMEN .....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
INTRODUCCIÓN .....	3
<b>CAPÍTULO II</b>	
ASPECTOS GEOGRÁFICOS Y CLIMÁTICOS .....	7
<b>CAPÍTULO III</b>	
RECURSOS NATURALES.....	25
<b>CAPÍTULO IV</b>	
COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO.....	31
<b>CAPÍTULO V</b>	
HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA.....	35
Mauro Sánchez & Fluquer Peña	
<b>CAPÍTULO VI</b>	
ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS.....	53
<b>CAPÍTULO VII</b>	
PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS .....	65
<b>CAPÍTULO VIII</b>	
ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LOS PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS .....	87
<b>CAPÍTULO IX</b>	
CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE AGUAS Y SEDIMENTOS .....	93
Jorge Chira & Luis Vargas	

**CAPÍTULO X**

INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN EL MEDIO AMBIENTE .....	115
---	-----

**CAPÍTULO XI**

PROBLEMÁTICA SOCIAL Y ACCIONES DE DIFUSIÓN.....	125
---	-----

**CAPÍTULO XII**

ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....	131
--	-----

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	143
-------------------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA.....	147
-------------------	-----

ANEXO 1: GLOSARIO .....	153
-------------------------	-----

ANEXO 2: CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS DE LAS FUENTES MUESTREADAS, POTABILIDAD Y VALORES QUE SUPERAN EL NIVEL MÁXIMO DE CONTAMINANTES (MCL) .....	159
--	-----

ANEXO 3: DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES CAÍDAS DE ROCAS Y DERRUMBES INVENTARIADOS EN LA CUENCA DEL RÍO HUAURA .....	165
--	-----

ANEXO 4. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS INVENTARIADOS EN LA CUENCA DEL RÍO HUAURA.....	169
--	-----

ANEXO 5. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES FLUJOS INVENTARIADOS EN LA CUENCA DEL RÍO HUAURA.....	173
--	-----

ANEXO 6. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS MACROSÍSMICOS DE LA ZONA ESTUDIADA.....	179
---	-----

ANEXO 7. MAPA DE ISOSISTAS DEL SISMO DEL 6 DE ENERO DE 1725.....	187
--	-----

ANEXO 8. MAPA DE ISOSISTAS SISMO 24 MAYO DE 1940.....	193
---	-----

ANEXO 9. MAPA DE ISOSISTAS SISMO 17 OCTUBRE DE 1966.....	195
--	-----

ANEXO 10. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE INTENSIDADES SÍSMICAS MÁXIMAS.....	199
--	-----

ANEXO 11. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES PROCESOS DE EROSIÓN FLUVIAL INVENTARIADOS EN LA CUENCA DEL RÍO HUAURA.....	203
--	-----

ANEXO 12. ELEMENTOS ANALIZADOS EN AGUAS.....	211
--	-----

ANEXO 13. LÍMITES DE DETECCIÓN DE ELEMENTOS ANALIZADOS POR ICP-MS.....	215
--	-----

ANEXO 14. MARCO NORMATIVO DE LA CALIDAD DE AGUAS.....	219
---	-----

ANEXO 15. ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD.....	227
---	-----

ANEXO 16. POTENCIALES FOCOS DE CONTAMINACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO HUAURA.....	235
---	-----

## RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES

### **Mapas Escala 1: 200 000**

Mapa 01	Unidades de uso de suelo y cobertura vegetal
Mapa 02	Unidades de pendiente
Mapa 03	Unidades litológicas
Mapa 04	Unidades geomorfológicas
Mapa 05	Unidades hidrogeológicas
Mapa 06	Peligros geológicos y geohidrológicos
Mapa 07	Susceptibilidad por movimientos en masa
Mapa 08	Susceptibilidad por inundaciones
Mapa 09	Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos
Mapa 10	Calidad físico-química de las aguas superficiales
Mapa 11	Caracterización química de las aguas superficiales por el contenido aniónico/catiónico
Mapa 12	Niveles de calidad química de sedimentos (Co, Mo, Ni, Pb, Tl)
Mapa 13	Niveles de calidad química de sedimentos (Cr, Cu, Zn, As, Cd, Hg)

### **Figuras**

Figura 2.1	Ubicación de la cuenca del río Huaura
Figura 2.2	Sectores en la cuenca del río Huaura
Figura 2.3	Infraestructura destacable en la cuenca del río Huaura (INEI, 1997)
Figura 2.4	Autorizaciones y concesiones pesqueras en la cuenca del río Huaura (Ministerio de Pesquería, DGA, 2007)
Figura 2.5	Temperaturas °C en la cuenca del río Huaura ( <i>Atlas de Peligros Naturales del Perú</i> , INDECI, 2002)
Figura 2.6	Mapa de Precipitación Anual, periodo lluvioso (mm) ( <i>Atlas de Peligros Naturales del Perú</i> , INDECI, 2002)
Figura 2.7	Comportamiento estacional del río Huaura (DGAA, 1998)
Figura 2.8	Zonificación de aporte de sedimentos en la cuenca del río Huaura (Dávila y otros, 1990)
Figura 2.9	Registro de caudales, en los periodos 1982-83 y 1997-98 en la cuenca (MINAG, SENAMHI, 1997)
Figura 3.1	Uso del recurso hídrico en la cuenca del río Huaura (MINAG-INRENA, 1996)
Figura 3.2	Mapa de asociación de suelos en la cuenca del río Huaura (INRENA, 1996)
Figura 5.1	Mapa de subcuencas y red hidrológica de la cuenca del río Huaura

- Figura 5.2 Hidrogramas de descargas máximas, medias y mínimas del río Huaura en la estación hidrométrica Sayán (registro de caudales en m<sup>3</sup>/s, periodo 1911-99, tomados de CINYDE S.A.C., 2004)
- Figura 5.3 Mapa de isoyetas y ubicación de estaciones meteorológicas de la cuenca del río Huaura
- Figura 5.4 Esquema del balance hídrico de la cuenca del río Huaura
- Figura 5.5 Número de fuentes de agua inventariadas en la cuenca del río Huaura (inventario por subcuencas)
- Figura 5.6 Tipo de pozos y sondeos por distrito político, inventariados en el valle del río Huaura (INRENA 2005)
- Figura 5.7 Mapa de subcuencas e inventario de fuentes de agua de la cuenca del río Huaura
- Figura 5.8 Histogramas de frecuencia para los análisis de sólidos totales disueltos (izquierda) y  
y 5.9 conductividad eléctrica (derecha)
- Figura 5.10 Concentración en mg/l de iones mayoritarios presentes en las muestras analizadas
- Figura 5.11 Representación gráfica de los diagramas de Stiff en la cuenca del río Huaura
- Figura 5.12 Diagrama de Piper: muestras representativas provenientes del sistema hidrogeológico de la cuenca del río Huaura
- Figura 5.13 Porcentaje de aptitud para el consumo humano de las 99 muestras de agua
- Figura 5.14 Comparación entre el número de muestras de agua aceptables y no aceptables para el consumo humano, según el Nivel Máximo de Contaminantes (MCL) establecido por la OMS y las leyes peruanas
- Figura 5.15 Clasificación del agua subterránea muestreada en la cuenca del río Huaura, según el U.S. Salinity Laboratory Staff (1954)
- Figura 6.1 Esquema de terrazas fluviales observado en el valle del río Checras
- Figura 7.1 Ejemplos de causas que producen caídas (Colas y Pillot, Varnes, 1958)
- Figura 7.2 Vuelco o toppling (adaptado de Goodman y Bray, 1976)
- Figura 7.3 Deslizamiento rotacional (adaptado de Varnes, 1978)
- Figura 7.4 Deslizamientos traslacionales en suelos (Varnes, 1978)
- Figura 7.5 Flujos (Varnes, 1978; Colas y Pilot, 1979)
- Figura 7.6 Manifestaciones en el suelo cuando existen procesos de reptación (adaptado de Selby, 1982; Danness, 1972; Nelson & Martín, 1981)
- Figura 7.7 Distribución de sismos con influencia en la cuenca del río Huaura y sección sísmica AB (IGP, 2005)
- Figura 7.8 Distribución de isoaceleraciones (g) en la cuenca del río Huaura, para un 10% de excedencia en 30 años.
- Figura 7.9 Distribución de isoaceleraciones (g) en la cuenca del río Huaura, para un 10% de excedencia en 50 años.
- Figura 7.10 Distribución de isoaceleraciones (g) en la cuenca del río Huaura, para un 10% de excedencia en 100 años.
- Figura 7.11 Mapa de zonificación sísmica del Perú (Alva, 1984)
- Figura 7.12 Curva de peligro anual poblado Atalaya-El Tauca
- Figura 7.13 Área de inundación en caso de tsunami cuenca del río Huaura
- Figura 7.14 Erosión en cárcavas que afectan talud superior e inferior de carretera
- Figura 7.15 Porcentaje de procesos inventariados en la zona de estudio
- Figura 7.16 Actividad de los procesos inventariados en la zona de estudio

- Figura 7.17 Porcentaje de procesos respecto a la unidad litológica a la cual están asociados
- Figura 9.1 (a) Diagrama Piper y (b) Diagrama de cajas y bigotes de cuenca alta del río Huaura
- Figura 9.2 (a) Diagrama Piper y (b) Diagrama de cajas y bigotes de cuenca media del río Huaura
- Figura 9.3 Muestra de río Auquimarca, Auquimarca (23j-008), con 39% del ión cloruro, denotando contaminación antrópica. Agua tipo clorurada sódica cálcica
- Figura 9.4 (a) Diagrama Piper y (b) Diagrama de cajas y bigotes de la cuenca baja
- Figura 9.5 Mapa de distribución de salinidad
- Figura 9.6a Diagrama Wilcox, agua de la cuenca alta
- Figura 9.6b Diagrama de muestra de agua 22jw-010a, sulfatada
- Figura 9.7 Diagrama Wilcox, agua de la cuenca media
- Figura 9.8 Diagrama Wilcox, aguas de la cuenca baja
- Figura 9.9 Mapa de distribución de pH de la cuenca del río Huaura
- Figura 9.10 pH en aguas para uso doméstico-cuenca alta
- Figura 9.11 pH en aguas para uso agropecuario-cuenca alta
- Figura 9.12 TDS en aguas para uso doméstico-cuenca alta
- Figura 9.13 Caracterización de agua de muestra 22jw-020b, como sulfatada bicarbonatada cálcica
- Figura 9.14 Cadmio en aguas para uso doméstico
- Figura 9.15 Cadmio en aguas para uso agropecuario-cuenca alta
- Figura 9.16 Cromo en aguas para uso doméstico-cuenca alta
- Figura 9.17 Cromo en aguas para uso agropecuario-cuenca alta
- Figura 9.18 Cromo en aguas para uso agropecuario-cuenca alta
- Figura 9.19 Cobre en aguas para uso doméstico-cuenca alta
- Figura 9.20 Cobre en aguas para uso agropecuario-cuenca alta
- Figura 9.21 Manganeso en aguas para uso doméstico-cuenca alta
- Figura 9.22 Manganeso en aguas para uso agropecuario-cuenca alta
- Figura 9.23 Diagrama en pastel de muestra de agua sulfatada-bicarbonatada cálcica, qda. Patón, laguna Patón
- Figura 9.24 Zinc en agua para uso agrícola-cuenca alta
- Figura 9.25 Oda. Sucló, Sucló, donde se reporta alto contenido de Zn (1479ug/l)
- Figura 9.26 Cianuro WAD en aguas para uso agropecuario-cuenca alta
- Figura 9.27 pH en aguas para uso doméstico-cuenca media
- Figura 9.28 pH en aguas para uso agropecuario-cuenca media
- Figura 9.29 Muestra 22j-083, caracterizada como sulfatada magnésica cálcica, por disolución de dolomitas y sulfuros
- Figura 9.30 TDS en aguas para uso agropecuario-cuenca media
- Figura 9.31 Muestra de agua caracterizada como sulfatada magnésica-cálcica como resultado de alteración de sulfuros y rocas dolomíticas

- Figura 9.32 Arsénico en aguas para uso doméstico-cuenca media
- Figura 9.33 Muestra de aguas bicarbonatada sulfatada cálcica, por disolución de rocas carbonatadas
- Figura 9.34 Arsénico en aguas para uso agropecuario-cuenca media
- Figura 9.35 Agua sulfatada bicarbonatada cálcica en sector Mallay, como resultado de meteorización de rocas carbonatadas y sulfuros
- Figura 9.36 Manganeso en aguas para uso doméstico-cuenca media
- Figura 9.37 Muestra de qda. Chichque, Pucamina, (573ug/l Mn), caracterizada como sulfatada-bicarbonatada cálcica magnésica
- Figura 9.38 Manganeso en aguas para uso agropecuario-cuenca media
- Figura 9.39 Agua sulfatada magnésica cálcica qda. Jausha, Jashán
- Figura 9.40 Agua sulfatada bicarbonatada magnésica cálcica
- Figura 9.41 Plomo en aguas para uso doméstico-cuenca media
- Figura 9.42 Muestra de río Huaura, Churín, con contaminación antrópica
- Figura 9.43 Muestra de agua indicando meteorización de rocas carbonatadas
- Figura 9.44 Zinc en aguas para uso agrícola-cuenca media
- Figura 9.45 pH en aguas para uso doméstico-cuenca baja
- Figura 9.46 pH en aguas para uso agropecuario-cuenca baja
- Figura 9.47 Muestra de agua del río Huaura, con cierta contaminación antrópica
- Figura 9.48 Muestra de río Chico, con evidente contaminación antrópica y un 18% del ión cloruro
- Figura 9.49 Mn en aguas para uso doméstico-cuenca baja
- Figura 9.50 Mn en aguas para uso agropecuario-cuenca baja
- Figura 9.51 Dispersión de arsénico en sedimentos
- Figura 9.52 Dispersión de cadmio en sedimentos
- Figura 9.53 Dispersión de cobalto en sedimentos
- Figura 9.54 Dispersión de cromo en sedimentos
- Figura 9.55 Dispersión de cobre en sedimentos
- Figura 9.56 Dispersión de mercurio en sedimentos
- Figura 9.57 Dispersión de molibdeno en sedimentos
- Figura 9.58 Dispersión de níquel en sedimentos
- Figura 9.59 Dispersión de plomo en sedimentos
- Figura 9.60 Dispersión de talio en sedimentos
- Figura 9.61 Dispersión de zinc en sedimentos
- Figura 10.1 Mapa de unidades y procesos erosivos de suelos en la cuenca (INRENA, 1996)
- Figura 12.1 Escalonamiento de taludes en terrazetas para corregir un talud inestable
- Figura 12.2 Trinchos transversales de troncos y fajinas de matorrales para proteger áreas de la erosión de laderas (modificado de Valderrama y otros, 1964)



- Figura 12.3 Revegetación de una ladera susceptible a deslizamiento formando terrazas
- Figura 12.4 Muro permeable al pie del talud de una zona con deslizamiento
- Figura 12.5 Presas de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaicos
- Figura 12.6 Gaviones para encauzar el lecho del río
- Figura 12.7 Espigones para proteger las terrazas fluviales
- Figura 12.8 Fijación de dunas a través de plantaciones forestales

## **Cuadros**

- Cuadro 2.1 División política de la cuenca del río Huaura
- Cuadro 2.2 Infraestructuras destacables en la provincias, según tipo de obra (INEI, 1997)
- Cuadro 2.3 Población total, superficie y densidad poblacional, según provincia (INEI, 2007)
- Cuadro 2.4 PEA de 15 años y más según provincias, área y sexo (INEI, 1994a)
- Cuadro 2.5 Cobertura de servicio de agua (INEI, 1994a)
- Cuadro 2.6 Servicio de desagüe, por porcentaje de cobertura, según Provincia (INEI 1997)
- Cuadro 2.7 Viviendas con ocupante y disposición de alumbrado eléctrico (INEI, 1994a)
- Cuadro 2.8 Tipo de energía eléctrica y tiempo de servicio (INEI, 1994a)
- Cuadro 2.9 Establecimientos de salud en las provincias de Huaura y Oyón (INEI, 2007)
- Cuadro 2.10 Cultivos principales y superficie que abarca en el valle del río Huaura (INRENA-DRH, 2005)
- Cuadro 2.11 Especies cultivadas en la cuenca del río Huaura (EDELNOR, 2007)
- Cuadro 2.12 Conseciones pesqueras y acuicultura en la cuenca del río Huaura (Ministerio de Pesquería-DGA, 2007)
- Cuadro 2.13 Compañías mineras en la cuenca del río Huaura
- Cuadro 2.14 Distribución porcentual de establecimientos industriales por tipo de producción, según provincia (INEI, 1997)
- Cuadro 2.15 Recursos naturales y turísticos, por tipo, según provincia y distritos (INEI, 1997)
- Cuadro 2.16 Estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del río Huaura (MINAG, 1994)
- Cuadro 2.17 Registro de caudales en fenómenos El Niño de los periodos 1982-83 y 1997-98 (SENAMHI, 1999)
- Cuadro 2.18 Categorías y áreas naturales protegidas en la cuenca del río Huaura (MINAG, INRENA, SINANPE, 2007)
- Cuadro 3.1 Población y uso del agua en la cuenca del río Huaura (Demanda de Uso Consutivo) (ONERN, 1984)
- Cuadro 3.2 Flora característica de la cuenca baja del río Huaura (PROCOMHCC, 2006)
- Cuadro 3.3 Fauna característica de la cuenca baja del río Huaura (EDELNOR, 1997)
- Cuadro 3.4 Principales minas y prospectos en la cuenca del río Huaura
- Cuadro 4.1 Superficie cultivable (*ha*) en la cuenca del río Huaura (MEM-DGAA, 1998)
- Cuadro 5.1 Precipitación areal de la cuenca del río Huaura
- Cuadro 5.2 Evapotranspiración potencial de la cuenca del río Huaura, por el método de Thornthwaite
- Cuadro 5.3 Evapotranspiración real de la cuenca hidrográfica del río Huaura, por el método de Turc

- Cuadro 5.4 Estándares de la calidad del agua según la OMS y el D.L. N.° 17752 (D.S. N.° 044-2001-A.G.) de la Ley General de Aguas del Perú, vigente para la aptitud de agua para consumo humano hasta el 2008
- Cuadro 5.5 Clasificación hidrogeológica de las formaciones geológicas que afloran en la cuenca del río Huaura
- Cuadro 7.1 Procesos de reptación de suelos inventariados en la cuenca del río Huaura
- Cuadro 7.2 Principales movimientos complejos inventariados en la cuenca del río Huaura
- Cuadro 7.3 Principales arenamientos inventariados en la cuenca del río Huaura
- Cuadro 7.4 Magnitud del tsunami (Wiegel, 1970) (\*)Alturas que se alcanzarían si se tienen aguas profundas cerca de la costa y los vértices de Bahías en forma de U, V y W
- Cuadro 7.5 Ciudades de la costa del área de influencia de la cuenca del río Huaura, que reportaron tsunamis
- Cuadro 7.6 Principales procesos de inundación inventariados en la cuenca del río Huaura
- Cuadro 7.7 Principales procesos de erosión de laderas inventariados en la cuenca del río Huaura
- Cuadro 8.1 Matriz de ponderaciones pendiente vs litología
- Cuadro 8.2 Matriz de ponderaciones pendiente vs hidrogeología
- Cuadro 8.3 Matriz de ponderaciones pendiente vs geomorfología para los movimientos en masa
- Cuadro 8.4 Matriz de ponderaciones pendiente vs cobertura vegetal y uso de suelo para los movimientos en masa
- Cuadro 8.5 Matriz de ponderaciones pendiente vs geomorfología para el caso de inundaciones
- Cuadro 8.6 Matriz de ponderaciones pendiente vs cobertura vegetal y uso de suelo para inundaciones
- Cuadro 9.1 Muestras de salinidad alta a muy alta
- Cuadro 9.2 Unidades geológicas regionales-cuenca del río Huaura

### **Fotografías**

- Foto 2.1 Canal Santa Rosa, aguas arriba de Sayán, que deriva sus aguas hacia Andahuasi y anexos, con una longitud aproximada de 42 km
- Foto 2.2 Sitio arqueológico de Bandurria, sector denominado Anfiteatro
- Foto 2.3 Los Quipus de Rapaz
- Foto 2.4 Vista de uno de los torreones del complejo arqueológico de Rapazmarca
- Foto 4.1 Centro poblado de Andajes ubicado en la parte alta de una meseta conocida como Cerro Pircahuay (Andajes, Oyón-Lima)
- Foto 4.1 Vegetación observada en el cauce de la quebrada Shacaca, a la altura de Colcapampa (Cochamarca-Oyón)
- Foto 4.2 Pajonal de puna observado en las inmediaciones del Cerro Calcun Maica, a la altura de Checche (Andajes-Oyón)
- Fotos 5.1 y 5.2 Izquierda: fuente natural de agua subterránea (manantial); derecha: fuente artificial de agua subterránea (pozo de captación)
- Foto 6.1 Depósito aluvial en la margen derecha del río Huaura, a la altura de Mirahuay
- Foto 6.2 Diorita de la unidad II-2, a la altura del sector Casa Vieja, Sayán
- Foto 6.3 Tobas diaclasadas de la unidad III a la altura del Cerro Jato Viejo, Auquimarca
- Foto 6.4 Calizas de la unidad V-1 a la altura de la laguna Suerococha, Oyón

- Foto 6.5 Vertiente intrusiva de pendiente media con afloramientos dioríticos de la unidad II-2. Cerro Bellavista, Huambo, Sayán
- Foto 6.6 Vista del fondo de valle del río Huaura, 500 m aguas abajo del Puente Alco (Sayán)
- Foto 6.7 Vista de la explanada eólica del sector Paraíso (Sayán)
- Foto 6.8 Vista de una montaña sedimentaria plegada con evidencias de erosión, glaciación y deglaciación, cerro Iscu, Oyón
- Foto 6.9 Loma San Juan, ejemplo de las lomas intrusivas observadas en la cuenca baja del río Huaura (Sector Pampa del Cura, Huaura)
- Foto 7.1 Caída de rocas. Carretera Sayán-Churín
- Foto 7.2 Deslizamiento de San Bartolome de Curay (distrito de Pachangara, provincia de Oyón)
- Foto 7.3 Flujo de detritos en el sector Pumahuain
- Foto 7.4 Flujo de la quebrada Los Alces que puede observarse en la carretera Huaura-La Empedrada (distrito y provincia de Huaura)
- Foto 7.5 Reptación de suelos en el sector Pampa Jupay (distrito de Naván y provincia de Oyón)
- Foto 7.6 Derrumbe flujo en la margen izquierda del río Huaura, a la altura del cerro Toldo Rumi (Oyón)
- Foto 7.7 Erosión marina en la playa en la parte baja del sector el Tauca
- Foto 7.8 Erosión fluvial en el sector Cabracancha (distrito de Andajes)
- Foto 7.9 Erosión de laderas en el Cerro Muchica Rumay (distrito de Ihuari y provincia de Huaral)
- Foto 8.1 Las zonas de lagunas son poco susceptibles a las inundaciones sin embargo podrían presentar desbordes en épocas de lluvias excepcionales. Laguna Macaula Chica, Oyón
- Foto 8.2 Sector Santa Ana (Huaura) altamente susceptible a las inundaciones
- Foto 9.1 Muestreo en laguna Añilcocha (22jW-010a). Agua caracterizada como sulfatada cálcica. CE: 935uS/s, alta salinidad y 379 ug/l sulfatos
- Foto 9.2 Toma de parámetros pH, TDS, conductividad eléctrica y temperatura con el combo HANNA
- Foto 9.3 Desague mina Uchucchacua, Laguna Patón, estación 22jw-020b, sulfatos:111ug/l, 41ug/l de As, 61ug/l de Sb y 163 ug/l de Zn
- Foto 10.1 Vista del relave observado en una ladera del cerro Sugarargra, Oyón
- Foto 10.2 Vista del relave en el sector Mezapata, Oyón
- Foto 10.3 Vista del relave observado en la carretera Churin-Cochamarca a la altura de San Juan de Yaurucaya (Cochamarca, Oyón)
- Foto 10.4 Estación de descarga en túnel Patón. Mina Uchucchacua, como parte del PAMA 2002
- Foto 10.5 Una de las 21 canchas de relave de la mina abandona Santa Rita.
- Foto 10.6 Vista de la quema de pastos a la altura de Choques, Huaura
- Foto 10.7 Muestra de un herbicida considerado como ligeramente tóxico, el cual es utilizado en los sembríos de caña de azúcar, en la cuenca baja del río Huaura, sector Andahuasi, Sayán
- Foto 10.8 Aguas termales de Huancahuasi, margen izquierda del río Checras en la localidad del mismo nombre
- Foto 10.9 De derecha a izquierda: confluencia de las quebradas Yuracyacu y Cochaquillo. La última, muestra precipitados de hidróxidos de hierro en el material del cauce correspondiente a pirita diseminada de las areniscas cuarzosas de la Formación Farrat y a flujos de agua subterránea en la margen izquierda de dicha quebrada

- Foto 10.10 Sector de la carretera Sayán-Churín donde constantemente se producen derrumbes en tiempos de lluvias
- Foto 10.11 Carretera Sayán-Churín, vía afirmada en la que se genera elevada cantidad de material particulado que finalmente llega al río
- Foto 10.12 Margen derecha río Huaura, aguas abajo de Sayán
- Foto 10.13 Margen izquierda río Huaura, desechos inorgánicos arrojados aguas abajo de Sayán
- Foto 11.1 Protagonistas del paro agrario 2008 (Enlace Nacional, 2008)
- Foto 11.2 Afiche de la IV Feria Regional Agropecuaria organizada por la Dirección Regional de Agricultura del Gobierno Regional de Lima (MINAG, 2007)
- Foto 11.3 Afiche del IV Forum internacional y VI Foro Nacional de Agrominería: «Actividad Minera Industrial respetando la Biodiversidad y Responsabilidad Social», organizado por el Instituto Superior Tecnológico Oyón en el 2008 (Instituto Superior Tecnológico Oyón, 2008)
- Foto 11.4 Diálogo con las autoridades es imprescindible en COM COM. Se observa en la fotografía, personal de INGEMMET entregando el informe de zonas críticas de la cuenca del río Huaura a autoridades de la provincia de Huaura
- Foto 11.5 Alumnos del colegio secundario Raúl Porras Barnechea de Churín aprendiendo sobre peligros geológicos y su prevención
- Foto 11.6 El presidente de la comunidad de Rapaz, resaltando la utilidad de la información presentada por INGEMMET en la prevención de los peligros en su localidad

## RESUMEN

La información presentada en este estudio busca contribuir con el establecimiento de una línea de base ambiental en la cuenca del río Huaura. Para dicho fin se estudiaron los aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, geoquímicos y geodinámicos, así como la influencia de las actividades antrópicas en la cuenca de dicho río.

Esta información se procesó para elaborar mapas temáticos y una serie de propuestas de manejo a los problemas presentados. Adicionalmente, se desarrollaron actividades de comunicación con las comunidades, buscando crear una cultura de prevención de desastres y cuidado de los recursos hídricos subterráneos.

La cuenca del río Huaura está ubicada al norte de la región de Lima y abarca parte de las provincias de Huaura, Huaral y Oyón. De la caracterización geológico-geodinámica realizada, se deduce que los procesos geológicos que ocurren con mayor periodicidad en la cuenca son los flujos, caídas y erosión, y las zonas con mayor susceptibilidad a procesos de ese tipo se localizan en los distritos de Sayán, Navan, Andajes, Pachangara, Oyón, Maray, Santa Leonor, Caujul, Huaura, Huacho, Leoncio Prado e Ihuari; en segundo lugar, se tienen movimientos complejos, deslizamientos e inundaciones.

Las zonas más expuestas a dichos eventos son las áreas aledañas al río Huaura, entre Huaura y la desembocadura, pasando por los poblados de San Germán, Humaya, Sarope, Carquín, Acaray y Santa Ana, en el distrito de Huaura, y Vizquira, Sayán, Chambara, Quipico y Vilcahuara, en Sayán.

De la evaluación geoquímica ambiental efectuada y su comparación con la respectiva normatividad nacional e internacional en aguas;

se concluye que las aguas del río Huaura son, en general, bicarbonatadas sulfatadas cálcicas y que solo el pH supera los límites de calidad de aguas establecidos por la normatividad peruana.

Sin embargo, el arsénico, manganeso y plomo exceden los límites de calidad establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para aguas de uso doméstico; el arsénico supera la norma canadiense para el caso de las aguas de uso pecuario, y el manganeso, el zinc y el TDS superan igualmente la norma canadiense para aguas de uso agrícola.

En cuanto a la calidad química de los sedimentos, son principalmente el arsénico y el zinc los elementos que exceden el límite de intervención internacional, y en menor grado, el plomo, el cadmio, el mercurio y el talio.

Respecto a impactos ambientales, se ha comprobado que los efluentes más contaminantes en la cuenca del río Huaura están relacionados a la mina inactiva Santa Rita, aunque los botaderos de basura dispuestos a la intemperie son las fuentes de contaminación más recurrentes.

En los aspectos sociales, se observa que gran parte de la población, especialmente la de tipo rural, carece de conocimientos acerca de los peligros geológicos que los pueden afectar.

En relación a esto, el programa de comunicación con las comunidades realizado por INGEMMET en el marco de este estudio contó con el apoyo de diversos municipios locales, provinciales e instituciones educativas. Las localidades donde se tuvo mayor convocatoria fueron Churín, Rapaz, Caujul y Huacho.

## AGRADECIMIENTOS

En representación del INGEMMET, los autores del estudio agradecen a las instituciones públicas y entidades privadas que contribuyeron brindando información y facilidades para la ejecución de los trabajos del *Estudio geoambiental de la cuenca del río Huaura*, en especial, al Gobierno Regional de Lima, la Municipalidad

Provincial de Huaura, EMAPA Huacho, INDECI, el Grupo Norte y las autoridades de las localidades de Churín, Huancahuasi, Rapaz, Caujul, Naván, Yarucaya, Andajes, Pachangara, Oyón, Sayán y Huacho.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### PRESENTACIÓN

En el marco del Plan Operativo Institucional para el año 2007, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), ejecutó el *Estudio geoambiental de la cuenca del río Huaura*, cuyo objetivo central ha sido generar información geocientífica de calidad, que contribuya al desarrollo sostenible de la población ubicada allí.

Esta cuenca destaca por la actividad agroindustrial que se desarrolla, la minería representada por minas como Raura y Ucchucchaucua, la presencia de áreas geoturísticas como los baños termomedicinales de Churín, Huancachín y Huancahuasi, entre otros, así como importantes centros poblados como Huacho, Huaura y Oyón, que la convierten en un área de crecimiento poblacional y económico.

Por sus características geológicas, geográficas y climáticas, el territorio de la cuenca es afectado por procesos geológicos que se generan con cierta periodicidad, ocasionando desastres y afectando, en diferente grado, a poblaciones, vías de comunicación e infraestructura. Los movimientos en masa son considerados como una de las causas más comunes de la ocurrencia de desastres en la cuenca.

Los resultados de este estudio permitirán proponer políticas, programas y acciones de prevención ante los peligros naturales y los resultantes de los procesos de ocupación territorial. Asimismo, esta información constituirá la base para el ordenamiento territorial y el desarrollo sostenible de las poblaciones de la cuenca del río Huaura.

### ANTECEDENTES

Se han realizado varios trabajos en la cuenca del río Huaura, los cuales han tratado temáticas como geología, geodinámica, hidrogeología, contaminación ambiental entre otras. Los más resaltantes han sido los realizados por el INGEMMET, la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAAM), del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), y los reportes del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

En el *Estudio geodinámico de la cuenca del río Huaura*, efectuado por el INGEMMET en el año 1990, se evaluó a escala 1/100 000

la recurrencia de movimientos en masa, erosión fluvial e inundaciones en la cuenca, y con ello se determinó cuatro zonas de riesgo: muy alto, alto, medio y bajo.

El comportamiento hidrológico de la cuenca del río Huaura ha sido motivo de varios estudios, entre los que se puede mencionar, por su importancia, el *Estudio hidrológico de la cuenca del río Huaura* (AGUIRRE, 1998), cuya información y análisis se refiere a las características de los parámetros meteorológicos, caudales medios anuales y mensuales, y a la definición del balance hídrico superficial.

En el *Estudio de evaluación ambiental territorial y de planteamientos para reducción o eliminación de la contaminación de origen minero en la cuenca del río Huaura*, elaborado por la DGAAM del MINEM en el año 1998, se evaluó la contaminación originada por la actividad minera histórica y presente en la cuenca, y se establecieron los lineamientos para un Programa de Adecuación Ambiental Minero de esta.

Asimismo, un INDECI de cada jurisdicción realiza frecuentemente inspecciones técnicas periódicas y presenta informes donde se emiten una serie de recomendaciones para evitar los riesgos asociados a los procesos que causan desastres en la cuenca. Como ejemplos de datos sobre desastres ocurridos por fenómenos naturales en la cuenca, reportados por INDECI, se pueden mencionar los procesos de erosión fluvial e inundaciones en ambas márgenes del río Huaura, reportadas por las sedes de Sayán y de Huacho.

### ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

El alcance principal de este estudio es la evaluación de la susceptibilidad a los peligros geológicos y el establecimiento de una línea base ambiental en la cuenca del río Huaura. Esta información es básica y muy útil para los futuros trabajos de prevención de desastres por fenómenos naturales y para las evaluaciones y monitoreos ambientales de la zona de estudio.

La información sobre recursos naturales biológicos ha sido limitada, pero se consideró suficiente debido a que éste es un estudio que aporta más en los aspectos geológicos y no es un estudio de impacto ambiental.

Otra limitante para la elaboración de este trabajo ha sido la imposibilidad de acceder a algunos sectores de la cuenca para

realizar los trabajos de campo requeridos por impedimentos de los pobladores que rechazan en sus localidades la realización de cualquier tipo de estudio. Estas áreas corresponden a un 10% de la cuenca y se cubrieron con fotointerpretación.

## PARTICIPACIÓN

En el presente estudio participaron los siguientes profesionales de la DGAR y Dirección de Recursos minerales y energéticos (DRME) del INGEMMET.

De la DGAR participaron: Sandra Villacorta, responsable del proyecto y encargada del inventario y evaluación de movimientos en masa, con el apoyo de Magdie Ochoa en trabajos de gabinete y campo, así como el geógrafo César Abad y los geólogos Daniel Tintaya y Elisbán Lauro en los trabajos de campo; Mauro Sánchez, encargado del estudio hidrogeológico, con el apoyo de Gerson Cotrina, Víctor Vargas y Yeslin Olarte, y el geofísico Walter Pari, encargado de la Geofísica.

De la DRME participaron: Jorge Chira, encargado de la geoquímica ambiental, con la colaboración de Luis Vargas, Renato Chero, Roger Gonzáles y Michael Valencia en los trabajos de muestreo geoquímico de aguas y sedimentos.

Todos estos trabajos se han realizado con el apoyo de Cesar Egocheaga y Samuel Lu, ambos de la Dirección de Sistemas de Información del INGEMMET.

## OBJETIVOS

El objetivo general de estudio es contribuir al desarrollo sostenible de la cuenca del río Huaura y al mejoramiento de las condiciones de vida de sus habitantes, brindando a las autoridades y a la población información de base y temática sobre su estado ambiental y los problemas que la afectan.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Cartografiar, inventariar y caracterizar los peligros geológicos y geohidrológicos.
- Obtener información básica sobre el origen, causas y efectos de los peligros geológicos en la cuenca.
- Obtener mapas de susceptibilidad a los peligros geológicos.
- Determinar áreas que deben ser monitoreadas y establecer la línea de base ambiental de la cuenca.
- Identificar los impactos ambientales de las distintas actividades antrópicas.
- Identificar las zonas críticas en la cuenca ante la posible ocurrencia de peligros naturales.

- Promover la inclusión de la información geocientífica en la elaboración de los planes de ordenamiento territorial y gestión del riesgo local en la cuenca.
- Involucrar, comunicar y sensibilizar a la población en la temática de los peligros naturales y el cuidado de los recursos hídricos.

## METODOLOGÍA

La metodología empleada para el presente estudio consta de tres etapas de trabajo: Gabinete I, Campo y Gabinete II.

### Gabinete I. Recopilación y análisis de datos

Los trabajos de *Gabinete I*, o preliminares, consistieron en:

- Recopilación y evaluación de información bibliográfica sobre la cuenca.
- Generación de la cartografía básica: delimitación de la cuenca y composición del mapa topográfico base utilizando hojas topográficas del Instituto Geográfico Nacional.
- Preparación del modelo digital de terreno (MDT) mediante SIG.
- Generación de mapas preliminares para su respectiva comprobación de campo.
- Interpretación de imágenes satelitales a escala 1/100 000.
- Composición del mapa litológico-estructural a escala 1/100000, a partir de la cartografía geológica actualizada por INGEMMET al 2006.
- Interpretación y cartografiado de peligros geológicos, de imágenes satelitales Landsat (TM y ETM) y fotografías áreas de la cuenca.
- Preparación de una base de datos de inventario de peligros geológicos en la cuenca del río Huaura.

### Campo. Recopilación de datos in situ

Los trabajos de campo se han efectuado mediante inspecciones a la cuenca del río Huaura en el año 2007, haciendo un total de 95 días de trabajo de campo. En dichas salidas se realizaron las siguientes actividades:

- Inventario, caracterización y cartografiado de los peligros geológicos y geohidrológicos en hojas a escala 1/25 000.
- Muestreo sistemático de aguas y sedimentos activos de quebrada.
- Inventario y caracterización de fuentes de agua subterránea.



- Evaluación preliminar de la seguridad física de centros, poblados, identificación de zonas críticas e inventario de pasivos ambientales.
- Caracterización de unidades litológicas y unidades geomorfológicas en campo.
- Actividades de comunicación con comunidades sobre la temática de prevención de desastres y cuidado de los recursos hídricos.
- Integración de mapas temáticos a los SIG y análisis de susceptibilidad a los movimientos en masa e inundaciones.
- Elaboración de mapas de susceptibilidad a los movimientos en masa e inundaciones.
- Análisis de los resultados químicos y fisicoquímicos obtenidos en campo y laboratorio.
- Determinación de zonas críticas ante la posible ocurrencia de peligros naturales.

## **Gabinete II. Sistematización de la información y elaboración de productos**

Los trabajos de *Gabinete II*, o finales, han radicado en:

- Procesamiento y depuración de datos en base a la confrontación de la información obtenida en los trabajos de *Gabinete I* y Campo.
- Elaboración y preparación de una base de datos de peligros geológicos y geo-hidrológicos, la cual permita su incorporación a los SIG.
- Elaboración de mapas temáticos finales de factores (geomorfología, litología, pendientes, cobertura vegetal, hidrogeología y calidad de aguas y sedimentos).
- Análisis del peligro sísmico.
- Elaboración de mapas de geoquímica ambiental e interpretación de la calidad de las aguas superficiales y sedimentos de quebrada.
- Identificar las zonas críticas en la cuenca ante la posible ocurrencia de peligros naturales.
- Determinación de la influencia de actividades antrópicas en el medio ambiente.
- Preparación y redacción del informe final.



# CAPÍTULO II

## ASPECTOS GEOGRÁFICOS Y CLIMÁTICOS

### SITUACIÓN Y EXTENSIÓN DE LA CUENCA

La cuenca del río Huaura se encuentra ubicada en la región de Lima, abarca parte de las provincias de Oyón, Huaura y Huaral (cuadro 2.1) y tiene una extensión aproximada de 6000 km<sup>2</sup>. Geográficamente se ubica entre las coordenadas (WGS 84): 210000

E, 8850000 N y 330000 E, 8750000 N, y limita con las cuencas del Río Supe y Pativilca por el norte, por el sur con la cuenca del río Chancay-Huaral, por el este con las cuencas de los ríos Mantaro, Huallaga y el Marañón, y por el Oeste con el océano Pacífico (Figura 2.1).

**Cuadro 2.1**  
**División política de la cuenca del río Huaura**

Provincia	Distritos
Huaura	Ambar, Caleta de Carquín, Checras, Huacho, Leoncio Prado, Paccho, Santa Leonor, Santa María, Sayán, Vegueta
Oyón	Andajes, Caujul, Cochamarca, Naván, Oyón, Pachangara
Huaral	Pacaraos, Veintisiete de Noviembre, Ihuari
<b>Total</b>	<b>20 poblados</b>

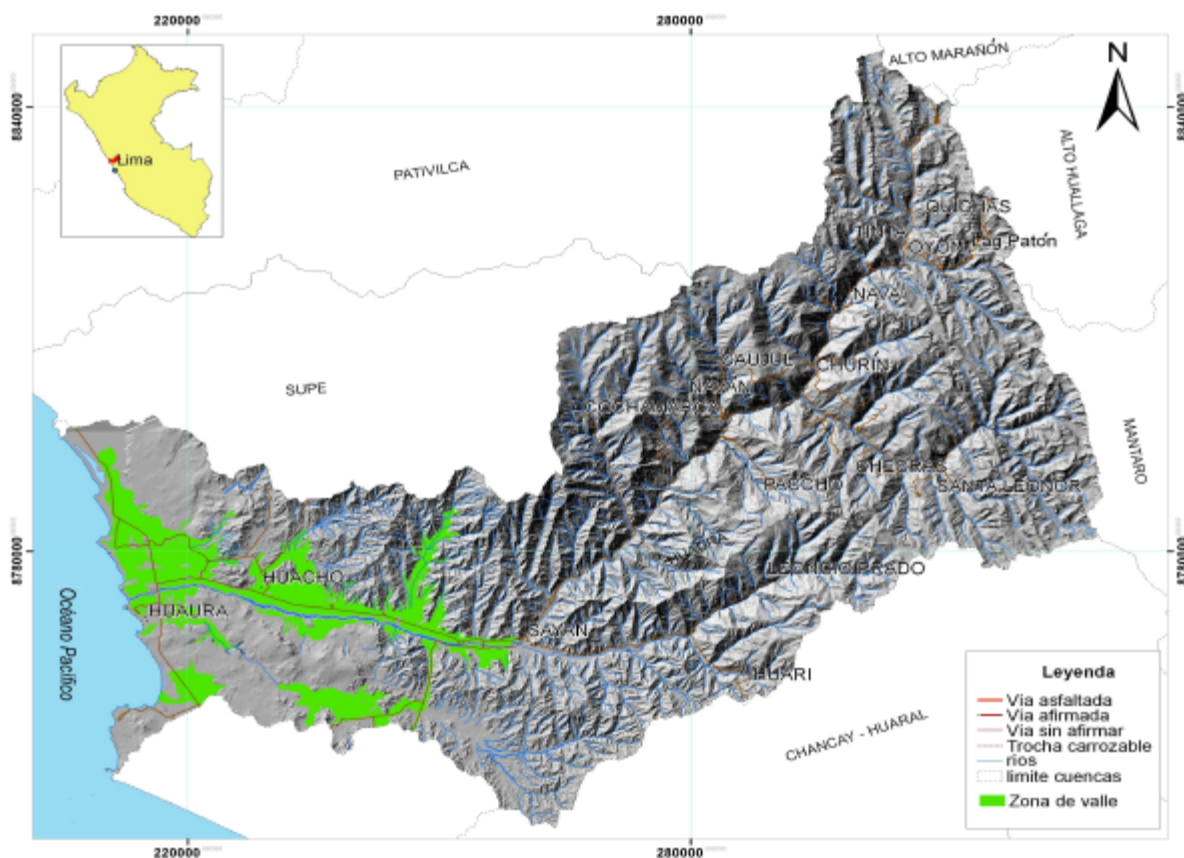


Figura 2.1 Mapa de ubicación de la cuenca del río Huaura.

A fin de diferenciar con mayor facilidad los diferentes ámbitos de la cuenca, se le ha dividido en tres sectores (figura 2.2): cuenca baja, desde la desembocadura a Sayán (0 a 800 m.s.n.m.); cuenca media, de Sayán a Churín (800 a 2000 m.s.n.m.), y cuenca alta, desde Churín hasta la divisoria (entre los 2000 y 5000 m.s.n.m.).

**VÍAS DE ACCESO**

El acceso a la cuenca del río Huaura se realiza por el sistema de vías que integran las ciudades de Huaura y Huacho con todos sus distritos y anexos ubicados dentro de la cuenca.

Se cuenta con dos sistemas de vías:

- La carretera Panamericana Norte, hasta la ciudad de Huaura (a 140 km de Lima), desde donde se sigue hacia el este mediante una carretera asfaltada de 58 km hasta el puente Alco. Esta carretera conecta los pueblos de Sayán, Churín, Oyón, Yanahuanca en la cuenca y cruza el

departamento de Lima. Es una alternativa para el ingreso a la Selva y permite la integración de los departamentos de Áncash, Lima y Huánuco.

- La carretera que parte del desvío de la carretera Panamericana en el Km. 94,6 hacia el este, asfaltada hasta el lugar denominado «El Ahorcado», a partir de allí es afirmada y continúa por Santa Rosa, Vizquera, Cooperativa Andahuasy, Sayán, Churín, etc.

**INFRAESTRUCTURA DESTACABLE**

Según resultados de la Encuesta Nacional INEI 1997, en la jurisdicción de las provincias de Huaura y Oyón, se cuenta con 35 obras de infraestructura, de las cuales el 34% corresponde a obras de irrigación, el 32% son puentes, 9% pozos de agua, 3% muelles y embarcaciones, 11% infraestructura vial, que comprende pistas, túneles, y un 11% son centrales hidroeléctricas (figura 2.3, cuadro 2.2).

**Cuadro 2.2**  
**Infraestructuras destacables en la provincias, según tipo de obra (INEI, 1997)**

Provincia	Total Obras Construcción	Tipo de Obras de Construcción					
		Irrigaciones	Puentes	Muelles Embarcaciones	Pozos de Agua	Infraestructura Vial	Centrales Hidroeléctricas
Huaral	3	1	1	---	---	1	---
Huaura	18	5	6	1	2	2	2
Oyón	14	6	4	---	1	1	2



**Figura 2.2** Mapa de sectores en la cuenca del río Huaura.

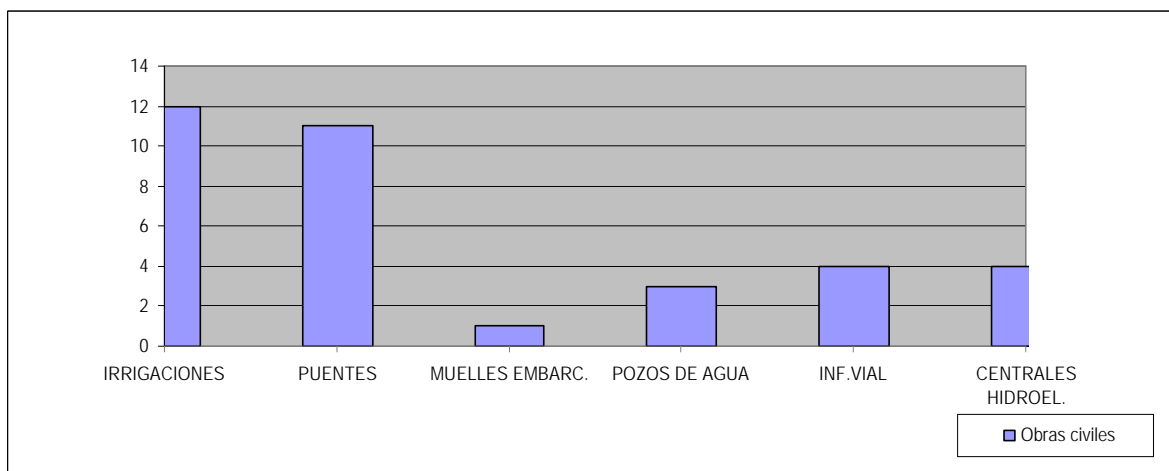


Figura 2.3 Infraestructura destacable en la cuenca del río Huaura (INEI, 1997)

Como ejemplo de las obras de irrigación en la cuenca se tiene una serie de canales en el valle, como el de Santa Rosa, que aprovecha las aguas del río Huaura para irrigar las zonas agrícolas ubicadas entre Sayán y Huaura (foto 2.1).

### CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN

La cuenca del río Huaura tiene una población aproximada de 215 604 habitantes, distribuidoa en 20 distritos, tanto en zonas urbanas

como rurales. Dicha población está principalmente concentrada en la cuenca baja (donde se ubican ciudades como Huacho y Huaura), típicamente urbana, que representan el 90% de la población total.

La población en la parte alta de la cuenca forma parte del área rural y representa el 10% del total. Dicha población está asentada en terrazas o valles interandinos como, por ejemplo, los poblados de Viroc, Churín, Naván, Cochamarca o Rapaz (cuadro 2.3).



Foto 2.1 Canal Santa Rosa, aguas arriba de Sayán, que deriva sus aguas hacia Andahuasi y anexos, con una longitud aproximada de 42 km.

**Cuadro 2.3**  
**Población total, superficie y densidad poblacional, según provincia (INEI, 2007)**

Provincia	Distritos	Población Total	Densidad Poblacional	Superficie (Km <sup>2</sup> )	% Superficie
Huaura	Ambar, Caleta De Carquin, Checras, Huacho, Leoncio Prado, Paccho, Santa Leonor, Santa María, Sayán, Vegueta	193 744	39,6	4 926 604	63,3
Oyón	Andajes, Caujul, Cochamarca, Naván, Oyón, Pachangara	17 588	9,33	1 871 487	24,0
Huaral	Pacaraos, Veintisiete De Noviembre, Ihuari	4 272	6,2	985 134	12,7
Total	20 Poblados	215 604		7 783 225	100,0

Según INEI (1997), Huaral es considerada una de las tres más importantes provincias receptoras de flujo migratorio en la Región Lima, con una tasa de migración del 5%.

Por otro lado, la población económicamente activa (PEA) de las provincias de Huaura, Oyón y Huaral consolida un 4% de la PEA de la Región Lima. En el cuadro 2.4 se puede apreciar la PEA en las provincias mencionadas, de acuerdo al sexo y a la zona que ocupan.

### **Saneamiento Básico**

El servicio de alcantarillado se realiza en muchos casos sin red, no es regularizado ni controlado y depende de las posibilidades económicas de la población. De este modo, el abastecimiento y cobertura de agua y desagüe en las viviendas de provincias, distritos y anexos en la cuenca del río Huaura, representan el 90% y el 70%, respectivamente (cuadros 2.5 y 2.6). Los distritos que no cuentan con servicio de desagüe dentro de la vivienda, el

**Cuadro 2.4**  
**PEA de 15 años y más, según provincias, área y sexo (INEI, 1994a)**

Provincia	Total	Hombres	Mujeres	Total Urbano	Total Rural
Huaura	53 875	39 076	13 430	36 152	12 978
Oyón	4 810	3 768	1 042	2 653	2 157
Huaral	2 542	1 694	848	2 118	424

**Cuadro 2.5**  
**Cobertura de servicio de agua (INEI, 1994a)**

Provincia	Total de Viviendas	Red Pública	Pilón de Uso Público	Pozo	Camión Cisterna u Otro	Río, Acequia, o Manantial
Huaura	32 988	16 056	2 444	5 862	1 834	6 071
Oyón	4 077	1 563	1 068	39	10	1 263

**Cuadro 2.6**  
**Servicio de desagüe, por porcentaje de cobertura, según provincia (INEI 1997)**

Provincia	Total	% de Cobertura a las Viviendas				No Tienen
	Distritos	0-25	26-50	51-75	76 -100	
Departamento Lima	177	48	32	38	29	21
Huaura	12	4	-	4	2	2
Oyón	6	3	1	-	-	2

cual es un 30%, utiliza letrinas o pozos ciegos para la disposición final de los desechos, como es el caso de Oyón, con un ligero avance en Huaura. En cuanto al tipo de cobertura de servicio de agua en las viviendas, el 57% se realiza a través de red pública, y un 43%, a través de cisternas, río, acequia, pozos de agua, etc.

### Electrificación

El servicio de electrificación de acuerdo a viviendas totales en las provincias de Huaura, Oyón y Huaral es cubierto en un 58%, ya sea a través de energía hidráulica, térmica u otro tipo (cuadros 2.7 y 2.8). A nivel distrital, dos distritos no cuentan con ningún tipo de energía, debido a su lejanía con las principales provincias.

El tipo de energía predominante es la hidráulica, en segundo lugar está la energía térmica, como es el caso de Sayán y Caujul; luego se encuentra la energía a través de generadores eléctricos, motores diesel, etc., los cuales representan el 11% de la población.

### Salud

En el cuadro 2.9 se ubican los principales centros de salud en las jurisdicciones de las provincias de Huaura y Oyón, siendo esta última la que cuenta con mayor índice en deficiencias de atención en salud, con predominancia de centros y puestos de salud.

### Centros Educativos

De acuerdo a la Encuesta Nacional de Municipalidades e Infraestructura Socio Económica Distrital (1997), en la provincia

de Huaura, existen 271 locales educativos mientras que en Oyón sólo existen 74, este último con una sola institución de nivel superior: el Instituto Superior Tecnológico Oyón, creado en 1991. Por ello, la mayoría de habitantes migra al distrito de Huacho, con el fin de tener un nivel educativo superior.

### ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Según el INEI (1994a), la agricultura, ganadería, caza, pesca y minería son las actividades que más aportan al PBI de la Región Lima, y se desarrollan en las provincias de Huaura, Oyón y Huaral, las cuales enmarcan la zona de estudio. La agricultura es la principal actividad económica, representa un 30% de la producción agrícola de la Región Lima (Plan Estratégico Regional de Lima, 2002). En segundo lugar, destacan en la cuenca, la ganadería, la pesca y la minería. En menor proporción, se desarrollan las actividades artesanales, la actividad forestal y el turismo.

### Agricultura

Esta actividad se desarrolla de forma significativa en toda la cuenca, destaca la agroindustria, principalmente en localidades ubicadas en la cuenca baja y media, en Santa Rosalía, Huambo Alto y Bajo, Sayán y Ayaranga, donde se desarrolla una importante producción frutícola. Además, destaca la producción de caña de azúcar, papa, algodón y alcachofas. Con respecto a la producción de frutas, en el valle de Huaura, resalta el cultivo de durazno, que convierte a este valle en uno de los más importantes abastecedores

**Cuadro 2.7**  
Viviendas con ocupante y disposición de alumbrado eléctrico (INEI, 1994a)

Provincia	Total de Viviendas	Alumbrado Eléctrico			
		Si Dispone	%	No Dispone	%
Huaura	32 958	21 159	54	11 500	42
Oyón	4 077	2 153	53	1 924	47
Huaral	854	569	67	284	33

**Cuadro 2.8**  
Tipo de energía eléctrica y tiempo de servicio (INEI, 1994a)

Provincia	Total Distritos	Tipo de Energía			Número de Horas de Servicio		
		Hidráulica	Térmica	Otro	0 a 6 Horas	7 a 12 Horas	13 a 24 Horas
Huaura	12	8	1	2	1	4	6
Oyón	6	4	1	-	1	-	4

**Cuadro 2.9**  
Establecimientos de salud en las provincias de Huaura y Oyón (INEI, 2007)

Total de Establecimientos	Tipo de Establecimiento		
	Hospital y Clínica	Centros de Salud	Puestos de Salud
60	7	17	36
20	0	6	14

de néctares de frugos de la industria peruana, con lo que abastecen a corporaciones como Lindley S.A., AJEPER, Gloria S.A., LAIVE S.A. y Selva Industrial S.A. (EDELNOR, 2007).

En la cuenca baja, la actividad agrícola es de carácter sostenible debido al aprovechamiento hídrico del río Huaura, a través de sistemas de riego permanente, temporal y en seco, representando un total de 58 124 ha de superficie cultivable en ambos casos. En el cuadro 2.10 se muestra los principales productos agrícolas explotados en la cuenca baja y la superficie que abarcan. Sobre los cultivos de caña de azúcar, se puede decir que la mayor parte de ellos son de propiedad del complejo azucarero Andahuasi y se ubican desde Huaura hasta Sayán en ambas márgenes del río Huaura.

**Cuadro 2.10**  
**Cultivos principales y superficie que abarca en el valle del río Huaura (INRENA-DRH, 2005)**

Cultivo	Área (Ha)
Caña de azúcar	9 728,52
Frejol castilla	1 603,91
Maíz amarillo duro	6 592,66
Maíz chala	2 335,80
Maíz choclo	2 614,71
Naranja	1 512,41
Otros	8 276,10

En la cuenca alta destacan las localidades de Caujul y Naván por su producción de maíz, papa, habas, trigo y otros artículos de pan llevar.

En el cuadro 2.11 se señalan las principales especies cultivadas en la cuenca y su utilidad.

**Cuadro 2.11**  
**Especies cultivadas en la cuenca del río Huaura (EDELNOR, 2007)**

Nombre científico	Nombre Común	Utilidad
<i>Solanum tuberosum</i>	Papa	alimentación
<i>Zea mays</i>	Maíz	alimentación
<i>Vicia faba</i>	Haba	alimentación
<i>Triticum aestivum</i>	Trigo	alimentación
<i>Pisum sativum</i>	Arveja	alimentación
<i>Daucus carota</i>	Zanahoria	alimentación
<i>Carica papaya</i>	Papaya	alimentación
<i>Inga feuillei</i>	Pacae	alimentación
<i>Musa paradisiaca</i>	Plátano	alimentación
<i>Caesalpinia tara</i>	Tara	medicinal-tintes

## Ganadería

La actividad pecuaria en la cuenca se desarrolla a través de la crianza de ganado vacuno, ovino, porcino, caprino y aves de corral; esta última con baja productividad a diferencia del ganado vacuno, que según INEI (1994b) representa la población más significativa de las especies en la crianza en la cuenca del río Huaura, especialmente en las provincias de Huaura y Huaral.

En la cuenca, existen asociaciones ganaderas como la Asociación de la Irrigación San Felipe-Huacho, conformada por pequeños ganaderos que cuentan hasta con 20 cabezas de ganado cada uno; actualmente produce un total de 13 714 litros de leche al día, a través de ordeño manual o con máquina.

Asimismo, en las localidades de Huacho Sin Pescado y Andajes se ha desarrollado, en base a la ganadería, una pequeña industria de manjares.

## Pesca

Ya sea industrial o artesanal, esta actividad se desarrolla principalmente en el litoral de la cuenca, se utilizan 62 hectáreas para el cultivo de truchas, tilapias y camarones en lagunas, riachuelos y ríos tanto en la parte alta de Oyón como en la costa de Huaura (cuadro 2.12 y figura 2.4).

Según el Ministerio de la Producción (2007), el total de recursos marítimos producidos en la cuenca, representa casi el 20% de la producción pesquera nacional.

El negocio de la trucha posibilita la generación de diferentes actividades económicas como construcción de embarcaciones, redes, restaurantes, actividad turística (caza), construcción de plataformas de producción y uso industrial de sus desechos para producir alimentos para ganado.

## Minería

La actividad minera en el valle Huaura, se remonta a la época de la colonia y actualmente se desarrolla a nivel de mediana y pequeña minería metálica.

Los centros mineros se encuentran en la parte alta de la cuenca; se han contabilizado siete minas y dos concentradoras, localizadas una en Raura, y la otra en Oyón que procesan básicamente zinc (INEI, 1997). Sobre los minerales explotados, destaca la producción minera de zinc, plomo y plata en concentrado para exportación, aunque también es importante la explotación de cobre y carbón en Oyón.

Cabe resaltar la presencia de algunos prospectos por oro y plata como San Cristóbal y Shalla (cuadro 2.13), ubicados en el distrito de Oyón.



**Cuadro 2.12**  
**Concesiones pesqueras y acuicultura en la cuenca del río Huaura (PRODUCE, 2007)**

Nombre Del Concesionario	Provincia	Distrito	Zona	Hectareaje	Nombre Del Recurso	Especie	Desarrollo de la Actividad
Acuaris Perú S.A.C.	Oyón	Oyón	Caserío Uscruchaca	0.4715	Río Gasuna	Trucha	Menor Escala
Coke Metalúrgico Del Perú S.A.	Huaura	Santa Leonor	Chulpin	0.0108	Río Chulpin	Trucha	Subsistencia
Comunidad Campesina San Agustín De Canin	Huaura	Checras	Molinos De Canin	0.0205	Río Checras	Trucha	Subsistencia
Hnos. Cárdenas García	Oyón	Pachangara	Chacrapampa	0.0164	Riachuelo Pachangara	Trucha	Subsistencia
Isaías Del Castillo Tapia	Oyón	Pachangara	Ayarpongo	0.006	Río Pachangara	Trucha	Subsistencia
Máximo De La Cruz Tolentino	Huaura	Santa Leonor	Tiracancha Jucul	0.0276	Río Checras	Trucha	Subsistencia
Víctor Calle Inca	Oyón	Andajes	La Chimba	0.0108	Río Chimba	Trucha	Subsistencia
Piscigranja Los Delfines S.R.L	Huaura	Santa Leonor	Maraynillog	0.027	Río Checras	Trucha	Subsistencia
Juan Ortega Girón	Oyón	Oyón	Paraje Sacacuta	0.0019	Río Tinta	Trucha	Subsistencia
Tania Franco Escobar	Oyón	Oyón	Pachocomac	0.1018	Río Checras	Trucha	Menor Escala/Producción De Semillas
Alfredo Gonzales Rosell	Huaural	Pacaraos	Localidad De Muruhuasi	0.00072	Río Chancay	Trucha	Subsistencia
Teófilo Villanueva Melgar	Oyón	Oyón	Tinta	0.0192	Río Tinta	Trucha	Subsistencia
Acuahuaura S.A.C	Huaura	Santa María	Cuadroda	0.4065	No Especificado	Tilapia	Menor Escala/ Producción De Semillas
Acuahuaura S.A.C	Huaura	Vegueta	Sector Santa Cruz	9.9	No Especificado	Tilapia	Mayor Escala
Granja Acuicola Chaviño	Huaura	Vegueta	Chaviño	40	Laguna Chaviño	Camatón Gigante, Lisa Marina	Menor Escala
Henry Arcos Romocho	Oyón	Oyón	Patón	2.07	Laguna Patón	Trucha	Menor Escala
Diego Racacha Gallardo	Oyón	Oyón	Paraje Chaupicocha	1	Laguna Chaupicocha	Trucha	Subsistencia
Acuahuaura S.A.C	Huaura	Huacho	Qda. Animas	7.108	Laguna La Encantada	Tilapia	Mayor Escala

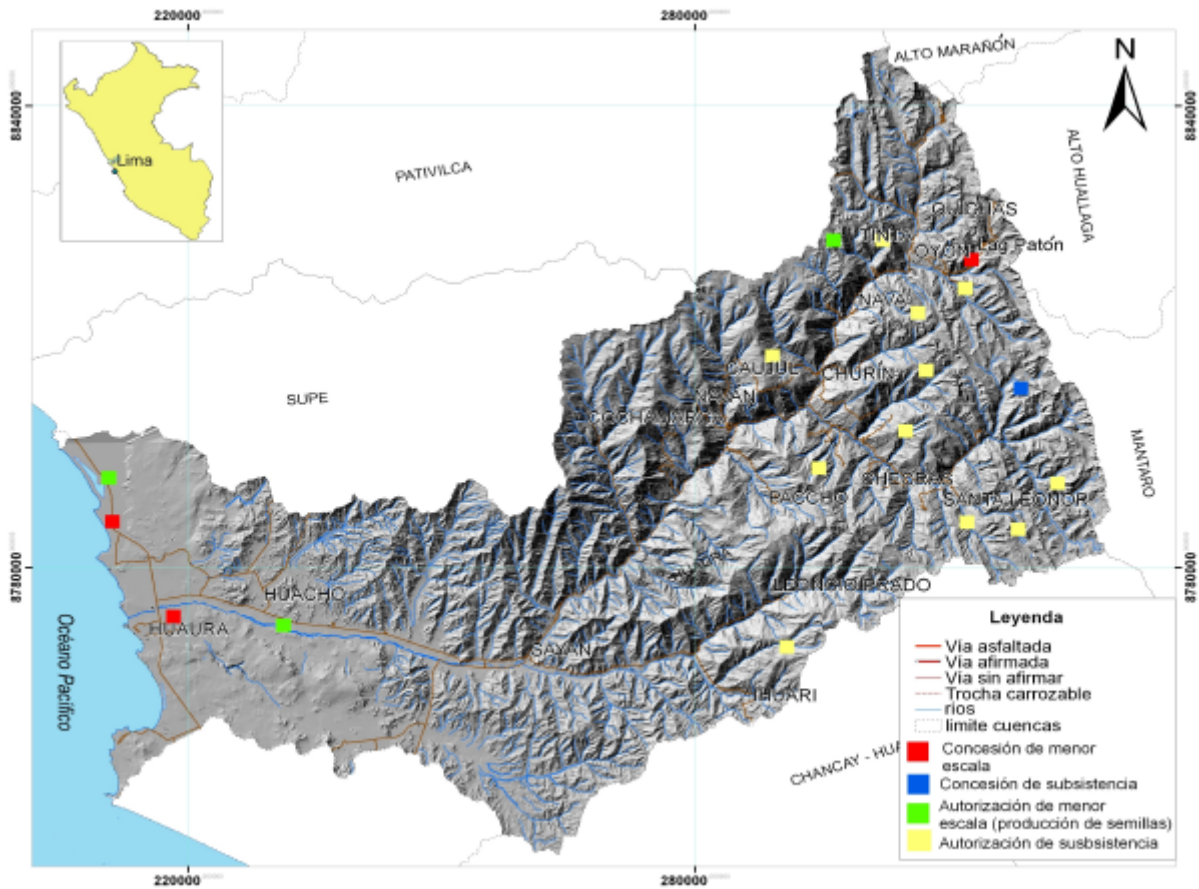


Figura 2.4 Autorizaciones y concesiones pesqueras en la cuenca del río Huaura (PRODUCE, 2007).

Cuadro 2.13  
Compañías mineras en la cuenca del río Huaura

Tipo de Yacimiento	Categoría	Elementos Explotados	Nombre	Actividad
Skarn	Mina	(Pb,Zn,Ag)	Anamaray	Inactiva
Skarn	Mina	(Pb,Zn,Ag, Cu)	Uchucchacua	Activa
Skarn	Prospecto	(Zn,Pb,Ag)	Mallay	Activa
Epitermal	Mina	(Pb,Zn)	Caujul	Inactiva
Epitermal	Mina	(Pb,Zn,Cu)	Santa Rita	Inactiva
Pórfido	Mina	(Cu, Mo)	Parag	Inactiva
Skarn	Mina	(Zn,Pb,Ag)	Iscaycruz	Activa
Filoniano	Mina	(Pb,Zn,Cu)	Pachangara	Inactiva
Epitermal	Prospecto	(Ag, Cu)	Surpa	Activa
Epitermal	Mina	(Ag, Pb)	Vizcachaca	Inactiva
Epitermal	Prospecto	(Ag, Cu)	San Cristóbal	Activa
Epitermal	Prospecto	(Ag, Cu)	Shalla	Activa
Epitermal	Proyecto	(Au, Ag, Cu)	Invicta	Activa
Epitermal	Proyecto	(Ag, Cu)	Mercedes 3L	Activa
IOCG	Prospecto	(Au, Fe)	La Mina	Activa
Carbón	Mina	(C)	Pampahuay	Activa

### Actividades Artesanales e Industriales

La actividad industrial en las provincias de Huaura y Oyón destaca por la producción de alimentos, textiles y metalúrgicas (cuadro 2.14). Las principales empresas que constituyen el sector están orientadas principalmente a la producción de bienes de consumo final, así tenemos la transformación de sal, fabricación de azúcar y bebida, y la fábrica de pulpa de madera en Huaura (INEI, 1997).

Las actividades artesanales mantienen un bajo grado de desarrollo particularmente en las áreas rural y urbano-marginal, emplean tecnologías tradicionales y carecen de capacitación, lo que limita el acceso a los financiamientos. Destaca el uso de especies vegetales como el junco (*scyrpus dominguensis*), la totora (*typha californicus*) y el carrizo (*phargmites communis*), como fibras para la fabricación de canastas, sombreros y sillas de paja, entre otros.

### Actividad Forestal

En la parte baja de la cuenca del río Huaura, se ha observado cierto número de especies arbóreas introducidas, entre las que destacan el eucalipto, el molle, las casuarinas; éstas son empleadas principalmente para delimitación de linderos entre parcelas, así como para la creación de áreas de riqueza florística asociada a la apicultura (CINYDE, 2004).

En la parte alta de la cuenca, destacan los bosques de queñuales, ubicados en el distrito de Oyón e inmediaciones de la Laguna Surasaca. Estos tienen una extensión de 443 203,69 ha; las cuales fueron inventariadas en el año 2007 por el comité de gestión de bosques reconocidos en la Región Lima.

Cabe recalcar que la actividad de producción forestal en la zona de estudio representa un aporte muy bajo en las actividades económicas para la población de la cuenca; su aprovechamiento principalmente es para la conservación, preservación de la biodiversidad ecológica y el manejo de cuenca alta (INEI, 1994b).

### Turismo

La actividad turística se viene desarrollando en la cuenca en menor proporción respecto a las otras actividades económicas, como se pudo observar en las localidades de Churín y Huancahuasi, destacables por sus aguas termomedicinales; rapaz, por sus ruinas

arqueológicas, y Huacho por sus reservas naturales como la Albufera de Medio Mundo.

Según los resultados de la Encuesta Nacional de Municipalidades e Infraestructura Socio Económica Distrital (INEI, 1997), en las provincias de Huaura y Oyón, existe un total de 11 baños termales, 35 zonas arqueológicas y 65 lagos y lagunas (Cuadro 2.15), los mismos que representan el potencial turístico en la cuenca del río Huaura.

### Baños termales

Con respecto a los baños termales en la cuenca, existen tres en la provincia de Oyón (distritos de Pachangara, Andajes, Paccho y Oyón) y uno en la provincia de Huaura (distrito de Santa Leonor).

En el distrito de Pachangara se tienen seis baños termales, tres en la localidad de Churín y tres en la localidad de Chiuchín. En la localidad de Churín (capital del distrito de Pachangara) se tiene a los baños termales denominados «La Meseta», «Velo de la Novia» y «Baños de la Juventud», que se caracterizan por presentar temperaturas que no exceden los 36° C, mientras que en la localidad de Chiuchín, donde se ubican los baños termales de «El Chorro», «Huancachín» y «Cachipampa», las temperaturas oscilan entre los 45 y 55° C. Cabe resaltar que estos se encuentran en el valle del río Checras afluente al río Huaura.

En el distrito de Andajes, se ubican los baños termomedicinales de Cabracancha, conocidos también como «Baños de Fierro» en la margen derecha del río Huaura. Este manantial alcanza una temperatura de 47° C y tiene alto contenido de hierro y manganeso.

En el distrito de Paccho se tienen los baños de Tingo, en la margen izquierda del río Huaura, y al igual que los baños de Cabracancha estos poseen alto contenido de hierro y manganeso. La temperatura del agua llega hasta los 55° C.

En el distrito de Oyón se tienen los baños de Huancahuasi, Viroc y Patón, a 3 270, 3 150 y 4 000 m.s.n.m., respectivamente. Las aguas de Huancahuasi y Viroc poseen temperaturas de 56 y 59° C, respectivamente, mientras que el agua de la fuente de Patón, cerca de la laguna del mismo nombre, es hipotermal y tiene una temperatura de 32° C.

**Cuadro 2.14**  
Distribución porcentual de establecimientos industriales por tipo de producción, según provincia (INEI, 1997)

Provincia	Tipo de Producción %						
	Alimentos	Bebidas	Textiles	Muebles	Metalurg.	Maq. y Eq	Otros
Huaura	34,1	12,2	14,6	17,1	12,2	0	9,8
Oyón	74,1	0	0	11,1	0	0	14,8

**Cuadro 2.15**  
**Recursos naturales y turísticos, por tipo, según provincia y distritos (INEI, 1997)**

Provincia y Distrito	Baños Termales	Zonas Arqueológicas	Lagos y Lagunas
Provincia Huaura	3	12	16
Ambar	1	2	2
Caleta De Carquín	-	1	-
Checras	-	5	-
Hualmay	-	2	-
Leoncio Prado	-	2	3
Paccho	-	-	-
Santa Leonor	2	-	6
Santa María	-	-	3
Vegueta	-	-	2
Provincia Oyón	8	23	49
Oyón	2	4	10
Andajes	1	3	4
Caujul	-	2	8
Cochamarca	-	2	16
Navan	-	5	10
Pachangara	5	7	1

En el distrito de Santa Leonor (provincia de Huaura) se encuentra la fuente termal Picoy, ubicada en la margen izquierda del río Checras. Las aguas de esta fuente termal presentan una temperatura de 60° C, la más caliente de todas las anteriores.

## **CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA CUENCA**

### ***Parámetros Climáticos***

La caracterización de los elementos meteorológicos que moderan el clima en la cuenca se viene registrando en 25 estaciones meteorológicas localizadas a diferentes altitudes dentro de ella (cuadro 2.16).

#### Temperatura

La temperatura es el elemento meteorológico más ligado al factor altitudinal. En altitudes mayores a los 3800 m.s.n.m. (provincia de Oyón), la temperatura baja hasta los 12° C en promedio anual (figura 2.5), y en las alturas de Raura, a 5500 m.s.n.m., se alcanza una temperatura de alrededor de 5° C.

En la cuenca media, a la altura de la estación Santa Rosa, la temperatura anual promedio es de 20° C; la temperatura máxima puede alcanzar los 24,5° C (MEM-DGAA, 1998).

#### Precipitación Pluvial

El escurrimiento natural se origina como consecuencia de las precipitaciones estacionales que ocurren en la cuenca alta y del deshielo de los nevados.

La precipitación pluvial varía desde escasos milímetros en la costa árida y desértica, próxima al mar, hasta alrededor de los 800 mm en las nacientes del río Quichas ubicado a más de 4 800 m.s.n.m. (figura 2.6).

Las precipitaciones en la parte media y alta de la cuenca suceden entre los meses de diciembre y marzo, a este tiempo se denomina como época lluviosa y determina para toda la cuenca una precipitación media de 473 mm/año (MEM-DGAA, 1998).

#### Humedad

Según datos del SENAMHI (1997), la humedad relativa en la región de Lima es mayor en la costa (85%) que en la sierra (64%), y mientras en la costa es mayor durante el invierno; en la sierra es mayor en verano.

En la cuenca media, la humedad relativa del aire (promedio anual) es de aproximadamente 76,7% (Estación Santa Rosa) y la humedad máxima que se produce en las horas antes y después



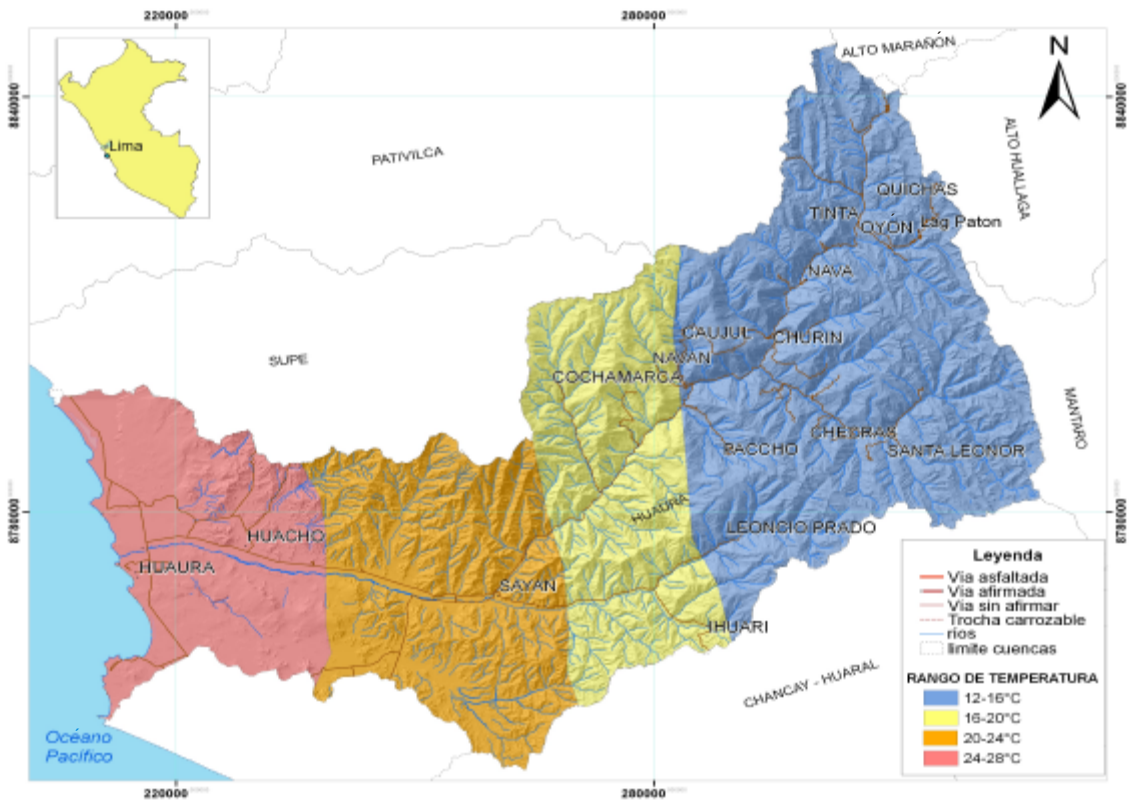


Figura 2.5 Temperaturas °C en la cuenca del río Huaura (Atlas de Peligros Naturales del Perú, INDECI, 2002).

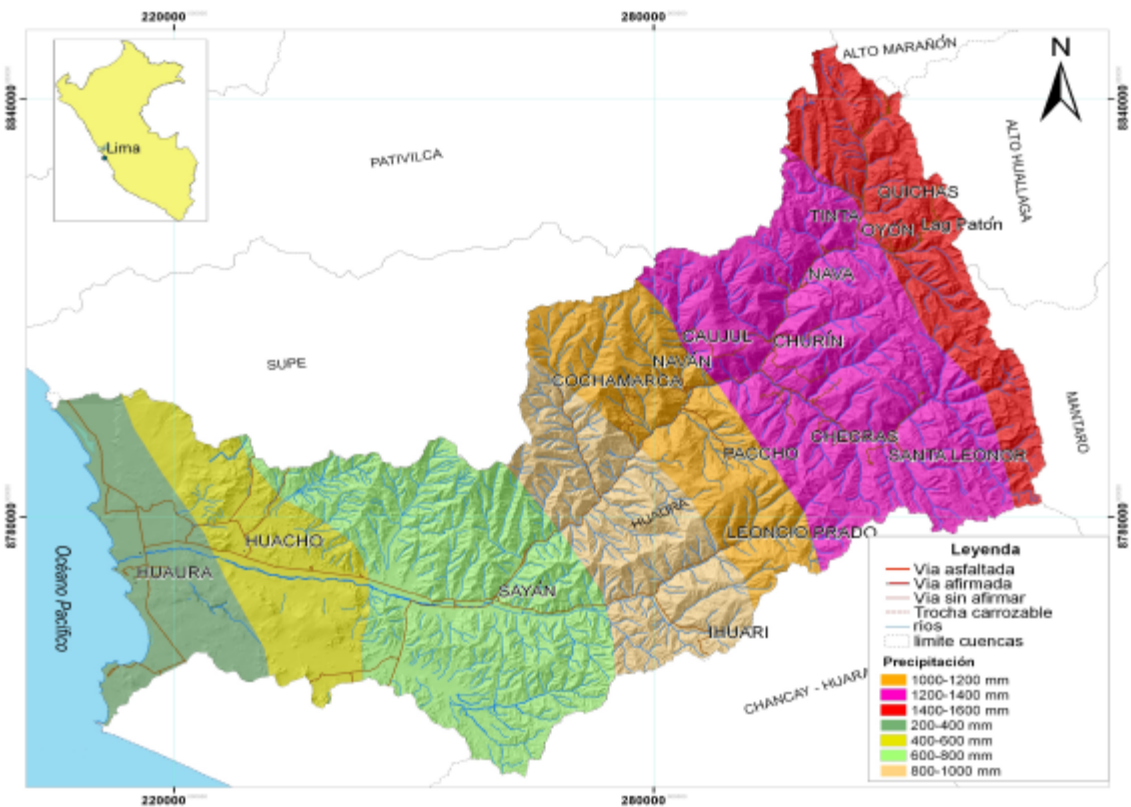


Figura 2.6 Mapa de precipitación anual, período lluvioso (mm). (Atlas de Peligros Naturales del Perú, INDECI, 2002).

de la salida del sol puede presentar unos valores máximos de 80% (saturación).

**Evaporación**

En cierta medida, este parámetro meteorológico tiene una relación directa con la temperatura y una relación inversa con la humedad relativa.

De acuerdo a los estudios realizados por SENAMHI (1968-1969), la máxima evaporación se presenta en el mes de febrero con 222 mm/mes, y la mínima, en el mes de julio con 45 mm/mes. Los mayores valores de evaporación corresponden a los periodos de temperatura máxima. La evaporación juega un rol importante dentro del balance hidrológico de 220mm/mes.

**Comportamiento del Río Huaura**

La ONERN, mediante el análisis de los hidrogramas de descargas correspondientes al periodo 1926-1968, ha podido diferenciar tres etapas dentro del ciclo anual: avenidas, estiaje y transición entre avenidas y estiaje; identificados entre los meses de enero-mayo, junio-octubre y octubre-enero, respectivamente (figura 2.7).

**Zonificación de aportes**

Según el *Estudio geodinámico de la cuenca del río Huaura* (1990), el aporte de sedimentos en la cuenca está dividido en tres zonas: zona de producción, transferencia y sedimentación (figura 2.8).

La zona de producción abarca los distritos de Oyón y Santa Leonor, en la parte alta de la cuenca, considerando a las estaciones de Oyón, Picoy y Surasaca. En esta zona, las lluvias se presentan de forma regular y se inician en octubre, aumentando progresivamente hasta lograr sus máximos valores entre febrero y marzo, con

precipitaciones medias anuales superiores a los 200 mm y llegando incluso a 1 500 mm en las cabeceras de la cuenca.

La zona de transferencia comprende la parte media de la cuenca y es considerada de irregularidad pluviométrica. En esta zona, la estación considerada es la de Andahuasi. Las precipitaciones medias anuales aquí son inferiores a los 200 mm y superiores a los 25 mm, lo que puede variar durante eventos excepcionales como el fenómeno El Niño.

La zona de sedimentación se ubica en la parte baja de la cuenca, cuenta con dos estaciones meteorológicas en Humaya y en Alcantarilla a 310 y 120 m.s.n.m., respectivamente. Esta zona es la menos lluviosa y tiene una precipitación total anual promedio de 16 mm.

**Fenómeno El Niño**

El fenómeno El Niño/Oscilación Sur (ENSO) altera el régimen de caudales de los ríos, creando condiciones de excesos hídricos que provocan desastres e impactos en la seguridad física de los poblados y obras de infraestructura. A nivel mundial, el más reciente episodio de El Niño comenzó en septiembre de 2006 y finalizó en marzo de 2007 (The Associated Press/CBS News, 2007), mientras que para la cuenca del río Huaura, los eventos de El Niño de 1982-83 y 1997-98 fueron los que alcanzaron un mayor impacto (CAF, 2000). En el cuadro 2.17 y la figura 2.9 se puede apreciar los caudales registrados durante los periodos 1982-83 y 1997-98, en los cuales se denotan las épocas de sequías y avenidas en el río Huaura.

De septiembre a noviembre de 1997, el río registró déficit hídrico: el ascenso de sus caudales se inició a partir de diciembre y alcanzó sus mayores valores entre marzo y abril de 1998 con 133,4 m³/s

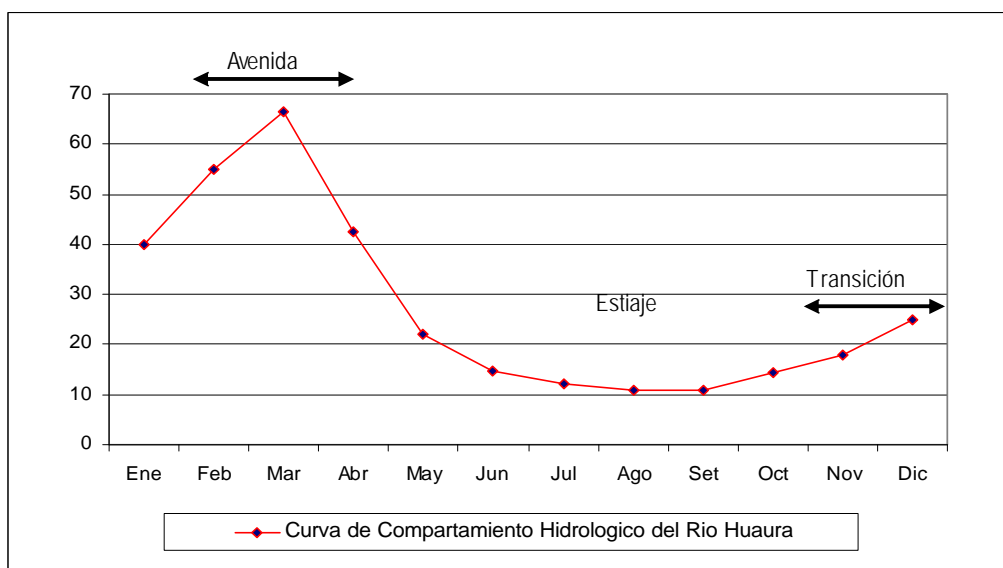


Figura 2.7 Comportamiento estacional del río Huaura (DGAA, 1998).

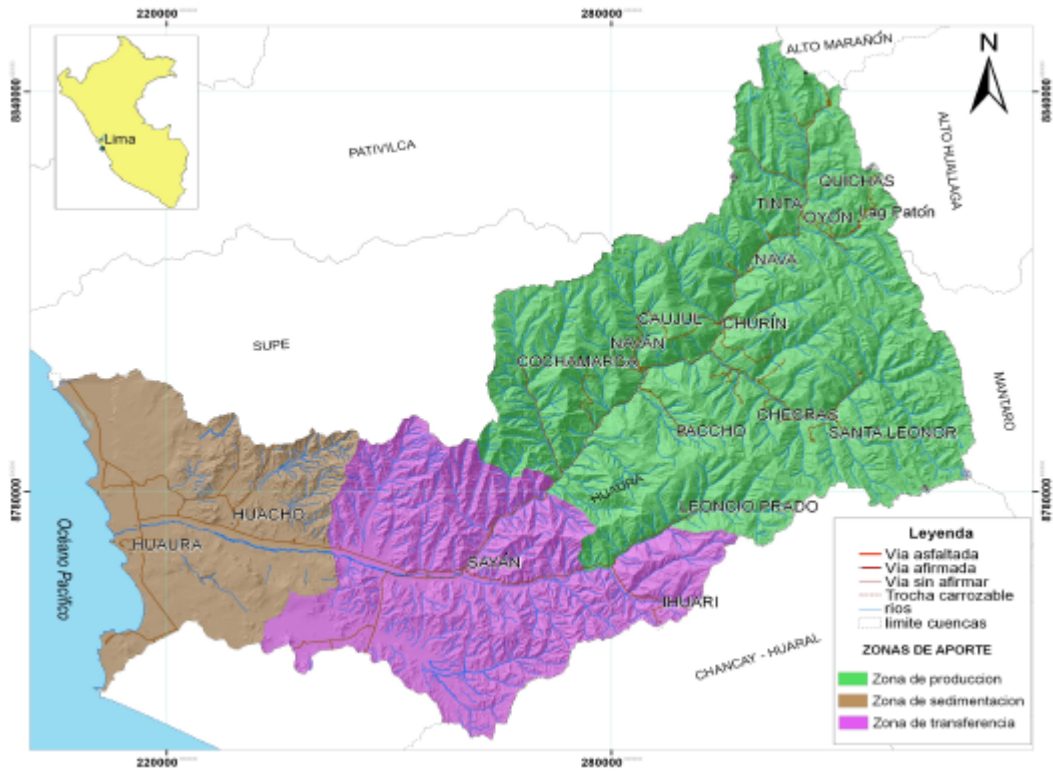


Figura 2.8 Zonificación de aporte de sedimentos en la cuenca del río Huaura (Dávila y otros, 1990).

Cuadro 2.17

Registro de caudales en fenómenos El Niño de los periodos 1982-83 y 1997-98 (SENAMHI, 1999).

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.
En82-Jul83	27,9	60,9	37,7	39,2	16,6	11,0	8,2	8,4	10,6	13,1	28,9	35,3	55,9	36,4	60,7	61,3	23,1	9,0	9,7
En97-Jul98	20,4	34,2	30,7	14,2	13,3	12,0	11,4	11,6	10,7	12,7	15,1	29,2	55,9	90,9	95,4	78,1	22,0	14,4	12,8
Normal	38,9	55,7	69,9	42,1	21,1	13,7	11,6	10,9	10,9	14,5	17,6	24,5	38,9	55,7	69,9	42,1	21,1	13,7	11,6

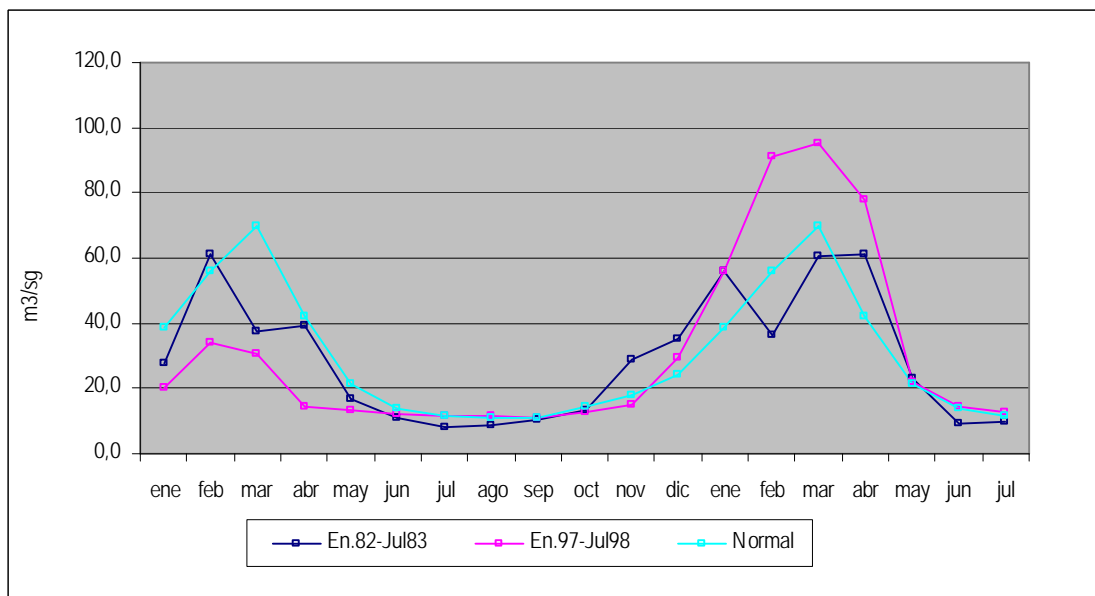


Figura 2.9 Registro de caudales en los periodos 1982-83 y 1997-98, en la cuenca del río Huaura (MINAG, SENAMHI, 1997).



acumulados, a diferencia de El Niño de 1982-83, cuyos caudales se incrementaron a partir de octubre de 1982, el mismo año que corresponde a épocas de sequía para el periodo antes mencionado.

## ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO

### Áreas Naturales Protegidas

Son áreas destinadas a la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de los recursos de flora y fauna silvestre, acuática o terrestre.

Las áreas naturales protegidas con sus diferentes categorías están normadas en la actualidad por la Ley N.º 26834 (1997), «Ley de Áreas Naturales Protegidas», y el Decreto Supremo N.º 010-90-AG (1990), «Plan Director del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE)».

En el ámbito de la cuenca del río Huaura, se han identificado las siguientes áreas naturales protegidas en las siguientes categorías (cuadro 2.18):

**Cuadro 2.18**  
**Categorías y áreas naturales protegidas en la cuenca del río Huaura (MINAG-INRENA-SINANPE, 2007)**

Categorías	Base Legal	Ubicación Política
Bosques de Protección		
Bosques Queñuales de Yahui	R.S. N.º 0007-80-AA/DGFF	Oyón-Laguna Surasaca
Áreas de Conservación Regional		
Acr. Albufera de Medio Mundo	D.S. N.º 006-2007-AG	Vegueta-Huaura

#### Bosques de protección: «bosques de queñuales de Yahui»

Son de propiedad estatal y están dedicados a la conservación de los bosques ubicados en las cuencas altas colectoras, riberas de los ríos, etc. Fueron creados con el objetivo de contrarrestar el avance de la agricultura y la reforestación; en ellos está permitida la pesca, caza y recolección con fines de subsistencia.

El bosque de queñuales de Yahui es uno de los más grandes que existe en Perú, se ubica en la parte alta de Oyón, en inmediaciones de la Laguna Surasaca, cerca de la Mina Raura, entre los límites departamentales de Lima y Huánuco. Posee 428 ha y cuenta con árboles que crecen entre los 3700 y 4800 m.s.n.m. con árboles

que miden cerca de 20 metros de altura. Pertenecen a la especie *Polylepis incana*, la cual está actualmente en peligro de extinción (capítulo X).

#### Áreas de conservación regional: «Albuferas de Medio Mundo»

Es uno de los atractivos naturales de la provincia de Huaura, está ubicado a 25 km de Huacho. Corresponde a una laguna formada por filtraciones de agua marina, donde es posible observar una gran variedad de aves acuáticas, tanto peruanas como migratorias, y vegetación, como totora, juncos y plantas flotantes, como el «repollito de agua».

Se encuentra rodeada por los gramadales, comunidad herbácea halófila que tolera una fuerte salinidad al medio físico, donde predomina la grama salada (*Distichlis spicata*, *Sporobolus virginicus*). Es un importante lugar de descanso y anidación de aves migratorias, además, permite la protección de la biodiversidad de especies locales.

### Patrimonio Arqueológico

#### Restos arqueológicos en el valle de Huaura

Huacho y el valle de Huaura poseen un rico patrimonio arqueológico, el cual constituye el único registro de una historia de miles de años.

La principal cultura preinca en el área de la cuenca ha sido la cultura Chancay, que se estableció a 90 km al norte de Lima, entre los valles de Huaura y Chillón, y donde se han encontrado extensos cementerios con fardos funerarios que contenían momias con múltiples ofrendas como tejidos, ceramios, alimentos, tallas en madera, telares, muestrarios, estandartes de linaje y otros objetos perfectamente conservados por el clima seco del lugar. Son doce los sitios arqueológicos encontrados en el valle de Huaura, los cuales comprueban la existencia de una arquitectura monumental temprana en el periodo Precerámico Tardío (Aguilar, 2006):

- 1) El Cañaverál
- 2) La Viña
- 3) Cerro La Cruz
- 4) Quebrada La viña
- 5) Cerro Blanco
- 6) Santa Rosalía
- 7) La Perlita
- 8) Bandurria
- 9) Las Salinas

10) Pampa de las Ánimas «a»

11) Vilcahuaura

12) Rontoy Sur

Entre los mencionados, destaca el Sitio Arqueológico de Bandurria, actualmente en estudio.

**Sitio Arqueológico de Bandurria.** Es un sitio arqueológico monumental que tiene una antigüedad de casi 5 000 años, se encuentra ubicado en el distrito de Huacho, provincia de Huaura, en la zona denominada Playa Chica a la altura del Km. 141 de la carretera Panamericana Norte. La zona arqueológica ocupa un área de 54 hectáreas.

Fue descubierto en 1973 por el Ing. Domingo Torero, cuando el sitio fue destruido parcialmente por aguas de la irrigación Santa Rosa. Posteriormente, fue investigado por la Dra. Rosa Fung, entre 1973 y 1977, quien fechó a Bandurria como un sitio correspondiente al periodo Precerámico o Arcaico Tardío (3 500 a 1 800 años antes de Cristo) y lo definió como una aldea temprana de pescadores del litoral.

En el 2002, se le declara patrimonio cultural de la nación, y en agosto del 2005, se reiniciaron los trabajos de investigación en el sitio, a cargo del Proyecto Arqueológico Bandurria, el cual ha descubierto un sector de arquitectura monumental construido con cantos rodados y argamasa. Estos recientes trabajos han cambiado el concepto previo de una aldea que se tenía del sitio arqueológico, ya que la evidencia de arquitectura monumental (foto 2.2) lo

convierte en un centro urbano que probablemente estuvo articulado al resto de sitios monumentales de la costa norcentral y reflejaría el surgimiento prístino del urbanismo y la civilización en la zona (Chu, 2006).

### Vestigios arqueológicos en la cuenca alta

En la parte alta de la cuenca se han encontrado en la provincia de Oyón diversos sitios arqueológicos tales como Rapazmarca y Pynchulín en Rapaz; Quillahuaca, Marcamarca y Pueblo Viejo en Oyón; Yarosh y Cebadapata en Viroc; Antashuay, Ninash, Coto, Santa Rosa, Tictijilca Michunapampa, Cucún, Campana Jirka e Ingenio en Andajes; Cayao Ragaj en San Benito; Tambo Jirka y Wicha en Caujul; Huachog, Quimahuain, Jenjog y Antamarca, Vicos y Piruarumi en Naván. Muchos de estos centros arqueológicos han sido atribuidos a la antigua cultura Cayash.

**Los Quipus de Rapaz.** Estos restos arqueológicos se encuentran en dos casas tradicionales antiguamente conocidas como «casas de cuentas», denominadas «Kaha Wayi» y «Pasa Qullqa», ubicadas en la localidad de Rapaz (distrito y provincia de Oyón).

Están conformados por unos 267 quipus separados, algunos de los cuales llegan a medir 15 m y uno de ellos sirve como «cinturón» para agrupar a los demás. Están elaborados en lana de camélidos, pero a diferencia de los incaicos, los de Rapaz llevan colgadas borlas, pedazos de piel, mechones de cabello y figuritas, de origen industrial que obedecen a una tipología (tales como un campesino con una diminuta bolsa en la que lleva pequeñísimas hojas de coca para masticarlas), motivo por el cual se concluye que el arte



Foto 2.2 Sitio arqueológico de Bandurria, sector denominado Anfiteatro.

de los 'quipus' no murió durante la Colonia (siglos XVI al XIX), como comúnmente se opina, sino que duró hasta tiempos modernos (Salomón *et al.*, 2006; foto 2.3).

Constituyen elementos históricos reverenciados dentro de la cultura del pueblo, sin embargo, no ha sido descifrado hasta hoy su significado, estimándolo como legado de los antepasados.

**Complejos arqueológicos de Rapazmarca y Pinchulin.** Estos centros arqueológicos están ubicados en la localidad de Rapaz a una altura de 3300 y 3600 m.s.n.m., respectivamente. Aparentemente, ambos pertenecen al período Intermedio Tardío (Falcón & Salomón, 2005).

Según los pobladores de la zona, se cree que estos complejos arqueológicos habrían sido centros administrativos, religiosos y militares, aunque hasta la actualidad aún no han sido estudiados en detalle.

El complejo de Rapazmarca presenta torreones de 4 metros de altura y estructuras de 2 y 3 niveles (foto 2.4), mientras que los edificios de Pinchulin se caracterizan por sus frisos y cornisas.



Foto 2.3 Los Quipus de Rapaz.



Foto 2.4 Vista de uno de los torreones del Complejo Arqueológico de Rapazmarca.



# CAPÍTULO III

## RECURSOS NATURALES

Los recursos naturales son aquellos elementos de la naturaleza que el hombre puede aprovechar para satisfacer sus necesidades, tales como los recursos hídricos (superficiales y subterráneos); el suelo; la diversidad biológica (flora y fauna); los recursos minerales, hidrocarburos, hidroenergéticos, eólicos, solares, geotérmicos; la atmósfera, entre otros.

En este apartado se describirá la situación de los recursos hídricos, minerales metálicos y no metálicos, del recurso suelo, y de la flora y fauna en la cuenca.

### RECURSOS HÍDRICOS

El río Huaura tiene sus orígenes en una serie de pequeñas lagunas ubicadas en las cercanías de la divisoria que separa a las cuencas de los ríos Marañón, Huallaga y Mantaro. Entre estas lagunas, destacan las de Surasaca, Cochaquillo, Patón, Coyllarcocha y Mancancocha, embalsadas y en actual operación. Todas estas se hallan ubicadas en la parte alta de la cuenca a una altura de 4 500 m.s.n.m. En esta parte de la cuenca, el río Huaura es conocido con el nombre de río Quichas, manteniendo esta denominación hasta la localidad de Oyón y la desembocadura del río Pampahuay. A partir de allí, se denomina río Huaura y sigue un recorrido en dirección norte-suroeste, por espacio de 156,4 km longitudinales hasta desembocar en el océano Pacífico cerca de la localidad de Huaura.

Según información de la ATDR-Huaura, la disponibilidad hídrica es de carácter regular a irregular, según las estaciones del año, con presencia de épocas de crecida y de déficit hídrico. De acuerdo a los años, los datos han sido: 562,0 Mm<sup>3</sup> en 1997; 1136,5 Mm<sup>3</sup> en 1998; 887,7 Mm<sup>3</sup> en 1999; 1018,8 Mm<sup>3</sup> en 2000; 957,1 Mm<sup>3</sup> en 2001; 819,9 Mm<sup>3</sup> en 2002; 804,4 Mm<sup>3</sup> en 2003, y 595,9

Mm<sup>3</sup> en 2004. Dichos datos tienen un promedio anual aproximado de 847,8 Mm<sup>3</sup>, con los que se lograría el abastecimiento normal de las poblaciones en la cuenca.

### ***Demanda de Agua en la Cuenca***

Entre 1984 y 1996, la demanda del agua en la cuenca del río Huaura aumentó considerablemente, de acuerdo al desarrollo socioeconómico de actividades como la agricultura, industria y minería que utilizan este recurso (INRENA 1996). Se reconocieron dos tipos de demanda:

#### Demanda de uso consuntivo del agua

También se conoce como «demanda hídrica poblacional». En la zona superior e intermedia de la cuenca, esta demanda está satisfecha, por lo general, por pequeños manantiales que se ubican en las cotas superiores cercanas a las poblaciones, los mismos que son captados en el mismo lugar de afloramiento y conducidos mediante tuberías hacia pequeños reservorios, a partir de los cuales se alimenta a la red urbana (cuadro 3.1).

#### Demanda de uso no consuntivo del agua

Las características de la cuenca hacen que ésta resulte muy apropiada para fines industriales, hidroenergéticos, agrícolas y mineros, de los cuales se asumen unos 540 millones de m<sup>3</sup> anuales para el normal abastecimiento de los pobladores en la cuenca del río Huaura. Según la figura 3.1, el sector agrícola representa la mayor demanda de uso no consuntivo en la cuenca, la misma que se sustenta o es controlada por sistemas de administración de riego del río Huaura (ATDR-Huaura), explotación de pozos subterráneos, etc.

**Cuadro 3.1**

**Población y uso del agua en la cuenca del río Huaura (demanda de uso consuntivo) (ONERN, 1984)**

Número Total de Poblados	Población Servida					Población No Servida				
	Población Total	Consumo Total (M <sup>3</sup> /Año)	Número de Habit.	(%)	Consumo			Número de Habit.	Consumo	
					Pércapita (Lt/Día/Hab)	Volumen (M <sup>3</sup> /Año)	(%)		Volumen (M <sup>3</sup> /Año)	(%)
20	149 320	11 196 000	64 604	43,2	194	10 112 000	90,8	84 716	1 014 000	9,2

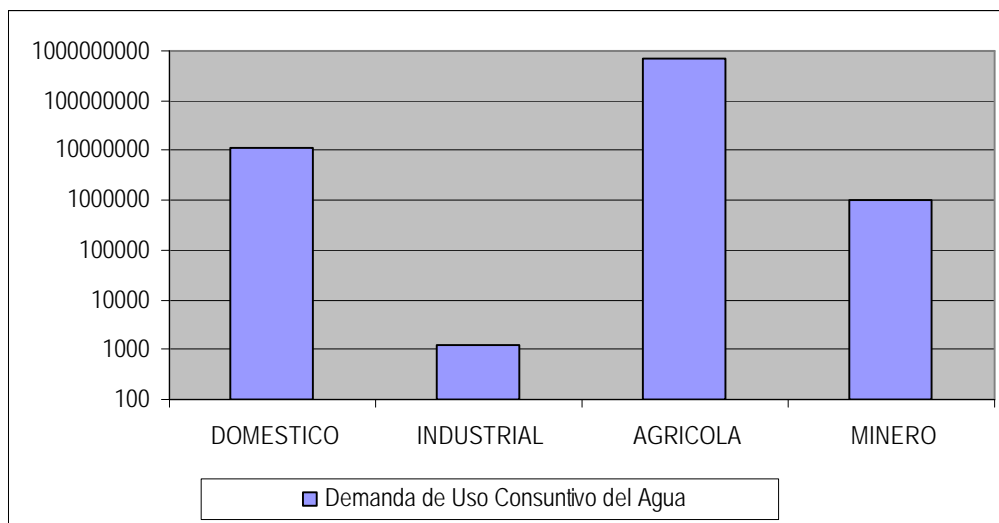


Figura 3.1 Uso del recurso hídrico en la cuenca del río Huaura (MINAG-INRENA, 1996)

## SUELO

El suelo es uno de los elementos ambientales de mayor sensibilidad frente a las acciones naturales y antrópicas del medio. La naturaleza de los suelos está ligada a la composición litológica de las rocas subyacentes.

En la cuenca del río Huaura, debido a su variedad litológica, ecológica y fisiográfica, los suelos se encuentran diferenciados en seis asociaciones cartográficas (figura 3.2; INRENA, 1996): arenosoles háplicos, fluvisoles eutricos, leptosoles dísticos, leptosoles líticos, leptosoles eutricos y regosoles dísticos.

### Arenosoles háplicos-solonchaks háplicos (ARh-SCh)

Se encuentran distribuidos a lo largo de la angosta faja costera del país, en las denominadas pampas interfluviales, pampas eriazas de la costa. Son suelos profundos, desarrollados a partir de materiales transportados por acción aluviónica o del viento. Presentan fuerte salinidad, debido a que se han desarrollado bajo condiciones áridas y marinas, vegetación muy escasa y drenaje excesivo.

De color pardo a pardo oscuro y de textura gruesa (arena o arena gruesa), con algunas muestras de gravillas angulares y subangulares en proporciones variables hasta un 30% de la masa de suelo.

### Fluvisoles eutricos-regosoles eutricos (FLe-RGe)

Se encuentran distribuidos prácticamente junto a los ríos principales que representan los valles aluviales de la Costa. Son ligeramente gravosos de textura media a gruesa.

### Leptosoles dísticos-afloramientos líticos (LPd-R)

Se encuentran distribuidos en forma continua a lo largo del flanco y estribaciones occidentales de la cadena montañosa andina, de pendientes empinadas a extremadamente empinadas (de 25 a más de 75%). Denominados también suelos superficiales, desarrollados a partir de materiales de diversa litología, entre los que se encuentran los materiales volcánicos.

Los afloramientos líticos no son unidades edáficas, sino depósitos de escombros o detritos rocosos, de composición litológica variada; comprenden rocas intrusivas, volcánicas y sedimentarias.

### Leptosoles líticos-afloramientos líticos (LPg - R)

Son suelos muy superficiales que se han desarrollado directamente a partir de la roca dura, coherente y consolidada. El material litológico que ha dado origen a estos suelos es variable, tales como cuarcitas, areniscas, calizas, lutitas y rocas volcánicas. La distribución de estos suelos es bastante amplia, desde las partes bajas de la costa hasta las regiones altoandinas de la sierra.

### Leptosoles eutricos-cambisoles eutricos (LPe-CMe)

Son suelos profundos, desarrollados a partir de sedimentos aluviales antiguos, así como de materiales residuales de arcillitas, areniscas y lutitas. Son de color pardo a pardo oscuro, textura generalmente media, con presencia de gravas angulares y subangulares.

Se encuentran ubicados en sectores representativos de la región andina; uno de ellos es la zona sur del departamento de Áncash, cerca a los límites de los departamentos de Lima y Huánuco.

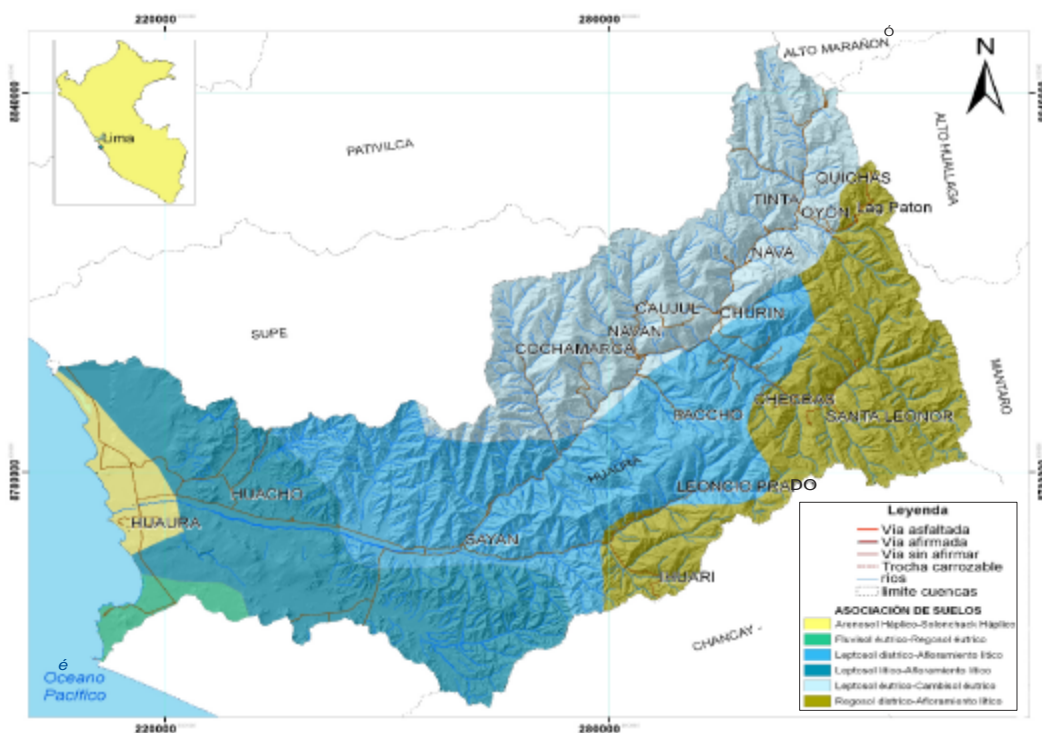


Figura 3.2 Asociación de suelos en la cuenca del río Huaura (INRENA, 1996)

### Regosoles districos-afloramientos líticos (RGd-R)

Los regosoles son suelos que desarrollan sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina. A consecuencia de su juventud o de un lento proceso de formación por una prolongada sequedad, estos suelos presentan una evolución del perfil mínima. Bajo riego soportan una amplia variedad de usos; los pastos extensivos de baja carga son su principal utilización. Los regosoles districos tienen un grado de saturación menor a 50%, entre 20 y 100 cm de profundidad a partir de la superficie. Se encuentran distribuidos hacia el nororiente de la cuenca en forma continua.

### FLORA Y FAUNA

La flora y fauna son recursos naturales renovables que cumplen una función importante en el medio ambiente, la cual es la de mantener en equilibrio el ecosistema natural de una región. Está representada por los componentes vivos o bióticos de la naturaleza, que —junto a los componentes no vivos o abióticos, como el suelo, el agua, el aire, etc.— conforman el medio natural.

#### Flora

La vegetación silvestre existente en la cuenca baja está desarrollada de manera incipiente y su densidad de cobertura es baja. La conforman principalmente especies del tipo xerofítico como Bromeliáceas (*Tillandsia spp*) y cactáceas del género *Cereus*, dentro de la cual sobresale la especie conocida como «gigantón» (*Cereus macrostibas*), además destacan especies como el

«huarango» (*Acacia macacantha*) y el queñual (*Chenopodium quinoa*) (CINYDE, 2004).

Por otro lado, en los alrededores de los humedales es notable la presencia de una apreciable variedad de hierbas, plantas, arbustos y algunos árboles que crecen en las lomas y en los montes ribereños e inclusive en las colinas y médanos desérticos. Son abundantes el carrizo, la caña brava, la tatora, el junco, la sacuara, el pájaro bobo, el sauce, el faique, el chinamono, el mito, la tara y el huarango, y en las zonas desérticas, las tillandsias y otras clases de cardos.

Esta flora de tipo vascular, cuenta con 18 especies de plantas y ocho tipos de hábitats: cuerpos de agua, totoral, gramadal, arenal, vega de ciperáceas, zona arbustiva, playas de limo, litoral marino de la costa central (cuadro 3.2; Gobierno Regional de Lima, 2006).

En la cuenca alta, específicamente en la zona de nacientes, la flora está constituida principalmente por gramíneas de estrato bajo, hierbas de hábitat perenne, especies arrosietadas y de porte almohadillado, con algunas otras especies espinosas y lignificadas (B y F Consultores Ambientales, 2006).

#### Fauna

En la parte baja de la cuenca, la fauna silvestre es sumamente escasa, sin embargo, sobreviven aún algunas especies animales asociadas principalmente a áreas de cultivos, es decir, la fauna existente actualmente se encuentra fuertemente influenciada por la existencia de las zonas de actividad agrícola.

**Cuadro 3.2**  
**Flora característica de la cuenca baja del río Huaura (PROCOMHCC, 2006)**

Nombre Científico	Nombre Común	Familia	Estado
<i>Schinus mone</i>	Molle	Anacardiaceae	Silvestre
<i>Bacchari lanceolata</i>	Chilco	Astareceae	Silvestre
<i>Hellanthus annus</i>	Girasol	Astareceae	Cultivado
<i>Taraxacum officinal</i>	Diente de león	Astareceae	Silvestre
<i>Tesaria integrifolia</i>	Pájaro bobo	Astareceae	Silvestre
<i>Titanosia spp.</i>	Tiladansias	Bromeliácea	Silvestre
<i>Canna edulcis</i>	Achira	Caninaceae	Cultivado
<i>Salvia spp.</i>	Salvia	Lamiaceae	Silvestre
<i>Acacia macracantha</i>	Huarango	Leguminosae	Silvestre
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	Cucarda	Malvaceae	Silvestre
<i>Oxalis sp.</i>	Trébol	Oxalidaceae	Silvestre
<i>Plantago major</i>	Llantén	Plantaginaceae	Silvestre
<i>Zea mays</i>	Maíz	Poaceae	Cultivado
<i>Gynertum sagittatum</i>	Caña brava	Poaceae	Silvestre
<i>Pragmites australis</i>	Carrizo	Poaceae	Silvestre
<i>Arundo donax</i>	Carrizo	Poaceae	Silvestre
<i>Salix chinensis</i>	Sauce	Salicaceae	Silvestre

Se distinguen 47 especies de aves: 18 migratorias y 29 residentes; 8 especies de peces: *Dormitator latifrons*, *Pygidium punctulatum*, «bagre», y Lisa y monengue para consumo; 17 especies de dípteros: 4 familias de *Ceratopogonidae*, *Chironominae*, *Psychodinae* y *Stratiomyidae*; *Chara sp.*; 40 especies de algas fitoplanctónicas: Cyanophytas, 12 especies de zooplancton: ostrácodos, rotíferos, cladóceros y copépodos; 14 especies de algas macrofitas; 2 crustáceos: camarón de río.

Entre las principales especies de aves se puede señalar el aguilucho (*Accipitridae sp.*), halcón americano (*Falconidae sparvetirus*), el vencejo grande (*Streptoprocne zonaris*), el gorrión americano, picaflor, y espigueros de la familia *Fringidae*, entre los más destacados. Dentro de las especies de los mamíferos, podemos destacar al zorrillo (*Conepatus rex*), la viscacha (*Lagidium peruvianum*) y los roedores (ratones y pericotes) de la familia *Fringidae* (CINYDE, 2004).

En las playas, los crustáceos, moluscos y mariscos se encuentran enterrados en la arena o adheridos a rocas y peñascos, aquellos constituyen la dieta de numerosas aves guaneras (EDELNOR, 1997).

En el cuadro 3.3 se presenta la fauna característica de la parte baja de la cuenca del río Huaura, entre las que se encuentran aves, anfibios, mamíferos, reptiles y animales domésticos.

En la zona de nacientes, más precisamente en los alrededores de las áreas ocupadas por lagunas, la fauna se caracteriza por la presencia de especies como *Bos taurus*, «toro», *Ovis aries*, «oveja», *Equus caballus*, «caballo», burros y *Vicugna vicugna*, «vicuña»; esta última se encuentra en situación casi amenazada. De forma escasa aparecen otras especies como la gaviota (*Larus serranus*), la rana (*Cryptophyllobates azureiventris*) y el *Orestias sp.*, pez conocido localmente como «challhua» (B y F Consultores Ambientales, 2006).

### MINERALES METÁLICOS Y NO METÁLICOS

La actividad minera en la cuenca se desarrolla principalmente en la parte alta de esta, entre los sectores de Cochamarca-Oyón, ya sea en prospección como el Prospecto y Mallay, en explotación (Uchucchacua e Iscaycruz), sin actividad (Caujul, Anamaray, Santa Rita, Mina Eureka, Anguicita, Vizcacha), así como las carboníferas Gazuna y Pampahuay.

Dicha actividad se remonta desde antiguos trabajos coloniales, pasando por diferentes épocas de reactivación en los últimos 50 años, por el interés en ciertos metales industriales como el plomo, la plata, el zinc y el cobre.

En la cuenca del río Huaura, la explotación polimetálica de yacimientos, está representada por yacimientos de mediana minería como Uchucchacua e Iscaycruz.



**Cuadro 3.3**  
**Fauna característica de la cuenca baja del río Huaura (EDELNOR, 1997)**

Aves				
Orden	Familia	Especies	Nombre Común	
Falconiformes	<i>Accipitridae</i>	<i>Buteo melanoleucus</i>	Aguilucho	
	<i>Falconidae</i>	<i>Falco sparveritus</i>	Halcón americano	
	<i>Apodidae</i>	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo grande	
	<i>Trochilidae</i>	<i>Metalura phoebe</i>	Picaflor negro	
	<i>Picidae</i>	<i>Colaptes rupicota</i>	Carpintero serrano	
	<i>Hirundinidae</i>	<i>Camptostoma</i>		Golondrina
		<i>Obsoletum</i>		Santa Rosata
		<i>Notiochelidon murina</i>		Cucarachero
	<i>Troglodytidae</i>	<i>Notchelidon</i>		Chiguanco
	<i>Turdidae</i>	<i>Cyanoleuca</i>		Gorrión americano
	<i>Fringilidae</i>	<i>Trofloditas aedon</i>		Espigueros
	<i>Cathartidae</i>	<i>Coragyps atratus</i>		Gallinazo
Columbiformes	<i>Columbidae</i>	<i>Columbina cruziana</i>	Tortolita	
	<i>Columbidae</i>	<i>Zenaida asiatica</i>	Cuculí	
Anfibios				
<i>Anura</i>	<i>Bufo</i>	<i>Bufo sp</i>	Sapo	
Mamíferos				
<i>Carnivora</i>	<i>Mustelidae</i>	<i>Conepatus rex</i>	Zorrillo	
<i>Rodentia</i>	<i>Canidae</i>	<i>Pseudolopez sechurae</i>	Zorro Costero	
<i>Rodentia</i>	<i>Chincillidae</i>	<i>Lagidium peruvianum</i>	Vizcacha	
<i>Rodentia</i>	<i>Crecetidae</i>	<i>Akodon sp</i>	Ratones	
<i>Rodentia</i>	<i>Muridae</i>	<i>Phyllotis sp</i>	Pericotes	
Reptiles				
<i>Squamata</i>	<i>Viperidae</i>	<i>Bothrops pictus</i>	Sancaranca	
<i>Squamata</i>	<i>Iguanidae</i>	<i>Tropidurus spp</i>	Lagartijas, iguanas	
Animales Domésticos				
<i>Artiodactyla</i>	<i>Camelidae</i>	<i>Lama glama</i>	Llama	
		<i>Lama paco</i>	Alpaca	
		<i>Ovis sp</i>	Oveja	
	<i>Suidae</i>	<i>Sus serofa domesticus</i>	Cerdo	
<i>Perisodactyla</i>	<i>Equidad</i>	<i>Equus caballes</i>	Caballo	
		<i>Equus asinus</i>	Asno	

## UCHUCCHACUA

Es uno de los más grandes distritos mineros de la parte central del Perú. Está ubicado en la provincia de Oyón, aproximadamente a 170 km al noreste de Lima, a una altitud de 4 500 m.s.n.m.

Consiste de un yacimiento tipo *skarn* cuya mineralización radica en una variedad de minerales de plata, manganeso, plomo y zinc. Estos minerales se disponen en vetas y cuerpos masivos, localizados alrededor de intrusiones menores de dacita. Las rocas hospedantes son calizas cretácicas de la formación Jumasha que controlan estratigráficamente la mineralización y que están fuertemente plegadas y desplazadas por fallas inversas (Busell y otros, 1990).

Este yacimiento es administrado por Cía. de Minas Buenaventura S.A.A. y produce aproximadamente 10 millones de onzas de plata anuales. Por ello, es considerado el primero en Perú y Sudamérica, y el cuarto a nivel mundial en la producción de este metal.

Actualmente es explotado usando el sistema de corte y relleno ascendente y tajeo por subniveles con taladros largos; los minerales son procesados en plantas concentradoras que permiten obtener concentrados de plomo-plata y zinc-plata.

En la actualidad tiene una capacidad de tratamiento de 2500 tcs/día. Esta producción está sustentada por las minas Carmen y Socorro, y se tienen como áreas prospectivas las minas Casualidad, Lucrecia y Huantajalla (Palomino, 2007).

**Cuadro 3.4**  
**Principales minas y prospectos en la cuenca del río Huaura**

Tipo	Categoría	Elementos	Nombre	Actividad
Skarn	Mina	(Pb,Zn,Ag)	Anamaray	Inactiva
Skarn	Mina	(Pb,Zn,Ag, Cu)	Uchucchacua	Activa
Skarn	Prospecto	(Zn,Pb,Ag)	Mallay	Activa
Epitermal	Mina	(Pb,Zn)	Caujul	Inactiva
Epitermal	Mina	(Pb,Zn,Cu)	Santa Rita	Inactiva
Pórfido	Mina	(Cu, Mo)	Parag	Inactiva
Skarn	Mina	(Zn,Pb,Ag)	Iscaycruz	Activa
Filoniano	Mina	(Pb,Zn,Cu)	Pachangara	Inactiva
Epitermal	Prospecto	(Ag, Cu)	Surpa	Activa
Epitermal	Mina	(Ag, Pb)	Vizcachaca	Inactiva
Epitermal	Prospecto	(Ag, Cu)	San Cristóbal	Activa
Epitermal	Prospecto	(Ag, Cu)	Shalla	Activa
Epitermal	Proyecto	(Au, Ag, Cu)	Invicta	Activa
Epitermal	Proyecto	(Ag, Cu)	Mercedes 3L	Activa
IOCG	Prospecto	(Au, Fe)	La Mina	Activa
Carbón	Mina	(C)	Gazuna	Inactiva
Carbón	Mina	(C)	Pampahuay	Activa
Carbón	Mina	(C)	Parquin	Inactiva

### IZCAYCRUZ

El yacimiento minero de Iscaycruz está situado en el distrito de Pachangara, provincia de Oyón, al norte del departamento de Lima, en las cabeceras del río Huaura. Consiste esencialmente de un yacimiento polimetálico, con predominancia de sulfuros de zinc, confinados a rocas calcáreas del Grupo Santa.

Las rocas sedimentarias han sido sometidas a fuertes movimientos estructurales como consecuencia de la orogénesis andina, formando pliegues de rumbo Noroeste-sureste. Los anticlinales y sinclinales se presentan con intervalos de 2 a 3 km, y en algunos casos locales hasta intervalos de 10 m.

La mineralización de Iscaycruz corresponde al tipo de reemplazamiento hidrotermal conformado por minerales de zinc, plomo, plata y cobre. Está emplazado en forma discontinua a lo largo de 12 km, desde Canaypata, en su extremo norte, hasta Antapampa, en el extremo sur. En superficie, la mineralización se presenta en forma de óxidos de hierro y manganeso provenientes de la oxidación de sulfuros primarios, constituidos principalmente por esfalerita, marmatita y subordinadamente galena y calcopirita.

Entre los minerales accesorios se reconoce la pirita, siderita, calcita, cuarzo, specularita y arsenopirita, que se consideran como minerales de ganga. Los cuerpos de pirita masiva, compuestos

principalmente de pirita asociada con pirrotita y marcasita, están ocasionalmente enriquecidos con esfalerita y galena.

Los minerales del skarn son tremolita, granate, epidota y cuarzo, y las alteraciones más notables de la roca encajonante son silicificación, sericitización, argilización, siderización y dolomitización (SALAS, 1999).

### MALLAY

El área de actividades del Prospecto Mallay se encuentra ubicada en el distrito y provincia de Oyón, departamento de Lima. Los elementos prospectados son plomo, zinc y plata.

Este yacimiento está en el contacto de las calizas Pariahuanca con las cuarcitas Farrat y actualmente comprende las concesiones: Tres Cerros II, Chanca 13, Chanca 11 y Tres Cerros 3 (B y F Consultores, 2006).

Respecto a la actividad minera no metálica, destaca la producción de carbón. Los principales yacimientos de carbón en la cuenca son: Gazuna, Parquin y Pampahuay, que en total producen aproximadamente 14,000 TM/año, lo que representa el 8,4% de la producción nacional de carbón (DGAA, 1998).

En el cuadro 3.4 se presenta un resumen de las principales minas y prospectos que se han reconocido dentro de la cuenca.

# CAPÍTULO IV

## COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO

### UNIDADES DE COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO

De acuerdo a información de INRENA (1996), MEM (1998), CINYDE (2004) y a datos recopilados en campo, la cobertura vegetal y el uso de suelo en la cuenca se encuentran representados por las siguientes unidades (mapa 01):

#### *Cultivos y bosques reforestados*

Los terrenos de cultivo se ubican en toda la cuenca, desarrollándose con mayor amplitud en el valle (cuenca baja) y en menor intensidad en la cuenca media y alta.

#### *Cultivos en la cuenca baja*

El espacio agrícola en la cuenca baja conforma la zona de mayor producción de la cuenca con una agricultura intensiva (MEM, 1998).

Entre los principales cultivos producidos en esta zona destacan principalmente los de caña de azúcar, maíz, espárrago, frijoles, camote, hortalizas, frutales diversos y alfalfa. Dichos cultivos se localizan básicamente entre Sayán y Huacho, y cuentan con 9 728,52 ha de cultivo.

#### *Cultivos en la cuenca media y alta*

En la cuenca alta se han registrado cultivos de maíz, oca y gramíneas (tales como cebada, trigo y arveja).

En la cuenca media destacan los frutales con 8 276,10 ha distribuidas en la parte media de la cuenca con cultivos como papaya, manzana, plátanos, chirimoyas, mango y duraznos; en algunos casos es posible encontrar cultivos de vid como los observados entre Churín y Sayán. Todos estos cultivos son abastecidos por un riego temporal y permanente (red de irrigación del río Huaura).

En el cuadro 4.1 se señala la superficie cultivable (ha) en la cuenca del río Huaura, de acuerdo a los distritos que poseen sembríos, y la modalidad en la que realizan sus cultivos.

#### *Bosques de reforestación*

La zona de bosques en la cuenca constituye alrededor de 443 203,69 ha, las cuales se ubican dentro de las jurisdicciones de Ihuari, Checras, Hualmay, Leoncio Prado, Paccho, Santa Leonor, Sayán, Oyón, Andajes, Caujul, Cochamarca, Navan, Pachangara y Huaral (mapa 01). Menor cantidad corresponde a bosques para la explotación maderera (principalmente de eucalipto, aliso,

**Cuadro 4.1**  
**Superficie cultivable (ha) en la cuenca del río Huaura**  
**(MEM-DGAA, 1998)**

Distrito	Agricultura Riego Permanente	Agricultura Riego Temporal	Total Bajo Riego	Agricultura en seco	Total
Oyón	-----	1 874	1 874	5 107	6 981
Pachangara	-----	686	686	4 282	4 968
Andajes	298	591	889	537	1 426
Caujul	-----	654	654	559	913
Naván	-----	878	878	1 324	2 202
Cochamarca	95	772	857	181	1 048
Santa Leonor	25	827	852	2 499	3 351
Checras	117	1 899	2 016	956	2 982
Paccho	-----	951	951	1 647	2 608
Leoncio Prado	-----	1 428	1 428	1 105	2 633
<b>Total</b>	<b>535</b>	<b>10 270</b>	<b>10 805</b>	<b>18 207</b>	<b>29 012</b>

cedro, quenual, algarrobo, zapote y faique); en la cuenca, estos bosques son densos y se localizan específicamente en las partes altas de Oyón, Andajes y Santa Leonor.

### ZONA CON INFRAESTRUCTURA

Las zonas ocupadas por infraestructura en la cuenca, incluyendo las áreas donde se ubican centros poblados y zonas con actividad minera, se encuentran ubicadas a lo largo del valle del río Huaura (distanciados unos de otros) y en diversos sectores de la cuenca media y alta (mapa 01). Representan el 8% de la superficie de la cuenca.

#### **Centros poblados e infraestructura**

Comprende las áreas donde actualmente se desarrollan los centros poblados de la cuenca y la infraestructura relacionada. En la cuenca baja, los poblados más importantes son Huacho, Huaura, Hualmay y Santa Rosa; en la parte media, Sayán, Andahuasi, Colcapampa y Churín, y en la parte alta, Paccho, Andajes (foto 4.1), Oyón, Caujul, Huacho Sin Pescado, Checras de Maray y Picoy.

#### **Zonas con actividad minera**

Dentro de esta unidad se encuentran las áreas en donde se desarrollan actividades mineras de tipo metálica y no metálica (capítulo III), incluyendo los campamentos mineros. Las principales instalaciones mineras encontradas dentro de la cuenca pertenecen a las minas Uchucchacua e Izcaycruz; destacan en menor grado el prospecto Mallay, la mina Pachangara y la mina abandonada Santa Rita, todas ellas ubicadas en la parte alta de la cuenca. Dentro de las zonas donde se desarrollan actividades mineras no metálicas destaca la mina de carbón de Pampahuay.

### **Áreas con vegetación natural**

Se ubican principalmente a lo largo de la cuenca. Se reconocen cuatro subunidades del terreno: cauce del río, bosques de protección, matorrales y pajonales.

#### Cauce del río

Es el área por donde discurre el río Huaura y cursos tributarios (foto 4.2). Destacan, en la cuenca baja y media, cactáceas como el «gigantón» (*Cereus macrostibas*) y el «candelabro» (*Cereus candelaris*), alternan con estas, el huayabillo, el simulo y el huarango.

#### Bosques de protección

Son aquellos bosques que se establecen para garantizar la protección de las cuencas altas o colectoras, las riberas de los ríos y quebradas, y para proteger los terrenos que abarca dicho sector de la erosión hídrica (Congreso de La República, 1997). En la cuenca del río Huaura se encuentran bosques de protección en el sector sureste de la cuenca media, entre los 3500 y 4500 m.s.n.m., caracterizada por presentar eucalipto pino, cedro y quenual.

#### Matorrales

Los matorrales están conformados por arbustos o árboles bajos aislados y espinosos generalmente muy ramificados en la base. Predominan en zonas con precipitaciones inferiores a los 200 milímetros.

En la cuenca, este tipo de cobertura vegetal se encuentra distribuida ampliamente desde la parte alta hasta la zona de nacientes como se observó por ejemplo en las partes altas de Caujul y Naván.



**Foto 4.1** Centro poblado de Andajes, ubicado en la parte alta de una meseta conocida como Cerro Pircahuay (Andajes, Oyón).

Entre las plantas más representativas observadas se tiene: la «pajilla», la «malva silvestre» y el «trébol Silvestre» (*Fam. Fabaceae*), aunque se presenta también la «retama, el «maguey», la «taya», el «nogal» y el «kikuyo» (*Pennisetum clandestinum*). Estos matorrales permiten el pastoreo estacional, principalmente de ganado vacuno.

### Pajonales

En el área de pajonales predominan los pastos de gran desarrollo. La vegetación está representada básicamente por gramíneas de hojas duras y punzantes, denominadas «ichus».

Las más notorias son *Calamagrostis rigida*, *Calamagrostis recta*, *Festuca dolychophylla*, *Stipa ichu* y *Stipa obtusa*, las cuales se extienden desde los 3 700 m hasta los 4 200 m (foto 4.3).

En esta zona, también es posible encontrar manchas de cactáceas (*Echinocactus sp* y *Opuntia sp*) que crecen muy pegados al suelo y que tienen forma almohadillada y arrosada en las áreas más húmedas y/o erosionadas.

### **Terrenos eriazos o desérticos**

Las zonas eriazas se extienden en la cuenca baja a lo largo del litoral, en las partes bajas de los valles costeros (hasta aproximadamente los 1 800 m.s.n.m.) y en los desiertos. En la cuenca media, estas áreas están relacionadas a los montes y lomas de las estribaciones andinas.

En estas zonas, que representan el 25% del área total de la cuenca, se producen precipitaciones totales por año muy bajas (entre 21,6 mm y 2,2 mm). Se caracteriza por presentar suelos arenosos de elevada salinidad y por sus limitaciones edáficas, climáticas y topográficas que las hacen inapropiadas para la explotación agropecuaria y forestal de producción dentro de márgenes económicos.

La flora consiste únicamente de manchas diseminadas de *Tillandsia sp*, *Bromeliácea epífita* los cuales forman asociaciones sobre los arenales y suelos poco compactos. Existen también áreas pequeñas de plantaciones, principalmente cactus y zapote; en las áreas salinizadas, la grama salada es aprovechada, en algunos casos, para el consumo local de caprinos.



**Foto 4.2** Vegetación observada en el cauce de la quebrada Shacaca, a la altura de Colcapampa (Cochamarca, Oyón).



**Foto 4.3** Pajonal de puna observado en las inmediaciones del cerro Calcun Maica, a la altura de Checche (Andajes, Oyón).

# CAPÍTULO V

## HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

MAURO SÁNCHEZ & FLUQUER PEÑA

### HIDROLOGÍA

La cuenca del río Huaura tiene una extensión total de 5 381 km<sup>2</sup>, de los cuales 3 015 km<sup>2</sup> pertenecen a la denominada cuenca húmeda. El río Huaura tiene sus orígenes en la Cordillera de Raura, a una altitud que varía entre 4500 a 5600 m.s.n.m., donde el deshielo de nevados permanentes, así como la descarga de lagunas y acuíferos ubicados en la parte superior de la cuenca incrementan el caudal de escorrentía con las precipitaciones estacionales de diciembre a marzo (Aguirre, 1998).

La red hidrológica de la cuenca del río Huaura está conformada por el río Huaura, como afluente principal, y una red secundaria, conformada por los ríos Ushpa, Surasaca, Pampahuay, Patón, Checra, Huanangue y Río Chico (figura 5.1).

El abastecimiento de esta red hidrológica se realiza a través de nevados-glaciares y una serie de pequeñas lagunas (entre las que destacan Surasaca, Cochaquillo, Patón, Coyllarcocha y Mancancocha), ubicadas en la parte alta de la cuenca.

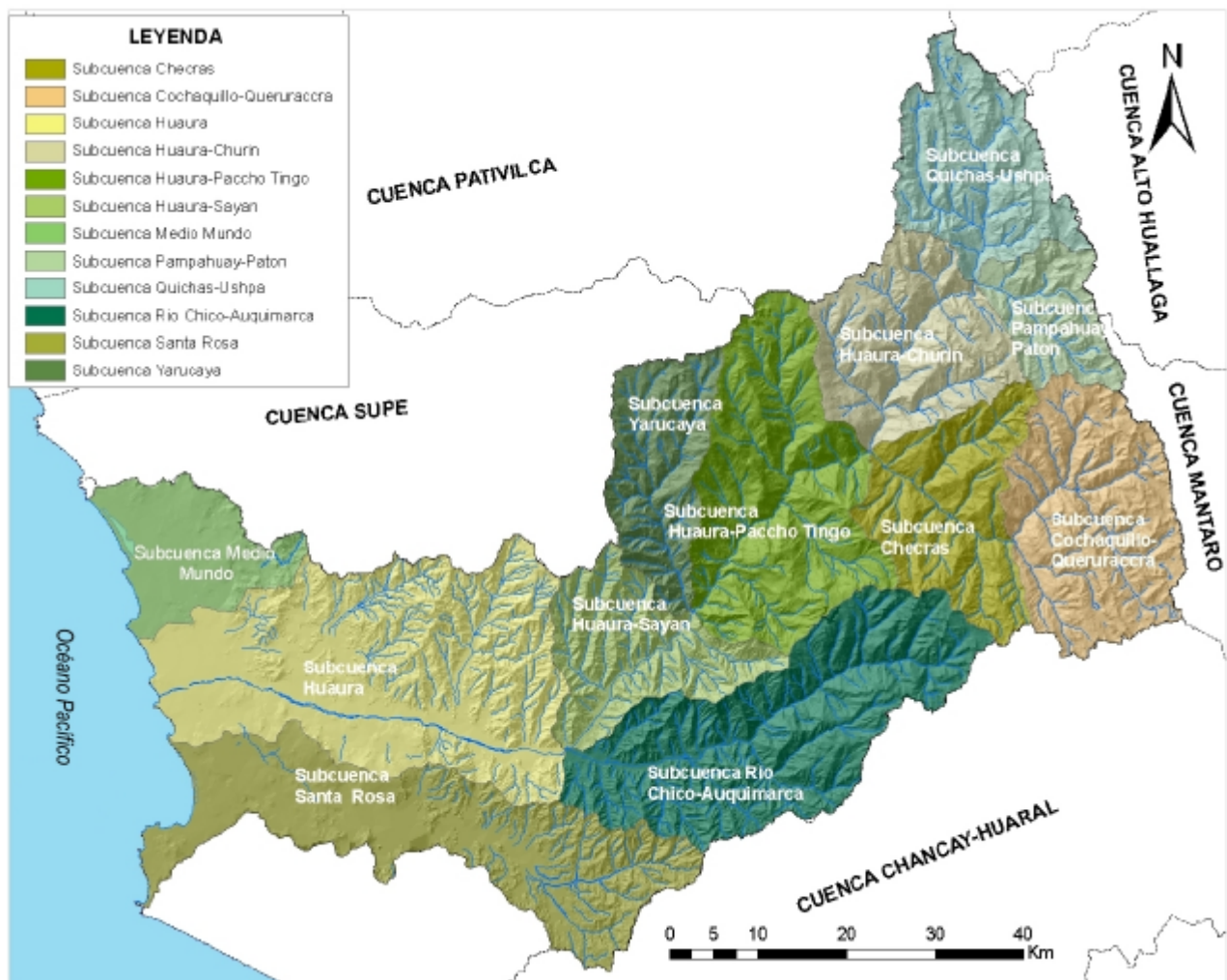


Figura 5.1 Mapa de subcuencas y red hidrológica de la cuenca del río Huaura.

La escorrentía de la parte alta de la cuenca drena a los afluentes del río Huaura y río Chico, cuyos cauces convergen en Sayán. De allí las aguas del río Huaura discurren en dirección oeste hacia el Océano Pacífico atravesando los terrenos agrícolas ubicados en la cuenca baja y constituyéndose como la única fuente superficial de recurso hídrico para las localidades de Huacho y Huaura (Vásquez, 1999). El río Huaura posee una longitud total de 155,2 km desde la Cordillera de Raura hasta la desembocadura al mar.

El río Huaura tiene un comportamiento estacional, y las variaciones estacionales del régimen de descargas están en relación directa al comportamiento de las precipitaciones pluviales que ocurren en la cuenca húmeda. Mediante el análisis de los hidrogramas de descargas diarias correspondientes al periodo de 1911 a 1999, se han determinado tres periodos: un periodo de avenidas, comprendido entre los meses de enero a abril; un periodo de estiaje, entre junio y setiembre, y un periodo transicional de avenidas y estiaje, entre setiembre y diciembre. Entre mayo y junio hay también un periodo transicional que corresponde al periodo o curva de agotamiento del río Huaura (figura 5.2).

Del hidrograma de descargas mínimas del río Huaura en la estación Sayán, se observa que el aporte de agua subterránea a través de los acuíferos ubicados aguas arriba de dicha estación es igual a 8 m³/s equivalente al caudal base del río Huaura.

El caudal normal en la cuenca se ve modificado en la Estación Santa Rosa, debido a la instalación de la Central Hidroeléctrica

Santa Rosa II, la misma que causa déficit hídrico con caudales medios anuales de 3,81 m³/s, representando el 13,8 % del caudal medio en este sector equivalente a 27,7 m³/s (CINYDE S.A.C., 2004).

**Balance Hídrico**

El concepto de balance hídrico está siempre relacionado con el ciclo hidrológico, en donde se tiene en cuenta la distribución y el movimiento del agua, bajo y sobre la superficie del terreno. Este cálculo se realiza con la finalidad de establecer los déficits o excesos de agua natural en el sistema hidrológico.

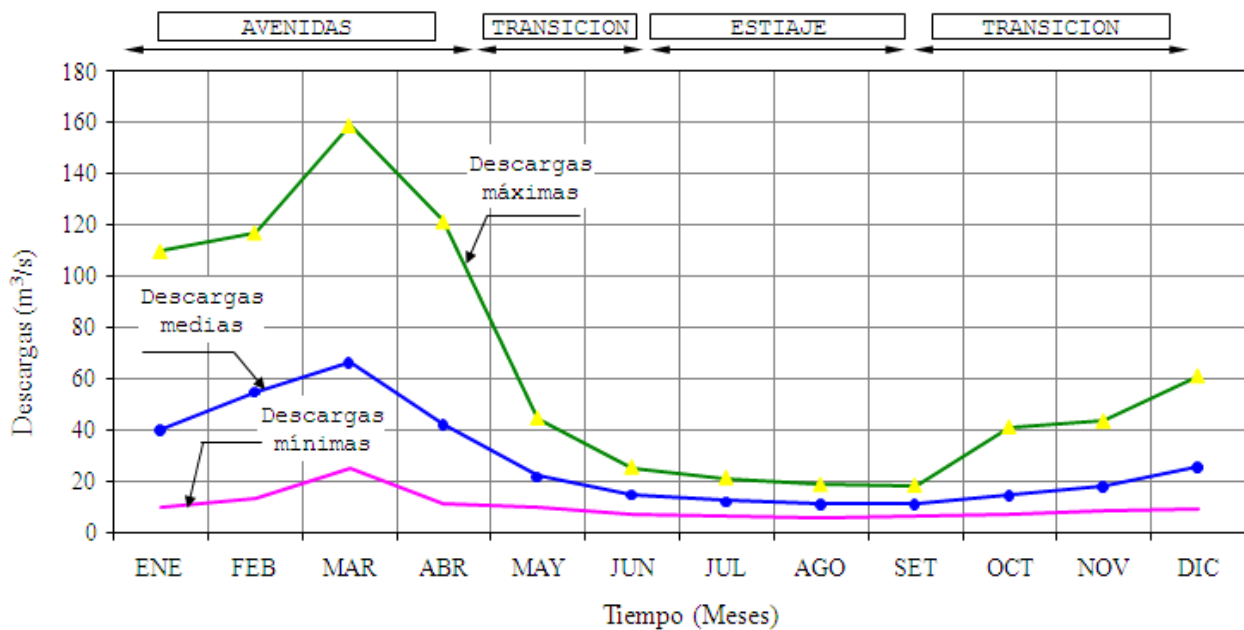
Está representado por la siguiente ecuación (Baquero, 2007):

$$I - E = \pm \Delta W$$

Donde:

- I = ingreso del agua al sistema hidrológico (alimentación o recarga en todas sus formas);
- E = egreso (descarga en todas sus formas);
- $\pm \Delta W$  = variación de reservas.

Del agua que cae sobre la cuenca (precipitación = P), una parte vuelve a la atmósfera, bien por evaporación directa o por transpiración de la vegetación (evapotranspiración=ETR). Otra parte se escurre por la superficie (escorrentía superficial = CE), confluyendo en las quebradas y ríos hasta alcanzar el curso principal



**Figura 5.2** Hidrogramas de descargas máximas, medias y mínimas del río Huaura en la estación hidrométrica Sayán (registro de caudales en m³/s, periodo 1911-1999, tomados de CINYDE S.A.C., 2004).



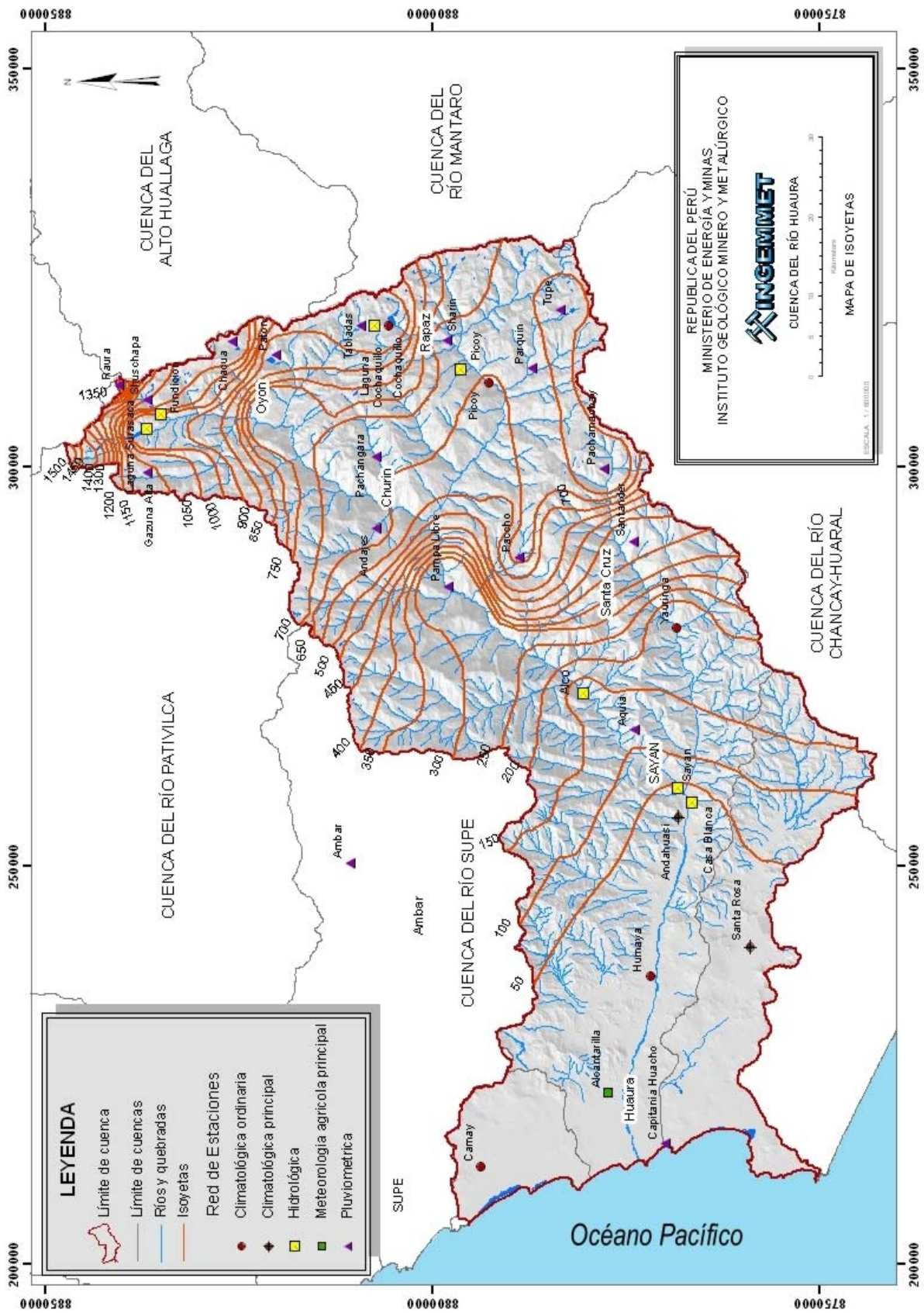


Figura 5.3 Mapa de isoyetas de precipitación media anual y ubicación de estaciones meteorológicas de la cuenca del río Huaura.

y finalmente el mar. El resto se introduce en el terreno y se incorpora al sistema acuífero (infiltración = I).

Estas magnitudes deben cumplir la siguiente ecuación:

$$P - ETR - CE - I \pm W = 0$$

La variación del almacenamiento hídrico o variación de reservas, a largo plazo e» 10 años es igual a cero.

El conocimiento de las diferentes fases del ciclo hidrológico, representadas en la ecuación del balance hídrico, permite evaluar cuantitativamente los recursos del agua y sus modificaciones por influencia de las actividades del hombre. A continuación se describen cada uno de los componentes principales de la ecuación del balance hídrico.

### Precipitación media (P)

La precipitación es obtenida a partir de las observaciones o mediciones de la red pluviométrica distribuida en toda la cuenca y es la única fuente de humedad que tiene el suelo, por eso, es importante que su medida y cálculo se hagan con precisión, pues de ello depende la exactitud de los resultados del balance.

Aguirre (1998) realiza el análisis de consistencia de los datos pluviométricos obtenidos, entre los años 1964 y 1997, para 15 estaciones meteorológicas distribuidas uniformemente en toda la cuenca del río Huaura.

Estos datos han sido verificados, homogeneizados y se presentan en el mapa de isoyetas de precipitación media anual (figura 5.3).

Los valores de precipitación areal en toda la cuenca, hasta la entrada al mar, han sido calculados utilizando el método de las isoyetas y el promedio aritmético, y sus resultados se muestran en el cuadro 5.1:

**Cuadro 5.1**

### **Precipitación areal de la cuenca del río Huaura**

Método	Precipitación Areal (mm)
Isoyetas	452.1
Promedio aritmético	554.6

### Evapotranspiración (ET)

La evapotranspiración es la suma de todas las pérdidas por transformación del agua en vapor, sea cual sea el factor que haya actuado. Este parámetro se calcula mediante medidas directas, balances de agua en el suelo y métodos empíricos.

La evapotranspiración es un parámetro difícil de estimar, pues depende de factores ligados a la meteorología (precipitación, radiación solar y humedad del aire), a la vegetación (densidad, tipo y grado de desarrollo) y al suelo (textura y estructura). Estos

factores condicionan la capacidad de almacenamiento del agua (Martínez, 2006). Thornthwaite (1948) distingue entre evapotranspiración potencial (ETP) y evapotranspiración real (ETR).

· **Evapotranspiración potencial (ETP).** Es el volumen de agua que pasaría a la atmósfera en forma de vapor como consecuencia de la evaporación directa y de la transpiración de las plantas, si las reservas de agua fuesen suficientes para compensar las pérdidas máximas.

Para el cálculo de la ETP en la cuenca del río Huaura, se ha utilizado las fórmulas empíricas de Thornthwaite. Este método ha sido utilizado con mucha frecuencia en los estudios encaminados a la obtención de balances en cuencas hidrográficas.

El cálculo de la evapotranspiración potencial mensual de la cuenca del río Huaura se realizó en base a cuatro estaciones meteorológicas (cuadro 5.2). Con estos datos se ha calculado la ETP promedio anual de forma areal en toda la cuenca del río Huaura y se ha obtenido de esta manera un valor promedio estimado igual a 700 mm.

· **Evapotranspiración real (ETR).** Está condicionada por la cantidad de agua disponible en un momento determinado (precipitación y contenido de humedad en el suelo). Para el cálculo de la evapotranspiración real en la cuenca del río Huaura, se utilizó la fórmula empírica de Turc.

Al igual que la ETP, el cálculo de la ETR se realizó en base a las cuatro estaciones meteorológicas, cuyos resultados a nivel mensual por cada estación se muestran en el cuadro 5.3. Sin embargo, la ETR promedio anual calculada en forma areal tiene un valor promedio de 243 mm aproximadamente.

### Escorrentía superficial (CE)

La porción de lluvia que eventualmente llega a los cauces de los ríos y se registra en la estación hidrométrica se denomina escorrentía superficial, exceso de precipitación o precipitación efectiva. Se refiere a la cantidad de agua que en el curso de una precipitación escapa a la infiltración y a la evapotranspiración.

La escorrentía superficial es medida en las estaciones hidrométricas que conforman la red hidrológica nacional, por tal motivo, es junto a la precipitación uno de los parámetros medidos con mayor precisión.

Aplicando la relación de JUSTIN se calcula el valor de la escorrentía superficial. Esta relación está en función de factores tales como la pendiente promedio de la cuenca, la precipitación promedio anual y la temperatura media de la cuenca (Apaza, 1990).

$$CE = 0.183 \times S^{0.155} \times p^{2/160} + 9T$$

La escorrentía superficial promedio anual que se produciría con una precipitación total de 510,7 mm en la cuenca del río Huaura, cuya pendiente promedio es 16,5 % y la temperatura media anual es 11,1 °C, será igual a igual a 108,9 mm.

**Infiltración (I)**

La infiltración es el volumen de agua procedente de las precipitaciones que atraviesa la superficie del terreno y ocupa total o parcialmente los poros del suelo y subsuelo. Depende de muchos factores y no se puede calcular por mediciones directas, por lo que su estimación es difícil, no siendo posible obtener una relación única entre todos los parámetros que la condicionan (Guevara & Cartaya, 2002; Castany, 1975).

La infiltración potencial de la cuenca se puede calcular a partir de la ecuación general de balance hidrológico, asumiendo que a largo plazo la variación de reservas es cero,  $W=0$  (Guevara & Cartaya, 2002):

$$P - ETR - CE - I \pm W = 0$$

$$I = P - ETR - CE$$

$$I = 452,1 - 243 - 108,9$$

$$I = 100,2 \text{ mm}$$

Para calcular la infiltración real (Ir) usaremos la fórmula matemática del método S.C.S. (Soil Conservation Service de EE.UU.), en el cual en base al estudio de una gran cantidad de eventos se permitió la obtención de una relación empírica entre la infiltración potencial

(I) y la infiltración real (Ir), cuya expresión matemática es la siguiente (Guevara & Cartaya, 2002):

$$Ir = 0.2 I$$

Entonces la infiltración real en la cuenca del río Huaura será:

$$Ir = 20,04 \text{ mm.}$$

Esta ecuación que relaciona Ir con I, se basa en datos obtenidos experimentalmente en cuencas grandes y pequeñas. Sin embargo, no es necesario obtener dicha ecuación con mayor exactitud, puesto que para poder fragmentar Ir en sus componentes principales, se requiere disponer de datos que normalmente no están disponibles. Por la misma razón se considera una buena aproximación el coeficiente 0,2 de dicha ecuación.

**Aplicación del Balance Hídrico Anual**

Con la aplicación de los valores de los elementos estimados anteriormente se ha obtenido el balance hídrico de la cuenca en el punto que encierra la cabecera del valle del río Huaura y donde normalmente se han ubicado las estaciones de registro hidrométrico, es decir, en las inmediaciones de Sayán (figura 5.4).

Volumen promedio de agua que se precipita sobre la cuenca.....	1606 MMC
Volumen promedio anual aforado en el sector de Sayán.....	497 MMC
Pérdidas por evapotranspiración.....	863 MMC

**Cuadro 5.2**  
Evapotranspiración potencial de la cuenca del río Huaura, por el método de Thornthwaite

Estación	Evapotranspiración Potencial Corregida (ETP en mm/mes)												Total
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
Andahuasi	108,9	102,3	107,6	88,8	67,0	52,8	44,8	49,1	53,9	63,4	72,3	91,2	902,1
Cochaquillo	46,6	41,3	46,2	44,8	43,9	39,3	38,8	42,3	43,0	47,1	46,1	48,9	528,3
Oyón	50,5	46,1	49,5	47,8	48,5	45,5	45,4	48,8	49,7	51,5	49,3	52,5	585,1
Picoy	56,5	48,6	52,9	51,1	50,0	46,8	48,8	50,7	53,0	56,2	54,9	56,5	626,0

**Cuadro 5.3**  
Evapotranspiración real de la cuenca hidrográfica del río Huaura, por el método de Turc

Estación	Evapotranspiración Real usando la fórmula de Turc (en mm/mes)												Total
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
Andahuasi	2,2	0,7	0,8	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6	0,6	0,1	0,2	0,1	6,5
Cochaquillo	137,7	157,1	159,1	96,6	25,6	5,6	7,0	22,0	50,3	95,0	92,2	131,2	979,4
Oyón	86,9	3,0	1,5	1,0	4,3	9,9	11,5	13,6	15,0	8,4	3,7	2,6	161,4
Picoy	98,2	107,9	119,7	46,3	11,8	1,2	1,2	2,4	10,0	39,7	44,7	74,6	552,3

Pérdidas por infiltración.....	71 MMC
Excedente total de agua.....	175 MMC
Déficit total de agua.....	0 MMC

Como puede observarse, los valores estimados de los elementos del balance permiten concluir que hay un desequilibrio hídrico positivo, y existe un exceso de recurso hídrico superficial promedio anual del orden de 175 MMC/año. Este exceso representa las condiciones actuales de alimentación o recarga del acuífero del valle de Huaura, a la altura de la estación de aforo de Sayán.

**HIDROGEOLOGÍA**

Las aguas subterráneas se encuentran ligadas a las condiciones geomorfológicas de la cuenca, la naturaleza de la roca y condición estructural de las formaciones geológicas. La estratigrafía y la tectónica de la cuenca son importantes para la caracterización hidrogeológica, la determinación de las dimensiones y la geometría de los mantos acuíferos (Peña, 2001).

En la cuenca del río Huaura, los aportes que alimentan a los acuíferos están dados por la desglaciación de los nevados de la

Cordillera de Raura, por el río Huaura y sus principales tributarios de aguas permanentes, y por el aporte de las lagunas de la cuenca alta y las precipitaciones que en ella se producen.

Desde un punto de vista regional, los niveles productivos explotados hasta la fecha corresponden a sedimentos cuaternarios del valle del río Huaura, salvo en el caso de las fuentes termales, utilizadas con fines turísticos, que corresponden a acuíferos fisurados profundos localizados en la cuenca alta.

El mecanismo de recarga y descarga relacionado con el sistema hidrogeológico local y regional se ha evaluado mediante el inventario de fuentes de agua subterránea.

Para el análisis de los distintos ambientes y procesos hidrogeológicos, se ha elaborado el mapa hidrogeológico de la cuenca. Para ello se utilizó la metodología desarrollada por la Asociación Internacional de Hidrogeólogos-AIH (Struckmeier y Margat, 1995), la cual está basada en la caracterización de formaciones geológicas en relación al inventario de manantiales que por estas circulan, la medida de parámetros hidrogeológicos y el cartografiado hidrogeológico.

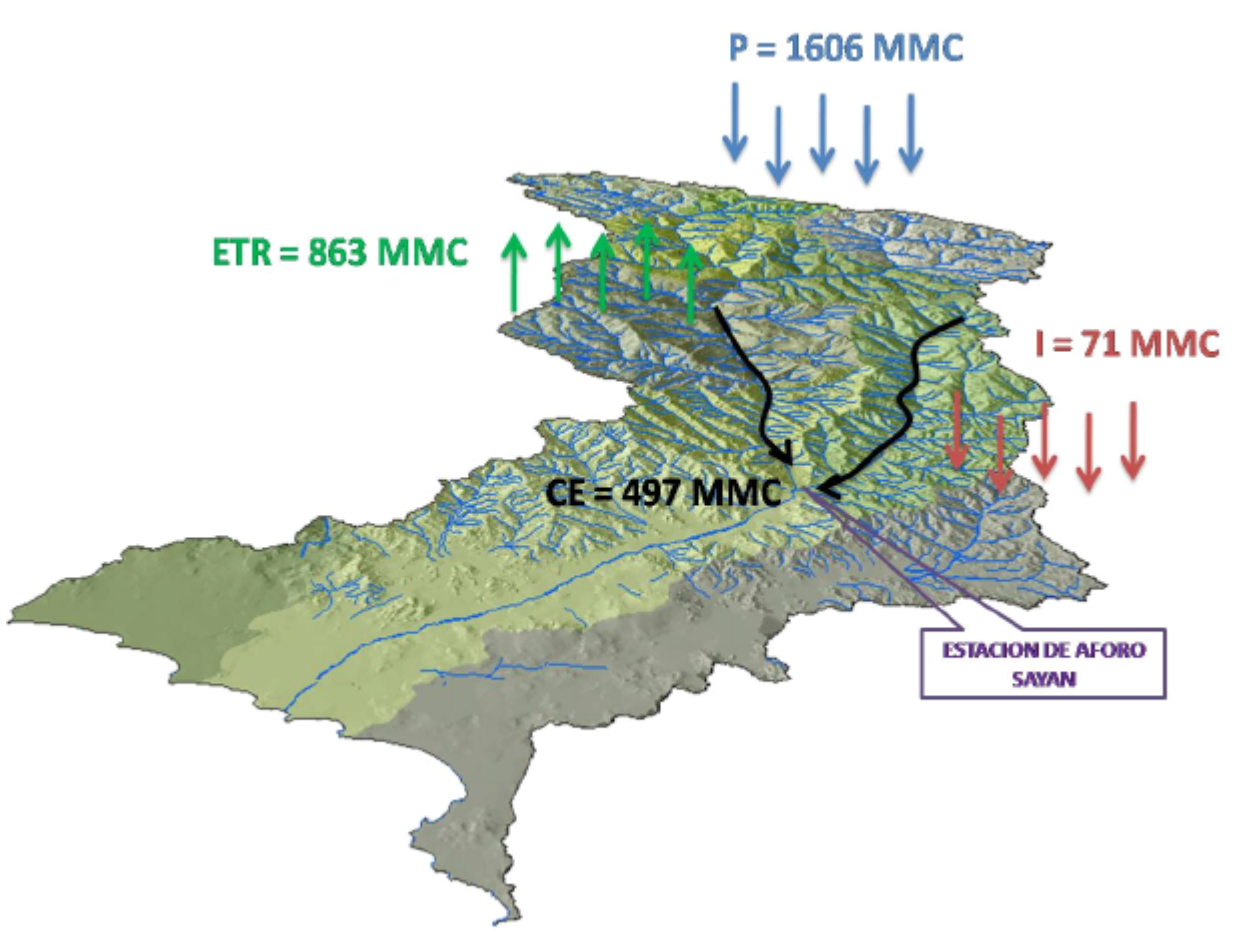


Figura 5.4 Esquema del balance hídrico de la cuenca del río Huaura.

### ***Inventario de Fuentes de Agua Subterránea***

El objetivo del inventario de fuentes de agua subterránea ha sido determinar la cantidad y situación actual de los manantiales existentes en la cuenca del río Huaura. Este inventario constituye la principal base de datos del estudio hidrogeológico.

Dentro del área de estudio se registraron dos tipos de fuentes de agua subterránea: naturales y artificiales. Se han clasificado como fuentes naturales a los manantiales de agua fría y a los manantiales de agua caliente (fuentes termales), cuya surgencia natural está controlada por las estructuras geológicas y la litología. En cambio las fuentes artificiales están representadas por la construcción de pozos o sondeos de explotación de agua subterránea y se localizan en el valle del río Huaura (fotos 5.1 y 5.2).

El inventario se realizó en dos campañas de campo, la primera efectuada en julio de 2007 (correspondiente a la cuenca alta) y la segunda realizada en noviembre del mismo año (abarcando las partes media y baja de la cuenca). En cada fuente inventariada se midieron parámetros fisicoquímicos, como la conductividad eléctrica con un conductímetro WTW-pH/Cond 340i/SET; el pH, T° y TDS se determinaron con un Medidor Combo Digital HL98129.

Se registró un total de 197 fuentes de agua (48 puntos de control de agua superficial y 149 fuentes de agua subterránea). 119 de las muestras corresponden a manantiales de agua fría, 20 a fuentes termales y 10 pozos a explotación de agua subterránea (figura 5.5).

Adicionalmente, se han recopilado datos procedentes de la Administración Técnica del Distrito de Riego de Huaura (INRENA, 2005), en un total de 566 pozos, de los cuales 488 son a tajo abierto, 60 tubulares y 18 mixtos. De acuerdo a su estado, en el valle del río Huaura, registraron 378 pozos utilizados, 179 utilizables y 9 no utilizables. En la figura 5.6 se muestra el número de fuentes

inventariadas por cada distrito que comprende el valle del río Huaura.

La ubicación de las fuentes inventariadas se muestra en el mapa de inventario (figura 5.7).

### **Clave para identificar las fuentes inventariadas**

Para la identificación de las fuentes inventariadas se ha empleado un código, el mismo que está compuesto de tres partes:

La primera parte, escrita con letras mayúsculas indica la subcuenca a la que pertenece (primeras letras de la palabra) el punto muestreado;

La segunda parte hace referencia al tipo de fuente y se escribe con letras minúsculas («m» para manantiales de agua fría, «s» para agua superficial, «t» para fuentes termales y «p» para pozos o sondeos);

La tercera parte, localizada después de un guión y constituida por números, se asigna a la fuente inventariada de acuerdo a un orden correlativo de norte a sur para cada subcuenca.

Así por ejemplo, la clave del manantial de agua fría inventariado en la subcuenca del río Checras, con orden correlativo n.º 19, será **CHm-19**.

### ***Características Hidrogeoquímicas del Agua Subterránea***

La evaluación hidrogeoquímica de las aguas subterráneas y manantiales de la cuenca del río Huaura, se presentan con el objetivo de establecer el mecanismo de recarga y descarga relacionado con el sistema hidrogeológico local y regional.

Los análisis químicos y fisicoquímicos realizados a las 99 muestras recolectadas hacen referencia a los iones mayoritarios (cationes,



**Fotos 5.1. y 5.2**

Izquierda. fuente natural de agua subterránea (manantial). Derecha. fuente artificial de agua subterránea (pozo de captación).

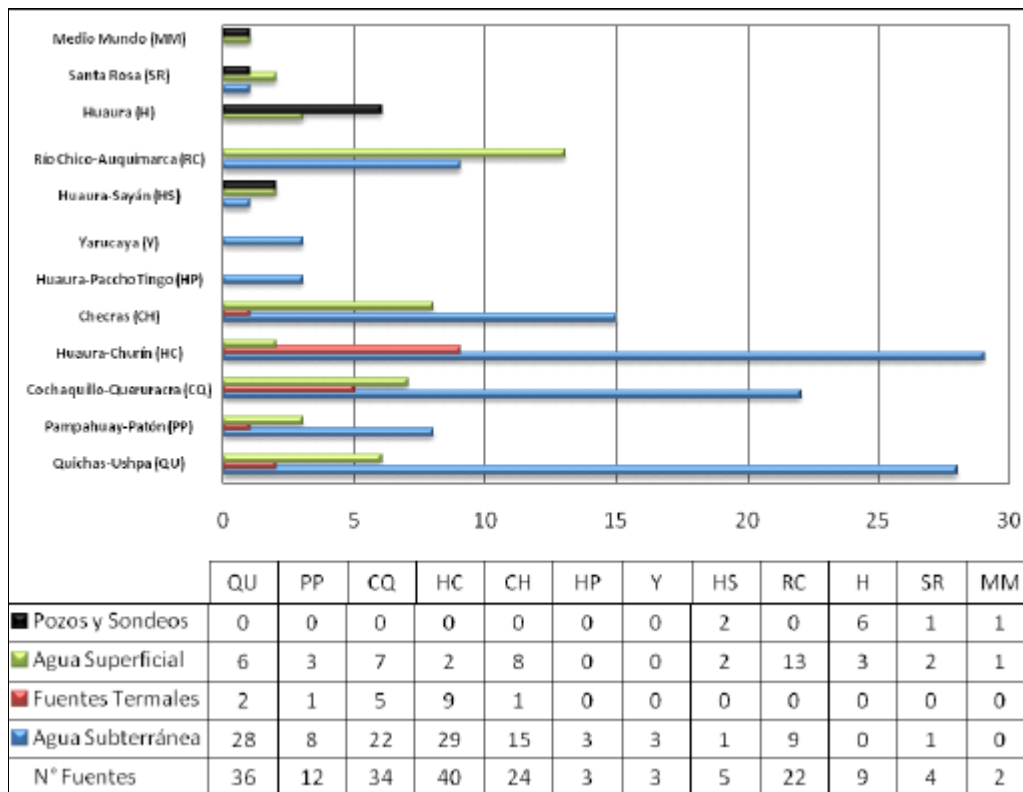


Figura 5.5 Número de fuentes de agua inventariadas en la cuenca del río Huaura (inventario por subcuencas).

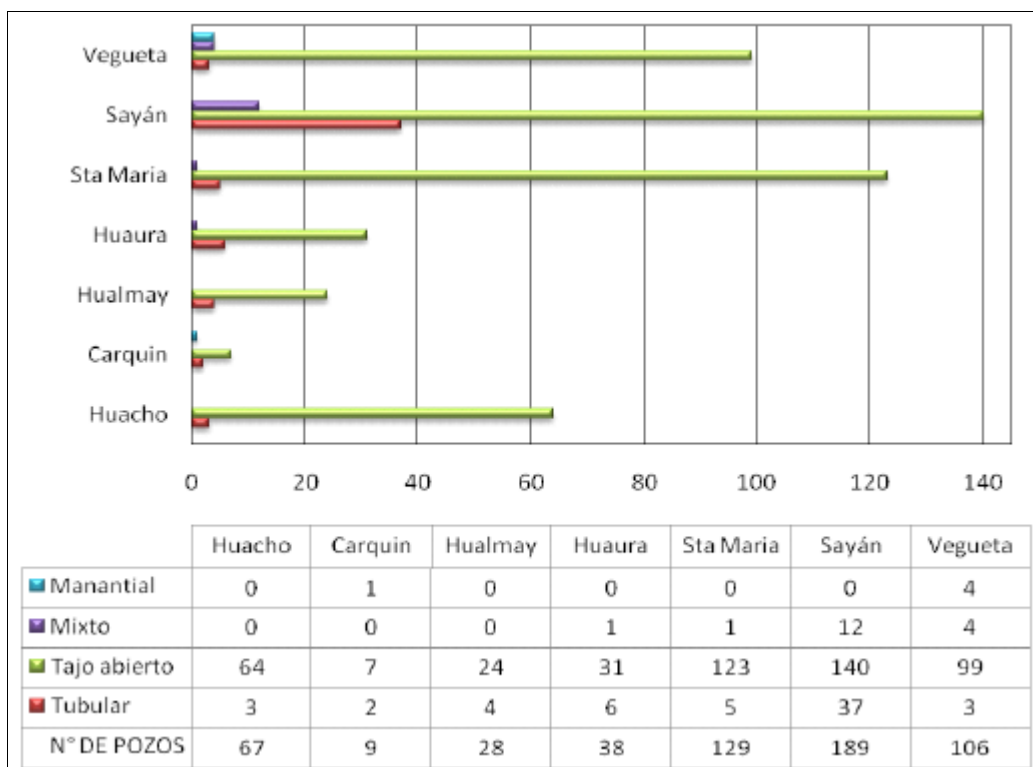


Figura 5.6 Tipo de pozos y sondeos por distrito político, inventariados en el valle del río Huaura (INRENA 2005).

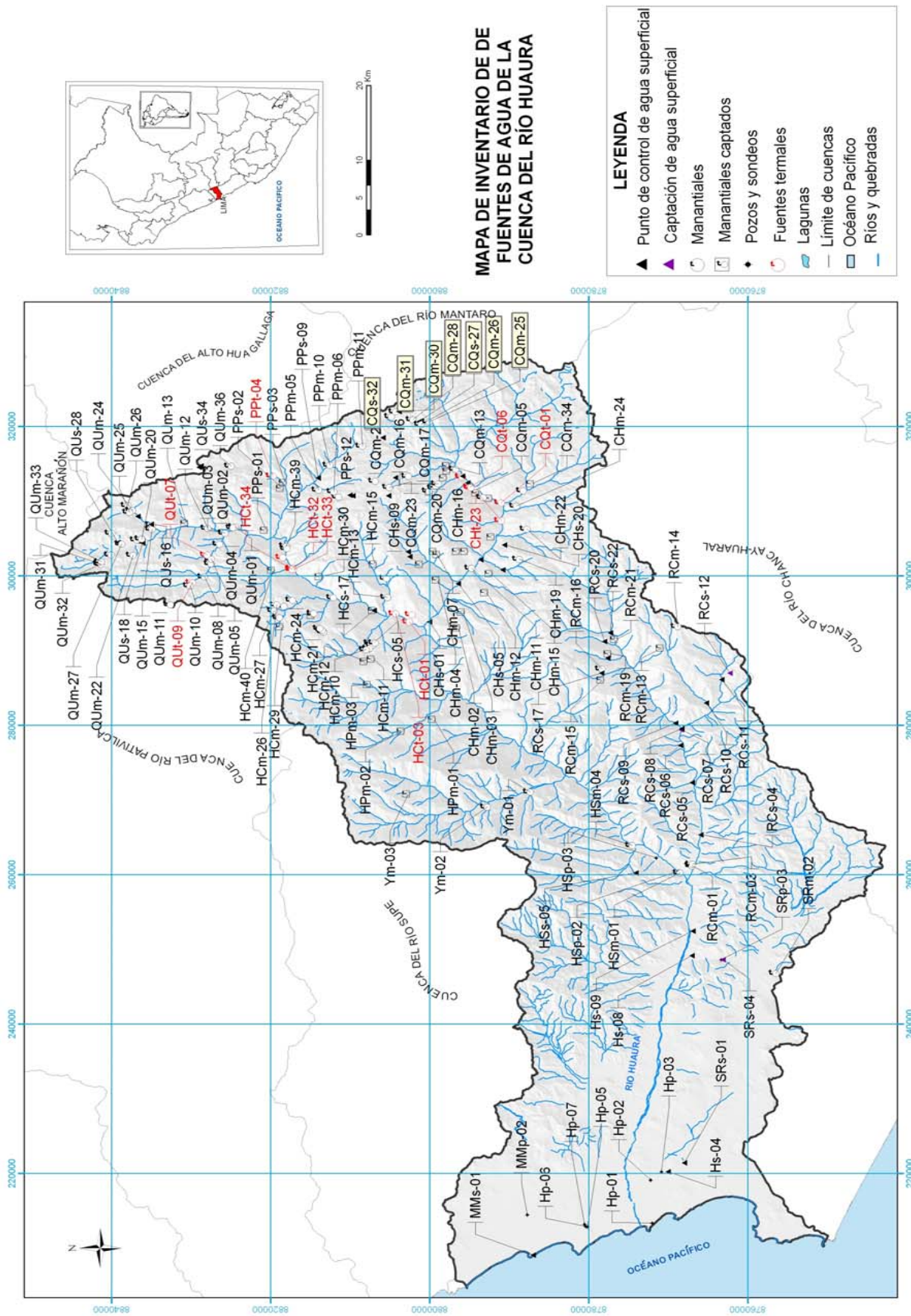


Figura 5.7 Mapa de subcuencas e inventario de fuentes de agua de la cuenca del río Huaura.

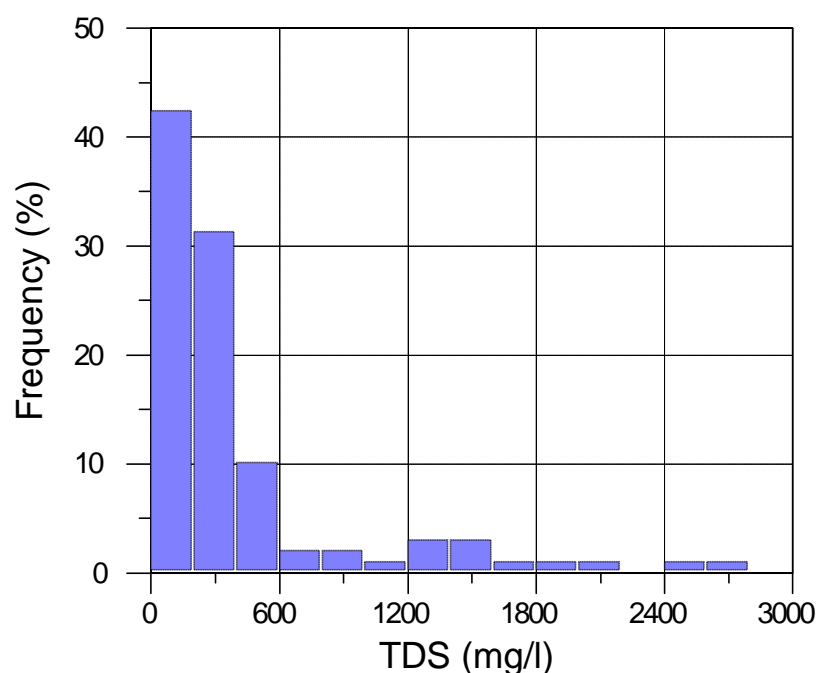
aniones y metales pesados). El 80% del total de muestras tiene concentraciones de sólidos totales disueltos (TDS) menores a 600 mg/l y conductividad eléctrica (CE) menor a 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El 20% de las muestras analizadas, que corresponden a las fuentes termales, son altamente mineralizadas con valores de TDS y CE mayores a 600 mg/l y 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente (figura 5.8 y 5.9). Sin embargo existen algunas muestras de manantiales de agua fría altamente mineralizados como por ejemplo el manantial Acaín (CHm-11) que tiene TDS = 2450 mg/l y CE = 3520  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , esta fuente está ubicada en el distrito de Pachangará a 11 km al sureste de la localidad de Churín, en la margen derecha del río Checras.

La concentración de los iones mayoritarios en mg/l, a excepción de algunas fuentes altamente mineralizadas, está comprendida entre los siguientes valores: Na: 0.2-45.6; K: 0.1-11.8; Ca: 1.3-78.81; Mg: 0.24-46; Cl: 0.5-121;  $\text{HCO}_3$ : 0.5-444 y  $\text{SO}_4$ : 2-619 (figura 5.10).

Las concentraciones máximas de los iones mayoritarios están presentes en las fuentes termales altamente mineralizadas (TDS > 600 mg/l) en los manantiales cuyo tiempo de almacenamiento y tránsito a través de los acuíferos es prolongado y en los pozos de agua subterránea que no tienen bombeo permanente (pozos del valle del río Huaura). Estas concentraciones extremas, así como también la comparación entre los iones mayoritarios, se pueden observar claramente en el diagrama de caja y bigotes (figura 5.10).

Las zonas altamente mineralizadas se distinguen mediante una representación gráfica de los diagramas de Stiff (figura 5.11). En estos diagramas se puede observar que la mayoría de las fuentes presentan concentraciones relativamente bajas de los componentes mayoritarios. Sin embargo, existen algunos puntos de alta concentración de aniones y cationes, lo que indica, a su vez, la alta mineralización de estas aguas.

### Histogram (TDS)



### Histogram (CE)

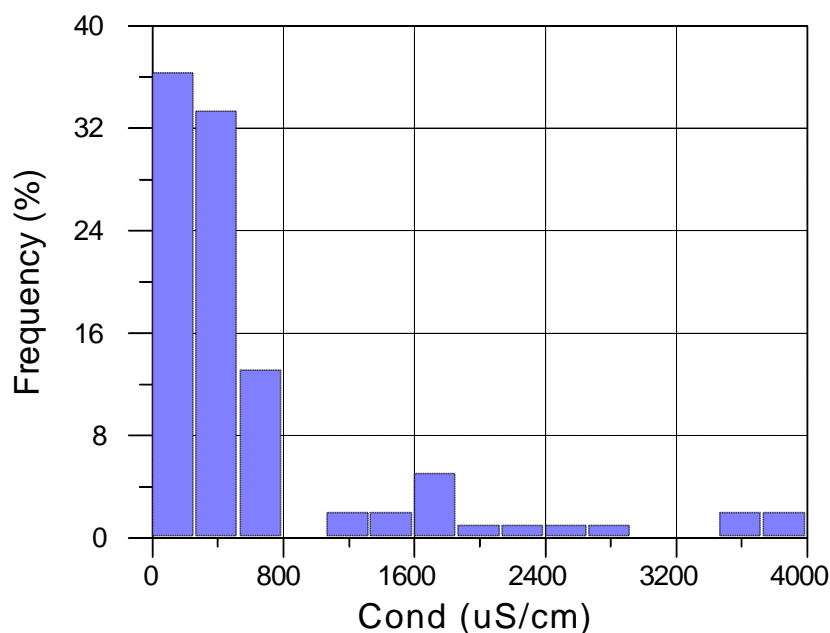


Figura 5.8 y 5.9

Histogramas de frecuencia para los análisis de Sólidos Totales Disueltos (izquierda) y Conductividad Eléctrica (derecha).



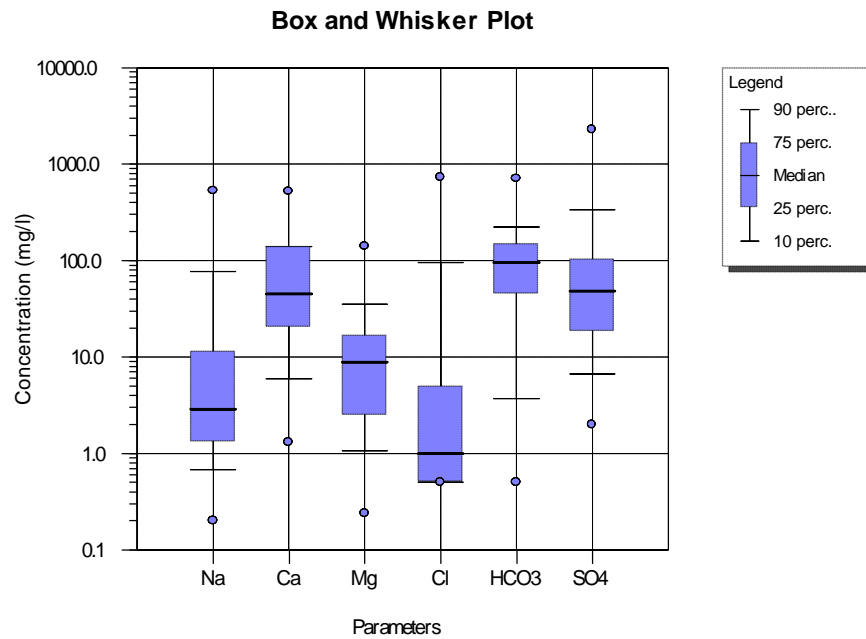


Figura 5.10 Concentración en mg/l de iones mayoritarios presentes en las muestras analizadas.

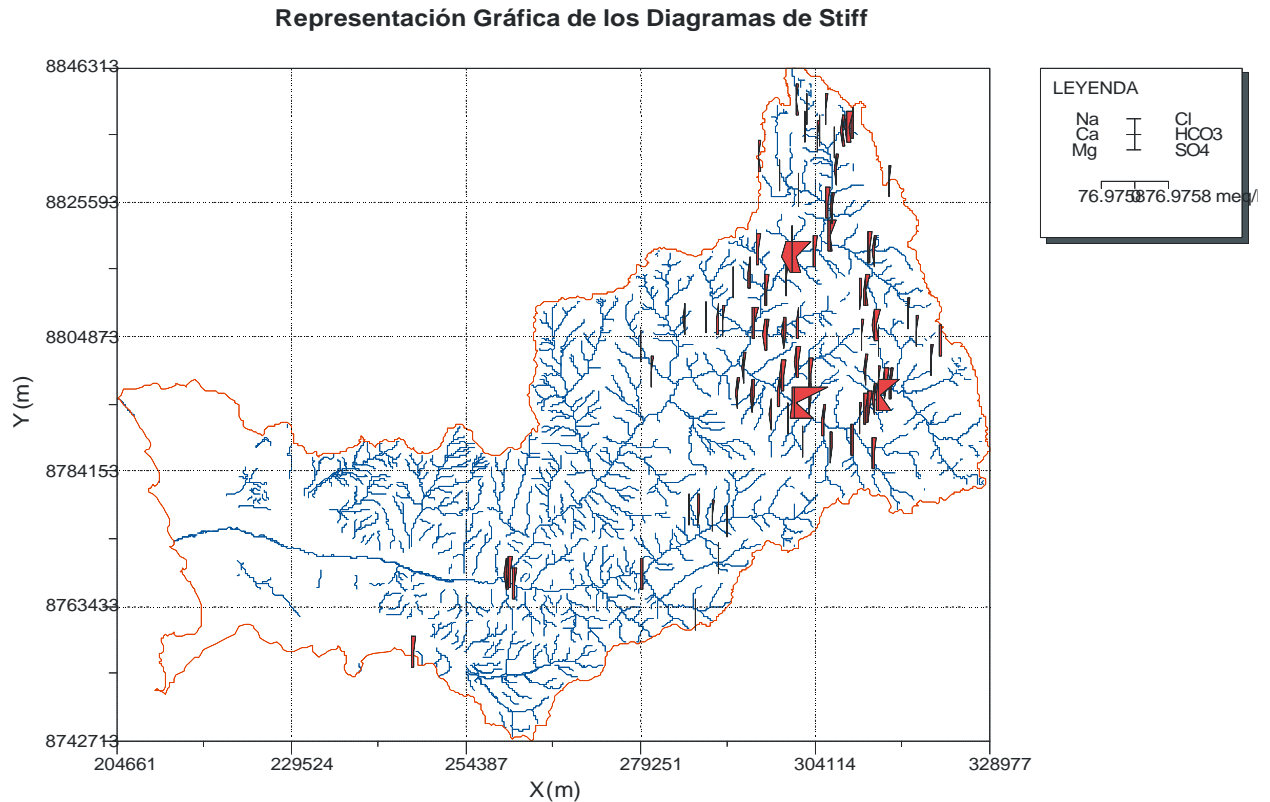


Figura 5.11 Representación gráfica de los diagramas de Stiff en la cuenca del río Huaura.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis químicos, es posible señalar que las aguas analizadas corresponden al tipo genético *bicarbonatadas cálcicas y sulfatadas cálcicas* (figura 5.12). Prácticamente, la totalidad de las muestras son cálcicas, aunque existen excepciones que presentan un ligero predominio de magnesio y sodio, pero con contenidos importantes de calcio. En cuanto al predominio aniónico, la mayoría de las muestras resultaron ser bicarbonatadas, a excepción de algunas que presentan mineralización inferior a estas y son sulfatadas, con el contenido de ión sulfato ligeramente bajo. Los tipos de agua cálcica y magnésica tienen relación directa con el terreno que atraviesan (serie carbonatada del Cretáceo Superior).

En resumen, el agua superficial que aporta a la recarga y el agua subterránea del sistema hidrogeológico se clasifican, de acuerdo al diagrama de Piper (figura 5.13), como bicarbonatadas cálcico-magnésicas, y en menor proporción son sulfatadas cálcico-magnésicas; las fuentes termales se clasifican como sulfatadas cálcicas a cloruradas sódicas, y las muestras de agua tomadas de los pozos y sondeos del valle del río Huaura son del tipo sulfatadas cálcicas con una ligera tendencia a cloruradas sódicas.

En el diagrama triangular de cationes es perceptible una tendencia al enriquecimiento en calcio y magnesio en relación directa con la secuencia carbonatada de la cuenca cretácea y el aumento de distancia al área de recarga. Esta tendencia cálcico-magnésica es una evolución geoquímica normal en el desarrollo de un acuífero carbonatado, a medida que se incrementa el tiempo de residencia subterránea. En el diagrama triangular de aniones, la tendencia

de bicarbonatos a sulfatos está relacionada al tiempo de residencia y recorrido del agua subterránea a través de los acuíferos, un ejemplo de esto son las fuentes termales.

**Evaluación de la Calidad del Agua Muestreada**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en su *International Standards for Drinking Water* (1936) divide en cuatro grupos las características a tener en cuenta que afectan la calidad de las aguas. Respecto a esta norma, en este trabajo se analizaron las sustancias químicas que afectan la potabilidad de las aguas y las sustancias químicas que pueden afectar la salud. Según esta norma, aquellas aguas que no cumplan con alguna de las condiciones indicadas deben ser clasificadas como No Potables.

Por otro lado, las normas de potabilidad vigentes en el Perú — como la Ley General de Aguas, D.L. N.º 17752 y sus Concordancias del Reglamento de los Títulos I, II y III según D.S. N.º 044-2001-A.G.— incluyen criterios de calidad, además de recomendaciones para la toma de muestras (que son parte de la metodología utilizada en el presente trabajo) y frecuencia del muestreo. Para este trabajo, siguiendo esta norma, se consideraron los «Límites de Sustancias Potencialmente Peligrosas (valores en mg/l)» para componentes químicos y características físicas que pueden afectar la calidad organoléptica de las aguas y la concentración del anión nitrato, incluida entre los componentes inorgánicos que pueden afectar la salud. Según esta norma, aquellas aguas que no cumplan con alguna de las condiciones indicadas deben ser clasificadas como No Aceptables.

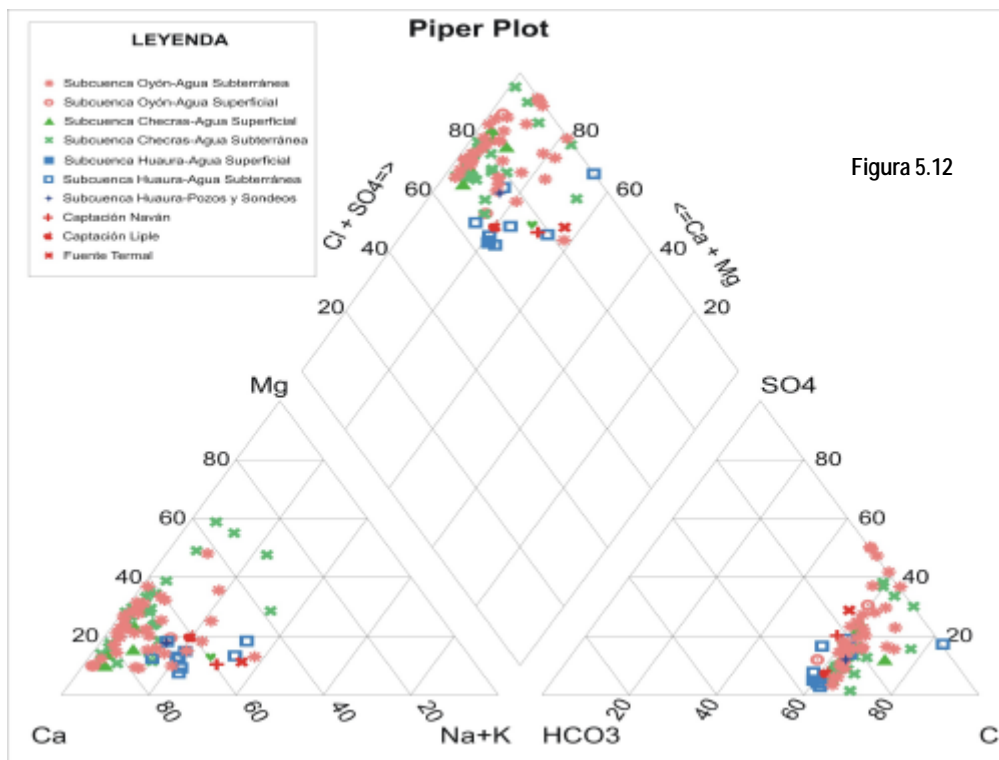


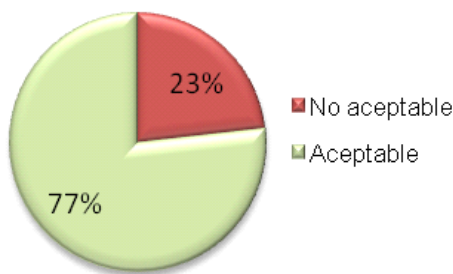
Figura 5.12

Diagrama de Piper: muestras representativas provenientes del sistema hidrogeológico de la cuenca del río Huaura.

Potabilidad de las fuentes analizadas

Se ha comprobado que el 77% de las determinaciones de las propiedades físico-químicas realizadas en las muestras recogidas en la cuenca del río Huaura ha proporcionado valores por debajo del MCL (Nivel Máximo de Contaminantes), y el 23% superan el MCL (figura 5.13), valores marcados por la OMS y el D.L. N.° 17752 (D.S. N.° 044-2001-A.G) de la Ley General de Aguas del Perú, vigente (hasta el 2008) para la aptitud de un agua para consumo humano (cuadro 5.4).

En la figura 5.14 se muestra la comparación entre el número de muestras de agua aceptables y no aceptables para el consumo



**Figura 5.13** Porcentaje de aptitud para el consumo humano de las 99 muestras de agua.

humano, según el Nivel Máximo de Contaminantes (MCL) establecido por la OMS y las leyes peruanas vigentes hasta el 2008.

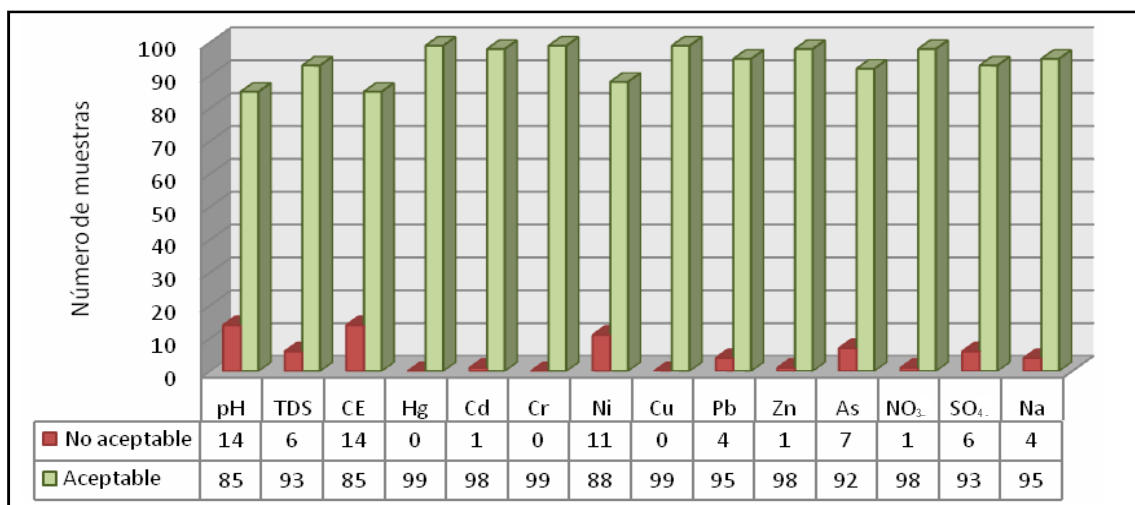
Las muestras procedentes de fuentes termales no son aptas para consumo humano porque superan el límite admisible de CE, TDS, Ni, As, Na, SO<sub>4</sub>, Cl y pH. El 81 % de las muestras de manantiales de agua fría es aceptable, y el 19 % se descarta porque supera el límite admisible de CE, TDS, Cd, Ni, Pb, Zn, As, SO<sub>4</sub> y pH. Las 12 muestras de agua superficial analizadas muestran valores aceptables para el consumo, y de las cuatro muestras extraídas de pozos de agua subterránea, localizados en el valle del río Huaura, dos son aceptables y las otras dos no son aceptables porque superan el límite admisible de CE, TDS, NO<sub>3</sub> y SO<sub>4</sub> (anexo 2).

Los altos contenidos de sulfatos y cloruros en las muestras de fuentes termales se asocian principalmente a la profundidad de infiltración y al tiempo de residencia del agua en los acuíferos profundos. Los altos contenidos de nitratos se asocian principalmente al uso excesivo de fertilizantes de origen animal como abonos, y en menor cantidad de fertilizantes nitrogenados, vinculados a un manejo intensivo de las áreas agrícolas. La concentración de conductividad eléctrica (CE) es también muy elevada; el límite permitido es 1500 µS/cm para la OMS.

**Cuadro 5.4**

**Estándares de la calidad del agua, según la OMS y el D.L. N.° 17752 (D.S. N.° 044-2001-A.G) de la Ley General de Aguas del Perú, vigente para la aptitud de agua para consumo humano hasta el 2008**

MCL-Nivel Máximo de Contaminantes	pH	TDS	CE	Hg	Cd	Cr	Ni	Cu	Pb	Zn	As	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Na
		mg/l	uS/cm	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	mg/l	mg/l	mg/l
OMS	6,5 - 9,2	1 500	1 500	1	3	50	20	2 000	10	3 000	10	50	500	200
Ley Peruana	no se menciona	no se menciona	no se menciona	2	10	50	2	1 000	50	5 000	100	10	no se menciona	no se menciona



**Figura 5.14** Comparación entre el número de muestras de agua aceptables y no aceptables para el consumo humano, según el Nivel Máximo de Contaminantes (MCL) establecido por la OMS y las leyes peruanas.

Aptitud del agua para el riego

**Índice SAR**

El proceso que da lugar a la salinización del suelo con el consiguiente perjuicio para los cultivos, es el intercambio iónico que se produce en el suelo, que implica la sustitución del Ca<sup>+2</sup> y Mg<sup>+2</sup> que en él existe por el sodio disuelto en el agua (Martínez, 2006).

Esta clasificación se basa en las siguientes características:

1. la concentración total de sales solubles expresada mediante la conductividad eléctrica (IS/cm a 25° Celsius);
2. la concentración relativa (en meq/L = r) de sodio con respecto al calcio y el magnesio, denominado, índice SAR, el cual se expresa como:

$$S.A.R. = \frac{rNa}{\sqrt{rCa + rMg}}$$

2

Los diagramas de Wilcox y Riverside permiten la clasificación de las aguas de acuerdo con el peligro de salinización del suelo. En donde cada agua viene caracterizada por el índice C (conductividad eléctrica desde C1, baja, a C4, muy alta) y el índice S (contenido en sodio desde S1, bajo, a S4, muy alto). Al combinar ambos factores de peligro de salinización del suelo (CE) y de alcalinización del suelo (SAR) surgen 16 categorías de agua de riego (figura 5.15).

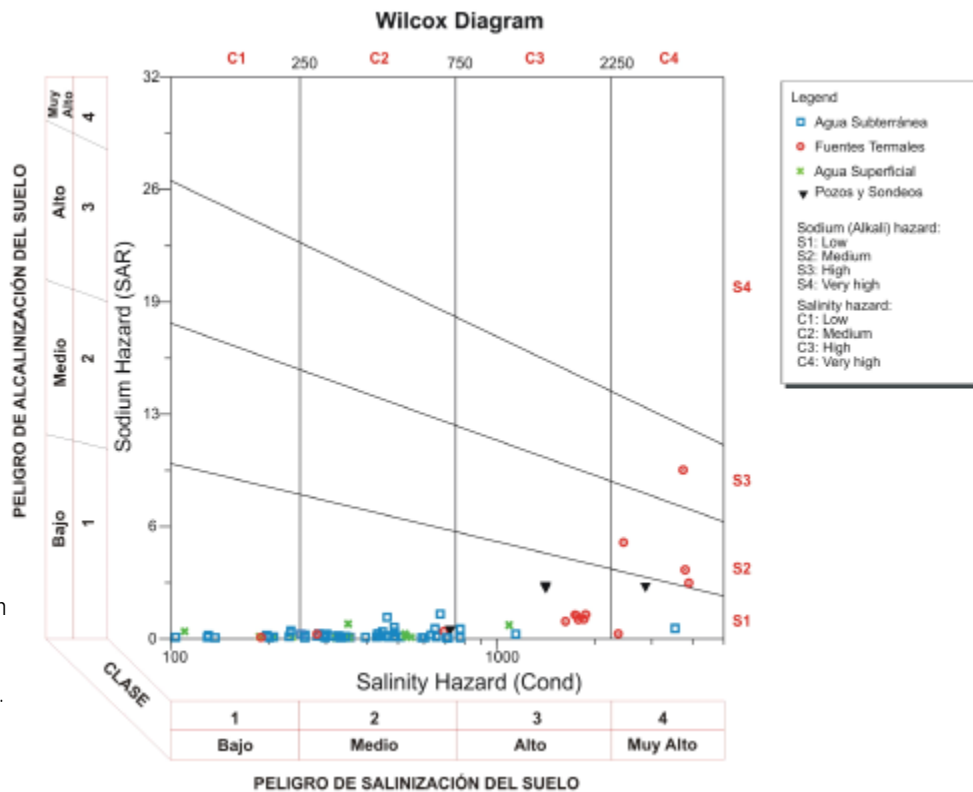
Aptitud del agua para el riego

Se han evaluado, mediante el índice SAR (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954), el riesgo de salinización que supone para un suelo y el riego con el agua extraída de las fuentes muestreadas. El resultado se ilustra en la figura 5.15.

El 81% de las muestras pertenece a las categorías C1-S1 y C2-S1, es decir, corresponde a agua de buena calidad y apta para el riego.

El 19% de las muestras pertenece al tipo C3-S1, que corresponde a un agua aplicable para riego tomando precauciones para evitar la salinización del suelo. La mayoría de las muestras en esta categoría corresponden a los pozos de explotación de agua subterránea en el valle del río Huaura (parte baja de la cuenca del río Huaura). Se puede utilizar esta agua para cultivos tolerantes, en terrenos con un buen drenaje y muy buena permeabilidad, con un control de la salinidad en el suelo. Los cultivos que pueden desarrollarse en estas condiciones son aquellos que presentan una alta tolerancia a las sales como uva, lechuga, maíz, zanahoria y cebolla. Aproximadamente, un 79% de las muestras de fuentes termales son del tipo C3-S1, C4-S1, C4-S2 y C4-S3, que corresponden a aguas salinas, las cuales no pueden utilizarse en suelos con drenaje deficiente, existiendo peligro de salinización aun con drenaje adecuado. Sin embargo, puede utilizarse con un cultivo seleccionado, en suelos permeables, de buen drenaje, y con exceso de agua para lograr un buen lixiviado.

**Figura 5.15** Clasificación del agua muestreada en la cuenca del río Huaura, según el U.S. Salinity Laboratory Staff (1954).



### **Clasificación Hidrogeológica de las Formaciones Geológicas**

La base fundamental para la clasificación hidrogeológica es la información geológica que se tenga del área de estudio (estratigrafía y geología estructural).

El análisis de dicha información permite determinar los límites, la direcciones de flujo de agua subterránea, el tipo y la geometría de las unidades hidrogeológicas.

Con los valores estimados de porosidad y valores calculados de permeabilidad obtenidos, utilizando los métodos del permeámetro de carga constante y la densidad de fracturas de un macizo rocoso, se ha clasificado las unidades hidrogeológicas de la cuenca del río Huaura como se muestra en el cuadro 5.5.

### **Mapa Hidrogeológico de la Cuenca del Río Huaura**

El mapa hidrogeológico de la cuenca del río Huaura contiene básicamente tres clases de información: la distribución espacial de las fuentes de agua subterránea y acuíferos, el marco geológico (litología, estructura y extensión de los acuíferos o de las distintas unidades hidrogeológicas) y la red hidrográfica relacionada a la recarga y descarga del agua subterránea.

Se parte básicamente de la diferenciación en superficie de las formaciones geológicas, de acuerdo a la permeabilidad (formaciones permeables, impermeables o de baja permeabilidad).

En el mapa 05 se representa el carácter hidrogeológico de las formaciones geológicas (cuadro 5.5). Cabe mencionar que una formación que globalmente es impermeable puede albergar tramos permeables que constituyan acuíferos. Por ello, se puede decir que no existen divisiones rígidas entre acuíferos y acuitardos u otras unidades hidrogeológicas permeables o impermeables.

### **Representación gráfica del mapa hidrogeológico**

En el mapa hidrogeológico de la cuenca del río Huaura (mapa 05) se muestra:

- *En color azul.* Acuíferos porosos no consolidados, donde el agua subterránea se mueve a través de los poros de rocas no consolidadas (sedimentos fluviales y aluviales).
- *En color verde.* Acuíferos en los que el agua se mueve a través de una red de fracturas interconectadas en rocas sedimentarias cementadas (areniscas, cuarcitas y calizas).
- *En color morado.* Acuíferos en los que el agua se mueve a través de una red de fracturas interconectadas en rocas volcánicas compactas (andesitas, dacitas, dioritas, entre otras).
- *En color marrón.* Acuitardos, rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas compactas y poco deformadas, sin flujo de agua subterránea (limoarcillitas, lutitas, rocas intrusivas del batolito de la costa y rocas volcánicas del grupo Casma).

**Cuadro 5.5**  
**Clasificación hidrogeológica de las formaciones geológicas que afloran en la cuenca del río Huaura**

Formación Geológica		Descripción Geológica	Porosidad	Permeabilidad	Clasificación Hidrogeológica
Fm. Chicama		Areniscas cuarzosas, intercaladas con limoarcillitas.	Media	Media	Acuífero en rocas sedimentarias fracturadas
GOYLLARIZQUISGA	Fm. Oyón	Secuencia de lutitas negras, con importantes horizontes de areniscas y estratos de carbón.	Media	Baja	Acuitardo en rocas sedimentarias
	Fm. Chimú	En la parte inferior, presenta arenisca cuarzosa en bancos gruesos con estratificación cruzada e intercalaciones de limoarcillitas y estratos delgados de carbón. Hacia la parte superior, se compone principalmente de arenisca cuarzosa blanca de grano medio a grueso.	Alta por fisuración	Alta	Acuífero en rocas sedimentarias fracturadas
	Fm. Santa	En la parte inferior, presenta areniscas cuarzosas con cemento calcáreo, intercaladas con estratos y lentes de calizas arenosas. En la parte superior, presenta calizas oscuras bien estratificadas en capas delgadas, intercaladas con limoarcillitas grises oscuras.	Media	Media	Acuífero en rocas sedimentarias fracturadas
	Fm. Carhuaz	En la base, está conformada por 3 ó 4 secuencias de limoarcillitas intercaladas con estratos de areniscas. En la parte superior, areniscas cuarzosas intercaladas con limoarcillitas.	Media	Baja	Acuitardo en rocas sedimentarias
	Farrat	Compuesta por areniscas cuarzosas, algunos estratos de arenisca de grano medio a grueso, parcialmente compactas y deleznales con estratificación cruzada, presentan canales de conglomerados con clastos subredondeados a redondeados.	Alta por fisuración	Alta	Acuífero en rocas sedimentarias fracturadas
	Grupo Casma	Secuencias estratificadas de lavas coherentes masivas de grano fino, seguidos de una secuencia de aglomerados en estratos gruesos.	Baja	Baja	Acuitardo en rocas volcánico-sedimentarias
Pariahuanca		Consiste de calizas macizas de color gris azulado, en estratos de grosor de 1 a 2 m de espesor.	Baja	Baja	Acuitardo en rocas sedimentarias
Chulec		Calizas gris oscuras con estratos gruesos, fuertemente fracturadas.	Media	Media	Acuífero en rocas sedimentarias fracturadas

Formación Geológica		Descripción Geológica	Porosidad	Permeabilidad	Clasificación Hidrogeológica
Pariatambo		En la parte inferior, se tiene una secuencia de limoarcillita calcárea intercalada con margas, calizas nodulares, finamente estratificadas y con algunos sectores de calizas arcillosas. Hacia la parte superior, se tiene caliza en estratos gruesos.	Baja	Baja	Acuitardo en rocas sedimentarias
Jumasha		Calizas en estratos delgados a medianos con algunos horizontes de calizas arcillosas con contenido de margas en algunos sectores. Están fuertemente fracturadas.	Alta por carstificación	Alta	Acuífero en rocas sedimentarias fracturadas
Celendín		Consiste de calizas margosas nodulares pobremente estratificadas. Se intercalan limoarcillitas calcáreas con delgados estratos de calizas y margas.	Baja	Baja	Acuitardo en rocas sedimentarias
Grupo Calipuy	Secuencia Lávica	Consiste de una gruesa secuencia de lavas afaníticas púrpuras, piroclastos gruesos, tufo bien estratificados, andesitas basálticas, riolitas y dacitas, todas presentando variaciones laterales.	Alta	Media	Acuífero en rocas volcánicas fracturadas
	Secuencia Tobácea	Compuesta por tobas litoclasticas (presenta líticos subangulosos de 5 a 8 cm) y pómez.	Baja	Baja	Acuitardo en rocas volcánicas
Batolito de la Costa		Consiste en cuerpos intrusivos cristalinos.	Baja	Baja	Acuitardo en rocas intrusivas
Intrusivos Subvolcánicos		Pequeños cuerpos intrusivos de edad Paleógeno Neógeno.	Baja	Baja	Acuitardo en rocas intrusivas
Depósitos Cuaternarios		Depósitos aluviales, fluviales, coluviales, marinos, morrénicos y de deslizamientos. Consisten en sedimentos sueltos de granulometría variada (bloques, gravas, arena, limos y arcillas).	Alta	Muy alta	Acuífero poroso en sedimentos no consolidados





# CAPÍTULO VI

## ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

En primer lugar, este capítulo describe la geología y la pendiente de los terrenos, agentes importantes en la clasificación de unidades geomorfológicas en la cuenca. En segundo lugar, se trata lo concerniente a unidades litológicas y geomorfológicas.

### ASPECTOS GEOLÓGICOS

Desde el punto de vista geológico, el área de estudio está compuesta de una litología variada que abarca edades desde el Mesozoico al Cuaternario reciente. Las unidades más antiguas están representadas por secuencias areniscosas, lutáceas y carbonatadas del Cretáceo Inferior, representadas por las formaciones Oyón, Chulec, Pariatambo y el Grupo Goyllarisquiza, que afloran en gran parte de la cuenca alta y media. Las cubren derrames volcánicos andesíticos de la formación Casma de la edad Cretáceo Inferior. Esta serie infrayace discordantemente a rocas carbonatadas de las formaciones Jumasha, Celendín, las cuales están cubiertas por los volcánicos eocenos-miocenos del Grupo Calipuy. Cortando toda la secuencia descrita, se encuentran granodioritas, dioritas, tonalitas y cuerpos subvolcánicos de andesitas y dacitas (Cobbing, 1973).

La secuencia antes descrita está cubierta por depósitos plio-pleistoceno-holocenos de origen fluvio-glaciar, aluvial, fluvial, marino y eólico. Los depósitos fluvio-glaciares son subproducto de la desglaciación Plio-Pleistocénica que transportó masivamente dichos materiales y los situó rellenando subcuencas en la parte alta. Los depósitos de origen aluvial corresponden a materiales depositados por flujos de detritos que se encuentran formando conos de deyección a la salida de las quebradas y terrazas. Los materiales fluviales han sido acumulados por la acción de los ríos y han rellenado valles a lo largo de la faja costanera y las estribaciones andinas. Los depósitos eólicos han sido transportados por acción de los vientos que los han depositado en la cuenca baja en forma de dunas y mantos.

Estas rocas han sido deformadas de su posición primaria por movimientos orogénicos y epirogenéticos de diversa magnitud, debido a las fases del Ciclo Andino, dando como resultado plegamientos y fallamientos.

### **Unidades Litológicas**

En este apartado se describen las unidades litológicas identificadas

en la cuenca (mapa 03), las cuales se han agrupado según sus características geológicas (litología y estructura) y geotécnicas (grado de homogeneidad, grado de fracturamiento, grado de meteorización y resistencia a la erosión), diferenciando así los depósitos inconsolidados, como la Unidad I, y las unidades del substrato rocoso, como rocas intrusivas (Unidad II), rocas volcánicas, (Unidad III), rocas volcánico-sedimentarias (Unidad IV) y rocas sedimentarias (Unidad V).

### Unidad I. Depósitos Inconsolidados

Esta unidad agrupa a los depósitos poco o nada coherentes de composición litológica heterogénea con clastos heterométricos, de extensión y espesores variables. En función de su origen, se ha subdividido en las siguientes subunidades: Sub-Unidad I-1: Depósitos Fluviales; Sub-Unidad I-2: Depósitos Aluviales y Proluviales; Sub-Unidad I-3: Depósitos Fluvioglaciares; Sub-Unidad I-4: Depósitos Glaciares; Sub-Unidad I-5: Depósitos Eólicos; y Sub-Unidad I-6: Depósitos Marinos.

**Sub-Unidad I-1: Depósitos lluviales.** Conformado por una mezcla de cantos, gravas y bloques subredondeados con matriz areno-limosa, poco densa, de granulometría variable. En profundidad puede encontrarse intercalado con lentes de arena.

Este tipo de depósitos está sujeto a fenómenos de licuefacción de arenas y asentamientos diferenciales por efectos dinámicos provocados por sismos, en suelos arenosos, areno-limosos o areno-arcillosos con napa freática alta. Su permeabilidad se considera de media a alta. El valor como suelo de cimentación de estos depósitos oscila entre medio y malo, dependiendo del tipo de suelo y de su capacidad portante. Constituyen buenos depósitos como material de construcción. Estos depósitos se encuentran distribuidos a lo largo del cauce del río Huaura, río Checras y afluentes principales.

**Sub-Unidad I-2: Depósitos Aluviales y Proluviales.** Corresponden a una mezcla de bloques y gravas, de formas subredondeadas a redondeadas, heterogéneas, englobados en matriz areno-limosa. Presentan intercalaciones de lentes de cantos subredondeados.

Constituyen depósitos con buena permeabilidad y su valor como suelo de cimentación y material de construcción es bueno.

Estos depósitos aluviales tienen una amplia distribución en las terrazas formadas por los principales ríos, como se puede observar entre Churín y Sayán, en ambas márgenes del río Huaura (foto 6.1).



**Foto 6.1** Depósito aluvial en la margen derecha del río Huaura, a la altura de Mirahuay.

**Sub-Unidad I-3: Depósitos Fluvioglaciares.** Conformados por material transportado por las aguas de fusión de los glaciares de las vertientes de la zona andina. Están constituidos por una mezcla de bloques, gravas y cantos subangulosos a angulosos, englobados en matriz limo-arenosa o arcillo-arenosa.

Constituyen potentes acumulaciones, donde es notoria la presencia de manantiales de bajo caudal, siendo considerados de permeabilidad media. Su valor como suelo de cimentación varía entre bueno y malo, dependiendo de las características geotécnicas del suelo. Pueden constituir buenos depósitos de materiales de construcción.

Estos depósitos se observan en alturas superiores a los 3800 m.s.n.m., como por ejemplo en los alrededores de las lagunas Patón, Cochaquillo, Sura Saca, Esperanza, Niñococha, Aurora, entre otras.

**Sub-Unidad I-4: Depósitos Glaciares.** Consisten de una mezcla de bloques gravas y cantos subangulosos a angulosos, englobados en matriz limo arenosa o arcillo-arenosa. Se encuentran conformando morrenas y superficies periglaciares de pendientes

suaves. La disposición en la que se encuentran provoca una mayor infiltración de agua y recarga en los acuíferos, por otra parte, la presencia de arcilla le confiere una baja permeabilidad. Su valor como suelo de cimentación varía entre bueno y malo, dependiendo de las características geotécnicas del suelo. Pueden constituir buenos depósitos de materiales de construcción. Estos se observan en alturas superiores a los 3 800 msnm, como por ejemplo en los alrededores de las lagunas de Patón, Cochaquillo, Sura Saca, Esperanza, Niñococha, Aurora, entre otras.

**Sub-Unidad I-5: Depósitos Eólicos.** Conformados por suelos arenosos de grano fino a medio, inconsolidados, que cubren parcialmente afloramientos más antiguos, así como llanuras aluviales. La arena es transportada continuamente por acción del viento, alcanzando en el área una penetración máxima de 30 km. Muestra de ello se puede observar en el sector de Santa Rosa, donde cauces antiguos cubiertos por arena eólica se convirtieron en flujos de arena durante el fenómeno El Niño de 1973, debido al exceso de agua de los canales de irrigación en ese sector. Su valor como suelo de cimentación es malo, así como también son malos como materiales de construcción.

**Sub-Unidad I-6: Depósitos Marinos.** Conformados por suelos arenosos de grano medio a fino, inconsolidados. Están sujetas a licuefacción de arenas durante la ocurrencia de un sismo. Como suelo de cimentación o como material de construcción son malos.

Se distribuyen en la costa de la cuenca y han sido desplazados del sur por las corrientes litorales. Los mejores ejemplos se encuentran en playas como Paraíso y Vegueta.

## Unidad II. Rocas Intrusivas

Los afloramientos de esta unidad se extienden desde las estribaciones andinas hasta el borde de las zonas de altiplanicie. En la parte baja de la cuenca, limitan a los depósitos inconsolidados.

Presentan una morfología de moderada a muy abrupta, cuyas pendientes varían entre 30 a 65° en promedio. Está constituida por rocas intrusivas macizas, muy coherentes y de elevada resistencia mecánica. En general, su permeabilidad se considera muy baja, pero en los sectores que muestran alto grado de fracturamiento y diaclasamiento poseen una permeabilidad secundaria, que permite la circulación del agua en pequeñas cantidades.

En algunos casos, presentan un alto grado de meteorización físico-química (disyunción esferoidal) y fuerte fracturamiento, lo que aumenta la posibilidad de originar bloques inestables susceptibles a desprendimientos. La variedad de rocas intrusivas que afloran en el área están agrupadas en la siguiente forma: Sub-Unidad II-1: Adamelitas, Granodioritas; Sub-Unidad II-2: Dioritas, Tonalitas, Meladoritas; Sub-Unidad II-3: Granito e Hipabisales.

**Sub-Unidad II-1: Adamelitas, Granodioritas.** Se extiende desde el caserío de Humaya al Norte del río Huaura, hasta la pampa de Huaral. Litológicamente todas estas intrusiones presentan una composición ácida (adamelita) y se hace más básica gradualmente hacia el contacto con la granodiorita aflorante en la quebrada Puscao. Estas rocas presentan una resistencia moderada, desarrollando caídas de rocas y flujos de detritos debido al alto grado de fracturamiento y meteorización esferoidal en los afloramientos, como sucede entre Sayan y Picunche, en ambos márgenes del río Huaura.

**Sub-Unidad II-2: Dioritas, Tonalitas, Meladioritas.** Se observa desde el Fundo Quinchos Bajo al este de Sayán y se extiende hasta el sector de Acotama. En esta subunidad las rocas desarrollan fuerte fracturación e intemperismo, dejando superficies deleznable caracterizadas por su foliación (foto 6.2). Es por ello que los desprendimientos, derrumbes y flujos de detritos en este tipo de rocas son frecuentes, debido, además de la meteorización, a la actuación de agentes externos como precipitaciones y/o sismos.

**Sub-Unidad II-3: Granito e Hipabisales.** Aflora como diques intrusivos que cortan las adamelitas y granodioritas en la parte media de la cuenca, como por ejemplo en los sectores de Santa Rosa y Puscao. Los granitos son rocas que presentan una alta resistencia a la compresión; en la zona de estudio, se encuentran poco fracturados y alterados. En este grupo, también se consideran a las rocas hipabisales que afloran en la cuenca alta, por presentarse en la zona de estudio con características geotécnicas similares. A esta unidad se asocian procesos de desprendimientos de rocas.

### Unidad III. Rocas Volcánicas

Unidad constituida por lavas andesíticas, piroclásticos y tobas, que en la cuenca del río Huaura se encuentran de medianamente alteradas a muy alteradas en superficie. Las rocas de esta unidad muestran mediana resistencia mecánica y estabilidad, aunque poseen buenas condiciones de cimentación si se excava la parte superficial más alterada. En general, su permeabilidad se considera de baja a regular, en este último caso, por fracturamientos y fisuramientos, como se pudo observar en los alrededores de Auquimarca (foto 6.3).



**Foto 6.2** Diorita de la unidad II-2, a la altura del sector Casa Vieja, Sayán. Observese el fuerte intemperismo en la superficie de las rocas.



**Foto 6.3** Tobas diaclasadas de la unidad III a la altura del Cerro Jato Viejo, Auquimarca.

Geológicamente, reciben el nombre de Volcánicos Calipuy, los mismos que afloran tanto en el flanco disectado andino como en la cordillera occidental, con una mayor distribución en la parte occidental del río Huaura.

#### Unidad IV. Rocas Volcánico-Sedimentarias

Unidad constituida por derrames de andesita masiva, estratificada con intercalaciones de arenisca, cuarcita, lutita, caliza y marga. Las rocas de esta unidad, en general, tienen una baja resistencia y son inestables, porque se encuentran superficialmente alteradas. Su permeabilidad se considera baja salvo en sectores donde se presentan muy fracturadas.

Geológicamente, se les reconoce con el nombre de formación Casma y se exponen desde la parte baja de la cuenca hasta las cercanías de Churín.

#### Unidad V. Rocas Sedimentarias

Esta unidad se ha subdividido según sus características geológico-geotécnicas en cinco grupos: Sub-Unidad V-1: Calizas, Lutitas Carbonosas, Limoarcillitas y Margas; Sub-Unidad V-2: Lutitas, Margas y Calizas en Menor Proporción; Sub-Unidad V-3: Areniscas, Cuarcitas y Lutitas; Sub-Unidad V-4: Cuarcitas y Areniscas, y Sub-Unidad V-5: Calizas Masivas.

**Sub-Unidad V-1: Calizas, Lutitas Carbonosas, Limoarcillitas y Margas.** Se encuentra compuesta por una serie de calizas masivas en algunos sectores y estratificadas en otros. En la zona de estudio, estas rocas se presentan medianamente fracturadas, asociándoseles procesos de caída de rocas. Su resistencia es

apreciable, su grado de alteración bajo y su permeabilidad también es baja, salvo en algunos sectores donde se observó karstificación (formación Celendín). Esta sub-unidad corresponde a las formaciones Pariatambo, Jumasha, Celendín, Oyón (foto 6.4).

**Sub-Unidad V-2: Lutitas, Margas y Calizas en Menor Proporción.** Esta subunidad aflora ampliamente de la cuenca alta hasta la divisoria, como se puede observar en el tramo Churín-Oyón. Geotécnicamente, su resistencia a la compresión es media y su calidad mala, debido a su alto grado de fracturamiento y foliación. Posee permeabilidad secundaria por fisuramiento, que favorece la infiltración del agua. Geológicamente, corresponde a las formaciones Santa y Chulec.

**Sub-Unidad V-3: Areniscas, Cuarcitas y Lutitas.** Corresponde a rocas de dureza variable, de muy dura (cuarcitas) a blanda (lutitas). En condiciones normales, son prácticamente impermeables, salvo en las zonas donde el fisuramiento es notorio. En general, esta subunidad es considerada geotécnicamente inestable, debido a la presencia de lutitas, que le bajan la competencia. En la zona de estudio, constituyen macizos rocosos de mediana a fuerte pendiente. Geológicamente, corresponden a las formaciones Carhuaz y Chimú

**Sub-Unidad V-4: Cuarcitas y Areniscas.** Corresponde a rocas compactas que se encuentran formando farallones y laderas de fuerte pendiente. Sus condiciones geotécnicas, en general, son favorables. Por condiciones estructurales (fracturamiento) y bajo los agentes externos se convierten inestables, tal es el caso de Cashaucro. Su permeabilidad es en general muy baja, salvo en los sectores fracturados donde presentan permeabilidad secundaria. Geológicamente, pertenecen a la formación Farrat.



**Foto 6.4** Calizas de la unidad V-1 a la altura de la laguna Suerochocha, Oyón.

**Sub-Unidad V-5: Calizas Masivas.** Las rocas de esta subunidad se presentan en la cuenca del río Huaura con mediana fracturación, baja permeabilidad y resistencia media. Se encuentran representadas por la formación Pariahuanca, que aflora de la cuenca alta hasta las cabeceras de los afluentes del río Huaura, como se observó, por ejemplo, en las inmediaciones de Jucul. Morfológicamente presenta crestas prominentes y es susceptible a la ocurrencia de derrumbes y caída de rocas.

## ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

### *Pendiente de los Terrenos*

La pendiente de los terrenos es uno de los parámetros más importantes a considerar en la generación de procesos geodinámicos (Aguilar & Mendoza, 2002).

Para este estudio, la obtención del mapa de pendientes de la cuenca (mapa 02) se ha basado en el uso de topografía digital con curvas de nivel cada 25 m, de las cuales se generó un modelo de elevación digital (MED) y, a su vez, el gradiente de elevaciones. Estas elevaciones se han reclasificado en cinco rangos de pendientes: muy baja, baja, media, fuerte y abrupta, como se observa en el mapa de pendientes (mapa 02).

#### Pendiente muy baja (menor de 10°)

Se encuentran en este rango las zonas casi planas, ubicadas entre la desembocadura y la cuenca baja, o ciertos sectores de la cuenca alta que presentan superficies casi horizontales, donde los torrentes recorren con menor velocidad.

#### Pendiente baja (entre 10°-20°)

Se ha podido observar este rango de pendiente en los sectores de depósitos aluviales antiguos que forman grandes conos de deyección, como es el caso de la mayoría de quebradas ubicadas en la cuenca baja, y también en terrazas que se hallan en ambos márgenes del río Huaura y afluentes principales.

#### Pendiente media (20°-40°)

En este rango de pendiente, se ha observado la mayoría de valles de la cuenca media, los cuales presentan laderas con pendientes de 25° a 30°, así como lomas de afloramientos intrusivos, volcánicos y sedimentarios erosionados observados en toda la cuenca.

#### Pendiente fuerte (40°-60°)

Este rango de pendiente corresponde a afloramientos de rocas intrusivas y sedimentarias, ubicados en la cuenca media y alta. La mayoría de afloramientos ubicados en este rango de pendiente — y en el de pendiente muy fuerte— se encuentra afectado por estructuras tales como pliegues y fallas.

#### Pendiente muy fuerte (> 60°)

Presentan este rango de pendiente las zonas escarpadas, barrancos, desfiladeros y valles encañonados ubicados principalmente en la cuenca media y alta, y en menor importancia, en la cuenca baja, como es el caso de los acantilados localizados en el borde litoral o las paredes de terrazas antiguas, elevadas por procesos de tectonismo.

### *Unidades Geomorfológicas*

Las unidades geomorfológicas son unidades del terreno diferenciadas de acuerdo a su origen y a sus características morfológicas, morfométricas, geológicas (Verstappen & Van Zuidam, 1991).

Para la elaboración del mapa geomorfológico de la cuenca (mapa 04), se utilizó la información litológica y el modelo de pendientes descrito anteriormente, imágenes satélites Landsat TM5 y datos geomorfológicos recopilados en campo.

#### GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL

##### Vertiente sedimentaria de pendiente media

Esta unidad está integrada por aquellos relieves de transición entre los relieves más abruptos y los relieves suaves. Se dispone sobre substratos areno-arcillosos del grupo Goyllarizquisga. Aparece ampliamente en la parte alta de la cuenca y se encuentra cortada por una red de drenaje ligada a un sistema de facturación de dirección andina.

Los procesos que tienen lugar en esta unidad son los relacionados con el transporte del material generado en las partes altas hasta llegar a los cursos fluviales, desde flujos hasta aquellos movimientos rápidos que desplazan incluso varias toneladas de material, como los deslizamientos que normalmente afectan a depósitos superficiales, aunque también es susceptible a la erosión de laderas, desprendimientos y derrumbes en los sectores donde la roca está intensamente fracturada. Tales procesos han dado lugar a una morfología global de valles en «V» y un relieve muy segmentado.

Ejemplos de esta geoforma se tienen en ambos márgenes del río Quichas, entre Ginsapura y U cruzcacha, en el distrito de Oyón.

##### Vertiente intrusiva con bloques dispersos

Corresponde a afloramientos de rocas intrusivas del Batolito de la Costa. Se encuentra disectada por los ríos y quebradas que se abren camino hacia la costa, formando valles profundos con flancos de pendiente media. Los procesos asociados a esta unidad son flujos, deslizamientos, erosión de laderas, desprendimientos y derrumbes en los sectores donde la roca está intensamente fracturada. Aparece en la parte media de la cuenca, como por

ejemplo en el cerro Bellavista, ubicado en los alrededores de Huambo, margen izquierda del río Huaura (foto 6.5, distrito de Sayán).

### Vertiente volcánica de pendiente media

Esta geoforma está constituida por afloramientos de rocas volcánicas con laderas de pendientes medias. Estos afloramientos se encuentran distribuidos ampliamente entre la cuenca media y alta. Esta geoforma está sujeta a desprendimientos de rocas por encontrarse intensamente fracturada. Como ejemplos de esta unidad se pueden mencionar a las vertientes observadas en la margen izquierda del río Yarucaya en el distrito de Cochamarca.

### Zonas escarpadas en sedimentarios

Esta unidad viene caracterizada por la aparición de relieves estructural-denudacionales residuales, que aparecen fundamentalmente sobre las areniscas, cuarcitas y calizas del grupo Goyllarizquisga. Se trata de laderas, farallones y barrancos que se observan exclusivamente en la parte alta de la cuenca y que se caracterizan por su dureza y por la disposición original de los estratos que han sido trastocados por la presencia del complejo sistema estructural andino, dando lugar a relieves de laderas muy fragmentadas. Las rocas sedimentarias sobre las que se han formado estas geoformas están sometidas a diferentes procesos químicos y mecánicos; sin embargo, su dureza es notable y aparecen en resalte debido a la erosión de laderas (proceso dominante). En menor medida, se observan rezagos de gelifracción, los cuales

producen diaclasas y fallas locales. Ejemplos se tienen en el cerro Obraje, entre las quebradas Yavi y Quishuarcancha, en el distrito de Oyón.

### Escarpas y barrancos en volcánicos

Esta unidad está compuesta fundamentalmente por barrancos encajonados que se caracterizan por presentar márgenes de pendientes muy fuertes generadas por la disección de los cursos fluviales que, al erosionar profundamente, dieron lugar a paredes verticales o casi-verticales. Como consecuencia de la erosión a la que están sometidas estas geoformas, aparecen en ellas coluviones, canchales, paredes y desfiladeros por erosión diferencial. Se puede observar ejemplos en los cerros Lauche Punta y Jacha Punta en el distrito de Naván.

### Escarpa y barranco en intrusivo

Englobando a esta unidad se encuentra el *Batolito de la Costa*, con afloramientos de composición granítica a diorítica, donde se han desarrollado laderas de pendiente fuerte a muy fuerte, farallones y escarpes alineados en dirección a los cursos hídricos.

Esta unidad está afectada por procesos de erosión de laderas (en surcos y cárcavas), así como caída y vuelco de rocas, debido a la existencia de un intenso diaclasado que genera la individualización de una serie de bloques en estado crítico. Es notable, asimismo, la presencia de canchales y coluviones al pie de los acantilados, que con ayuda de las corrientes fluviotorrenciales generan pequeños



**Foto 6.5** Vertiente intrusiva de pendiente media con afloramientos dioríticos de la unidad II-2. Cerro Bellavista, Huambo, Sayán.

flujos. Ejemplo de esta geoforma se tiene en el cerro Raniahuanco, a la altura de Yunguy, en el distrito de Sayán.

GEOFORMAS DE ORIGEN FLUVIO-ALUVIAL

Planicie fluvio-aluvial

Esta unidad está ubicada en la cuenca baja, entre el borde litoral y lomas y colinas aisladas, remanentes de afloramientos volcano-sedimentarios e intrusivos. Constituye una amplia superficie plana cortada por cursos de agua intermitentes y canalizados, que recorren la cuenca baja y dan lugar a valles abiertos donde se originan acumulaciones fluviales y aluviales depositadas en amplias planicies, como se observa en la pampa Las Animas en Sayán. En esta geoforma se encuentran ubicadas ciudades como Huacho, Huaura, entre otras. Asimismo, se encuentra rodeada de conos y abanicos aluviales y está expuesta a inundación fluvial.

Fondo de valle y terraza

Esta geoforma ha sido originada por los cursos fluviales que han realizado en la cuenca una gran labor modeladora y han dando lugar a las acumulaciones de material fino en los fondos planos, en forma de terrazas. Estas terrazas están constituidas por materiales finos intercalados con fragmentos de dimensiones más groseras como gravas, bloques y bolones.

Se puede ubicar de forma adyacente al río Huaura (foto 6.6) y en los fondos de valle de sus cursos tributarios.

Dentro de esta geoforma se pueden distinguir niveles de terraza en el río Huaura, de los cuales, los superiores en la mayoría de los casos, han sido fosilizados por depósitos aluviales y deluviales. En todo caso, parecen distinguirse cuatro niveles diferentes (figura 6.1), los cuales se disponen a las siguientes altitudes: el primero o



Foto 6.6 Vista del fondo de valle del río Huaura, 500 m aguas abajo del Puente Alco (Sayán).

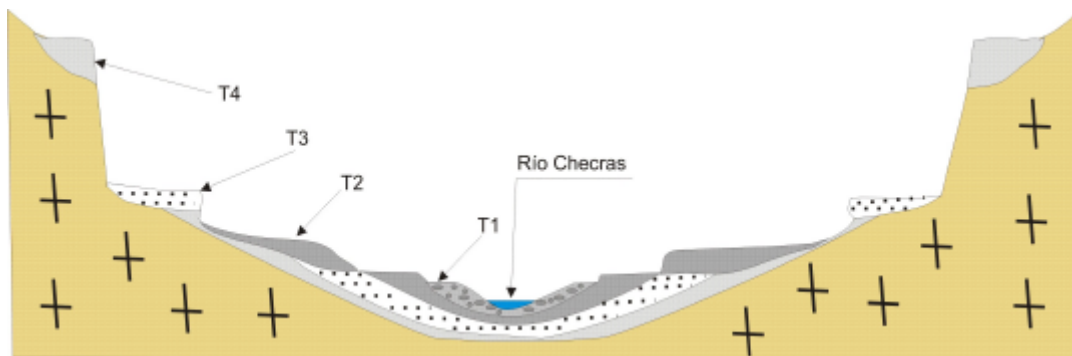


Figura 6.1 Esquema de terrazas fluviales observado en el valle del río Checras.

más antiguo y elevado, T4 lo hace a 50 m por encima del curso actual (por ejemplo en el río Checras, figura 6.1) y normalmente aparece fosilizado, estancado y removido por procesos de movimientos en masa; el segundo o T3 se dispone a unos 10-12 m sobre el cauce actual y puede ser hallado en muy pocos puntos y fosilizado o semiemplastado por procesos de ladera; el tercero o T2 se dispone a unos 5 m sobre el cauce actual y forma playas en ambos márgenes del río; por último, el cuarto nivel, el más actual T1, se dispone de 1 a 2 m por encima del cauce actual, es el más extenso y muestra una estructura y morfología similar al T2.

Entre la parte media y alta de la cuenca, el fondo de valle constituye fajas de terreno alargadas y estrechas con acumulaciones de finos, de potencias reducidas, entre 4 y 5 metros, encajonadas entre vertientes montañosas. Está muy influenciado por la litología y materiales de las paredes del valle, así como por el aporte torrencial y fluvial de los cursos tributarios laterales. En época de lluvias fuertes es propensa a inundaciones y erosión fluvial como las registradas entre Sayán y Huacho. Ejemplos de esta unidad se tienen en toda la cuenca, como por ejemplo en los ríos Checras y Huananque.

### Abanico y piedemonte proluvial

Esta unidad geomorfológica comprende a los conos o abanicos acumulados en la desembocadura de quebradas o ríos tributarios y a las acumulaciones de material al pie de las laderas. Los primeros constituyen evidencia de desviación de cursos fluviales y hasta de represamientos. Los segundos tienen una morfología de rampas con pendientes suaves, que oscilan entre 10 y 20°, en la unidad de fondo de valle con otras geoformas de pendientes superiores, y se presentan a lo largo de las vertientes montañosas de la cuenca; su origen está asociado a la erosión y transporte hídrico de las precipitaciones pluviales, que uniformiza, deposita y transporta los materiales producidos por la erosión al pie de las laderas. Dichos materiales corresponden principalmente a bloques, cantos, arenas y arcillas dispuestos de manera heterogénea.

En estas geoformas es frecuente la generación de cárcavas derivadas de la acción erosiva del agua de lluvia, así como derrumbes, deslizamientos y hasta flujos, cuando el equilibrio de las laderas se rompe.

Ejemplos de esta unidad se tiene en el sector Pampa Ihuanco en Sayán, en la desembocadura de la quebrada Pashuro, en el distrito de Paccho.

## GEOFORMAS DE ORIGEN EÓLICO

### Manto eólico

Esta unidad geomorfológica ha sido formada por la acumulación de arenas que bordean la planicie fluvio-aluvial, lo que dio lugar

lugar a formas como las dunas, los barjanes y los mantos de arena. Las dunas según su actividad, se pueden clasificar en fijas y móviles. Las fijas generalmente se han detenido por la presencia de vegetación y las dunas móviles son las que siguen migrando por acción eólica y producen los arenamientos.

Ejemplos de esta unidad en la cuenca son las dunas y barjanes de la zona de Pampa Grande, en el distrito de Vegueta; la pampa de Las Animas, entre el cerro Colorado y las lomas Alcantarilla, en el distrito de Santa María (provincia de Huaura), y la explanada eólica observada en el sector Paraíso (foto 6.7), la cual cubre afloramientos intrusivos del Batolito de la Costa.

## GEOFORMAS DE ORIGEN MARINO

### Borde litoral

Es la franja paralela a la línea de costa, constituida por playas y acantilados. Por sectores, se observa cortado por afloramientos de rocas intrusivas y sedimentarias. Como ejemplos se puede citar a las playas Centinela, Manzanares y Paraíso. Se extiende de noroeste a sureste y corresponde a una faja delgada cuya anchura va desde la línea de costa hasta 1 ó 2 km tierra adentro. La cara que da al mar está expuesta a la acción de las olas y está configurada por bahías puntas y playas conformadas por la acumulación de arenas a través de las corrientes litorales, así como por acantilados formados por erosión marina cuando el nivel del mar era más alto que el actual. Ejemplos de esta geoforma se puede observar en las playas Hornillos y Playa Chica en Huacho (provincia de Huaura). Está expuesta al socavamiento por erosión marina, lo que puede provocar derrumbes y desprendimientos, pero también cabe destacar que es una zona vulnerable a los tsunamis, a procesos de licuefacción de arenas e inundación marina en caso de maretaos.

## GEOFORMAS DE ORIGEN GLACIAR

### Valle glaciar

Esta geoforma ha sido formada por la circulación de depósitos superficiales mezclados con hielo producto de la desglaciación. Se caracteriza por presentar un perfil transversal en «U», las huellas de abrasión y sobreexcavación provocadas por la fricción del hielo y el arrastre de material, existencia de canales de aludes, fondos planos con alternancia de umbrales y cubetas, vertientes muy verticales labradas que dan lugar a la formación de valles colgados o suspendidos. Ejemplos de valles glaciares se encuentran en la parte alta de la cuenca, en las nacientes del río Quichas en el distrito de Oyón.

### Morrena

Esta unidad comprende a geoformas convexas, suaves y





**Foto 6.7** Vista de la explanada eólica del sector Paraíso (Sayán). Cubren afloramientos intrusivos del Batolito de la Costa (al fondo).

alargadas producidas por la acumulación de materiales depositados por acción glaciár durante el Pleistoceno-Holoceno. Corresponde a coluviones de rocas con tamaños desde decamétricos a decimétricos, que responderían a procesos de desprendimientos, flujos y gelifracción (este último con generación de avalanchas de detritos).

Existen varios tipos de morrena de acuerdo a su posición frente a un glaciár: *morrena de fondo* es la que se sitúa en contacto con el lecho glaciár; morrena lateral, cuando se sitúa en las orillas o bordes del lecho glaciár; morrena central, formada por la unión de morrenas laterales en la confluencia de dos glaciares en un mismo valle; morrena frontal o terminal, cuando se sitúa en la zona de deshielo del glaciár. Ejemplos de morrenas se pueden observar en el flanco oeste del cerro Condor Huayin, en ambas márgenes de la quebrada Shapra y en los alrededores de la laguna Guengue Grande en el distrito de Oyón.

### Superficies periglaciares

Esta unidad agrupa a las superficies conformadas por lomeríos (con desniveles menores a 300 m), mesetas y pampas caracterizados por su modelado suave. Estas superficies se ubican en los márgenes inmediatos a la zona donde existían glaciares, han sido formadas a causa de la alternancia periódica de procesos de hielo y de deshielo, y los efectos de la crioturbación, geliturbación, solifluxión y reptación.

Tales ciclos repetidos provocaron a escala local distintas formas de relieve, como depresiones con acumulación de agua o lagos termokársicos; montículos de tierra con un núcleo de hielo o pingos, y suelos con formas poligonales. Esta unidad se extiende ampliamente en la zona de nacientes, como se ha observado, por ejemplo, en el valle del río Quichas en el distrito de Oyón.

## GEOFORMAS POLIGÉNICAS

### Montaña sedimentaria

Esta unidad corresponde a la cadena de crestas modeladas sobre afloramientos de rocas sedimentarias afectadas por el levantamiento andino, erosión y posterior glaciación, la cual originó picos con modelado glaciár.

Esta unidad está influenciada por la tectónica, y los procesos que tienen lugar aquí son los relacionados con la gelifracción y el deshielo glaciár, que transporta del material morrénico hacia las partes bajas de los cerros. Es susceptible a procesos de avalancha de detritos. Ejemplos de esta unidad los encontramos en los cerros Cule, Iscu (foto 6.8) y Caudalosa en la cordillera de Raura, naciente norte de la cuenca (distrito de Oyón), y en el cerro Lulicocha de la cordillera Rumi Cruz, naciente noreste de la cuenca (distrito de Oyón).

### Lomas y colinas sedimentarias

Esta unidad está conformada por cerros aislados de altitudes entre 100 y 300 metros; tiene como característica fundamental el hecho de estar modeladas sobre materiales sedimentarios.

En litologías calcáreas, se originan procesos kársticos de reducida extensión dentro del área como los lapiaces, las simas y grutas, así como microformas tales como las concreciones calcáreas, estalactitas, estalagmitas, entre otras. Asimismo, la erosión sobre lutitas, calizas y limoarcillitas genera líneas de cumbres redondeadas muy suaves.

Aparecen en la parte alta de la cuenca, como por ejemplo en el afloramiento de calizas jurásicas del cerro Alto Perú, ubicado en el límite este de la cuenca en el distrito de Oyón, conformando un

relieve suave y poco elevado. También aparece en la zona comprendida entre las lagunas Patón y Piedra Partida, en el cerro Muqui, colina labrada sobre rocas calcáreas de la formación Celendín con 4 700 m de altitud, en el distrito de Oyón. Como las pendientes en esta geoforma son menores, es más difícil localizar procesos de deslizamientos predominando en ella procesos de flujos y reptación de suelos.

### Lomas y colinas volcánicas

Esta unidad se sitúa en el límite oriental de la zona de estudio y está representada por los montes formados en rocas volcánicas del grupo Calpuy, cuya litología da lugar a suaves interfluvios y lomas, que responden mayoritariamente a superficies de erosión, generando una red hidrográfica densa y profundamente encajada.

Se pueden observar estas geoformas en la cuenca alta. Sobre esta unidad existe una serie de procesos fundamentalmente químicos: hidrólisis, disolución, hidratación y oxidación, que dan lugar a que exista una importante edafogénesis.

### Lomas y colinas intrusivas

Esta unidad corresponde a afloramientos de rocas intrusivas de

formas redondeadas, pendientes suaves y desniveles de hasta 300 m formados por erosión. Se ubican principalmente en la cuenca baja, en algunos casos en medio de la planicie fluvio-aluvial como se observa en ambas márgenes del río Huaura en el sector Naranjo (distrito de Santa María, provincia de Huaura); en otros, bordeando a las explanadas eólicas, como se observó en el cerro Médanos en Huacho; o rodeadas por vertientes montañosas intrusivas como se puede ver en el cerro Narizón o en la loma San Juan (foto 6.9), en el distrito de Huaura.

Estas geoformas están afectadas por procesos de erosión diferencial debido a su alto fracturamiento, lo que las hace susceptibles a derrumbes y desprendimientos de roca.

### Lomas y colinas volcánicas-sedimentarias

En esta unidad se consideran afloramientos de rocas volcánico-sedimentarias, ubicados en la cuenca baja, bordeando la planicie fluvio-aluvial y las explanadas eólicas.

Presentan poca altitud y pendientes de suaves a moderadas. Ejemplos de esta unidad lo constituyen los cerros Miramar y Mulato, en el distrito de Vegueta, y los cerros San Juan y San Cristóbal, en el distrito de Huaura.



**Foto 6.8** Vista de una montaña sedimentaria plegada con evidencias de erosión, glaciación y deglaciación, cerro Iscu, Oyón.



**Foto 6.9** Loma San Juan, ejemplo de las lomas intrusivas observadas en la cuenca baja del río Huara (sector Pampa del Cura, Huaura).

# CAPÍTULO VII

## PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros naturales son fenómenos eventuales que pueden o no causar la muerte, lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental (Naciones Unidas, 2004).

En este estudio se describirán los peligros naturales identificados en la cuenca del río Huaura. Estos se han dividido en peligros geológicos (movimientos en masa, peligro sísmico, tsunamis, arenamiento y erosión marina) y peligros geohidrológicos (inundaciones, erosión de laderas y erosión fluvial).

### PELIGROS GEOLÓGICOS

Son procesos geológicos que pueden causar pérdida de vidas, daños materiales y/o interrupción de la actividad social y económica. Se clasifican en procesos externos, como los movimientos en masa, arenamiento y erosión marina, y procesos internos, como los sismos y tsunamis.

#### *Movimientos en Masa*

Son fenómenos por los cuales se desplazan grandes volúmenes de roca y suelo a lo largo de una pendiente, por acción principal de la gravedad (Cruden, 1991). Están considerados en este tipo de procesos las caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, reptación, expansión lateral y movimientos complejos (Varnes, 1978).

#### Caída

Es un tipo de movimiento en el cual el material se desprende de un talud y desciende a través del aire por caída libre, saltos, rodando, etc. Es muy rápido y puede estar o no precedido de movimientos menores que producen la separación gradual de los bloques o

cuñas de un talud (Cruden y Varnes, 1996). En la cuenca del río Huaura se han diferenciado los siguientes tipos: **caída de rocas**, que son los desprendimientos del material mencionado sin que a lo largo del talud ocurra desplazamiento cortante apreciable, y **derrumbes**, cuando a lo largo del talud, el desplazamiento cortante es notable y se produce el desplome del material en una caída súbita con fuerte componente vertical, formando en la base un depósito caótico de material grueso. En la figura 7.1, se muestran ejemplos de las causas que generan las caídas. En la cuenca del río Huaura, la ocurrencia de derrumbes y caída de rocas está relacionada, por un lado, a los cortes de carretera y, en otro, a rocas con alternancia de competencia, meteorizadas o muy fracturadas y alteradas. Las dimensiones de estos eventos van de decenas a cientos de metros. Casos típicos se observan a lo largo de las carreteras Sayán-Churín (foto 7.1), Sayán-Oyón-Mina Raura y Picoy-Rapaz.

En el anexo 3 se hace una descripción de las principales caídas y derrumbes inventariados en la cuenca.

#### Vuelcos (toppling)

Este tipo de movimiento en masa se debe a fuerzas que causan la rotación hacia delante de uno o varios bloques de roca que conforman una ladera, alrededor de un punto de giro localizado en su parte inferior (Varnes, 1978). Puede ser flexional o de bloques (figura 7.2). Este fenómeno se ha identificado en la parte baja de la cuenca, asociado a afloramientos de tonalitas intensamente diaclasadas como los observados en la margen derecha del río Huaura en los sectores de San Isidro y San José (distrito de Huaura).



Figura 7.1 Ejemplos de causas que producen caídas (Colas y Pillot, Varnes, 1958).



Foto 7.1 Caída de rocas. Carretera Sayán-Churín.

### Deslizamiento

Este tipo de proceso consiste en el desplazamiento de roca o suelo a lo largo de una o varias superficies visibles o inferibles. La masa de terreno que se desliza puede avanzar más allá de la superficie de ruptura original sobre el terreno natural (Cruden y Varnes, 1996). Según el tipo de superficie se distinguen **rotacionales** (figura 7.3), cuando la superficie de ruptura es cóncava, y **traslacionales** (figura 7.4), cuando es plana.

En la cuenca del río Huaura, los deslizamientos comprometen formaciones superficiales y hasta rocas del substrato. La mayoría son del tipo rotacional y presentan escarpas activas del orden de decenas a cientos de metros de longitud, y escarpas inactivas, o antiguas, de similares dimensiones. En muchos casos han sufrido reactivaciones en su cuerpo al ser modificada su estabilidad por cortes realizados en las laderas para la construcción de carreteras, caminos, etc. Los sectores más afectados por estos procesos son los siguientes:

Un ejemplo de este tipo de proceso lo tenemos en San Bartolomé de Curay, donde el cuerpo del deslizamiento se encuentra comprometiendo al poblado y sus áreas de cultivo (foto 7.2).

En el anexo 4 se hace una descripción de los principales deslizamientos inventariados en la cuenca.

### Flujo

Un movimiento en masa se denomina flujo cuando el material se desplaza de manera semejante a un fluido (Varnes, 1978). En la cuenca, se han diferenciado de acuerdo al tipo y propiedades del material: **flujo de detritos (huaicos)**, cuando el material es grueso y está saturado de agua, y **flujo de lodo**, cuando el material es fino y su contenido de agua va de saturado a secos (figura 7.5).

Las avalanchas de detritos, avalanchas de rocas, entre otras, también son flujos, pero no canalizados. Estos procesos se desplazan en laderas de pendientes de medias a fuertes, en áreas extensas.

En la cuenca, los huaicos se activan con precipitaciones pluviales ocasionales o excepcionales de gran intensidad y arrastran los materiales sueltos acumulados en los cauces de quebradas y cursos de ríos. En algunos casos comprometen la seguridad física de poblados, tramos carreteros, puentes y demás obras de

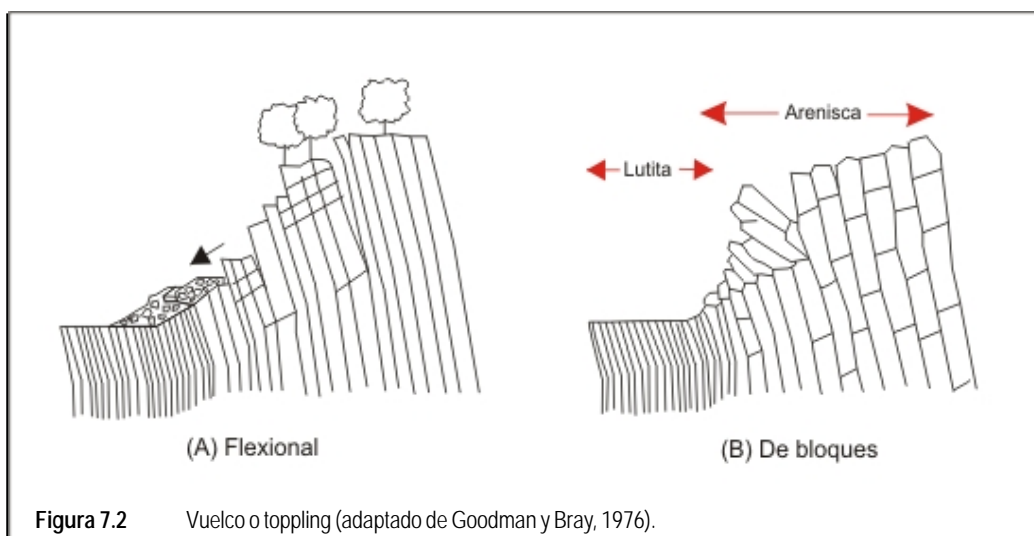


Figura 7.2 Vuelco o toppling (adaptado de Goodman y Bray, 1976).

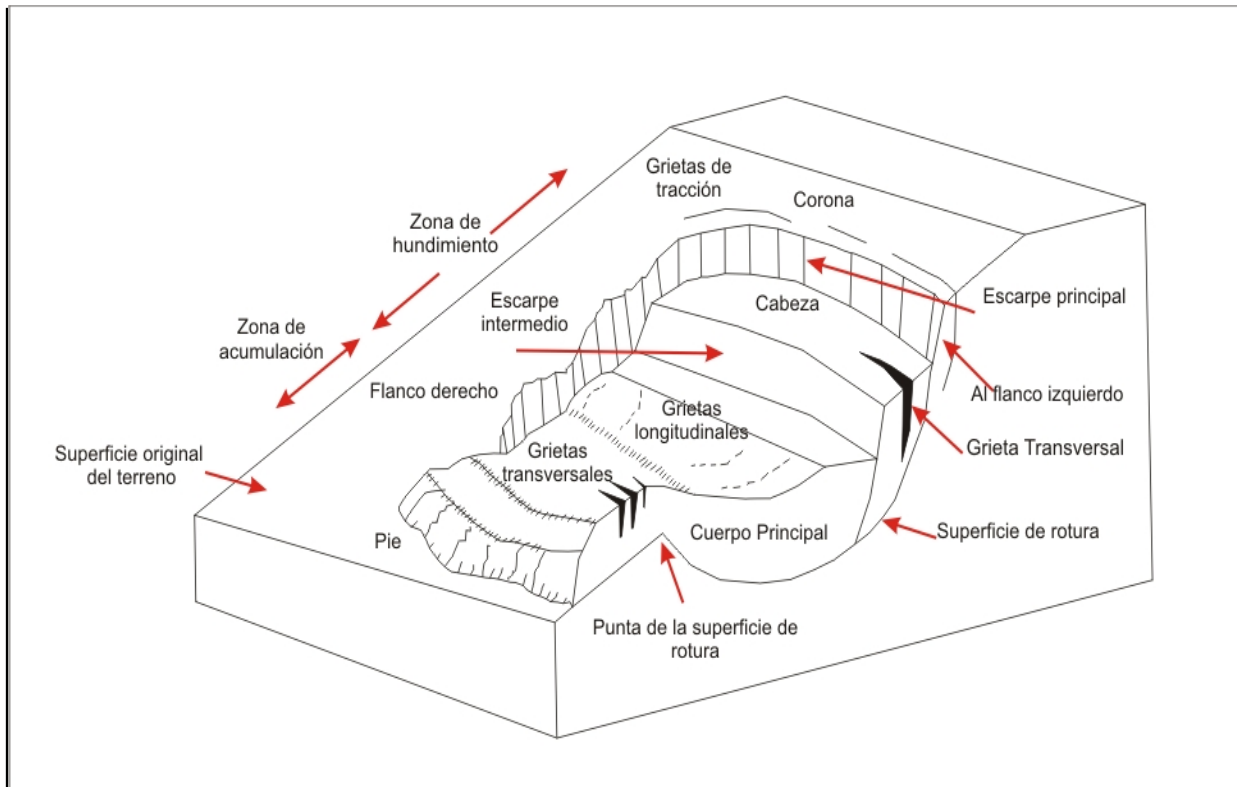


Figura 7.3 Deslizamiento rotacional (adaptado de Varnes, 1978).

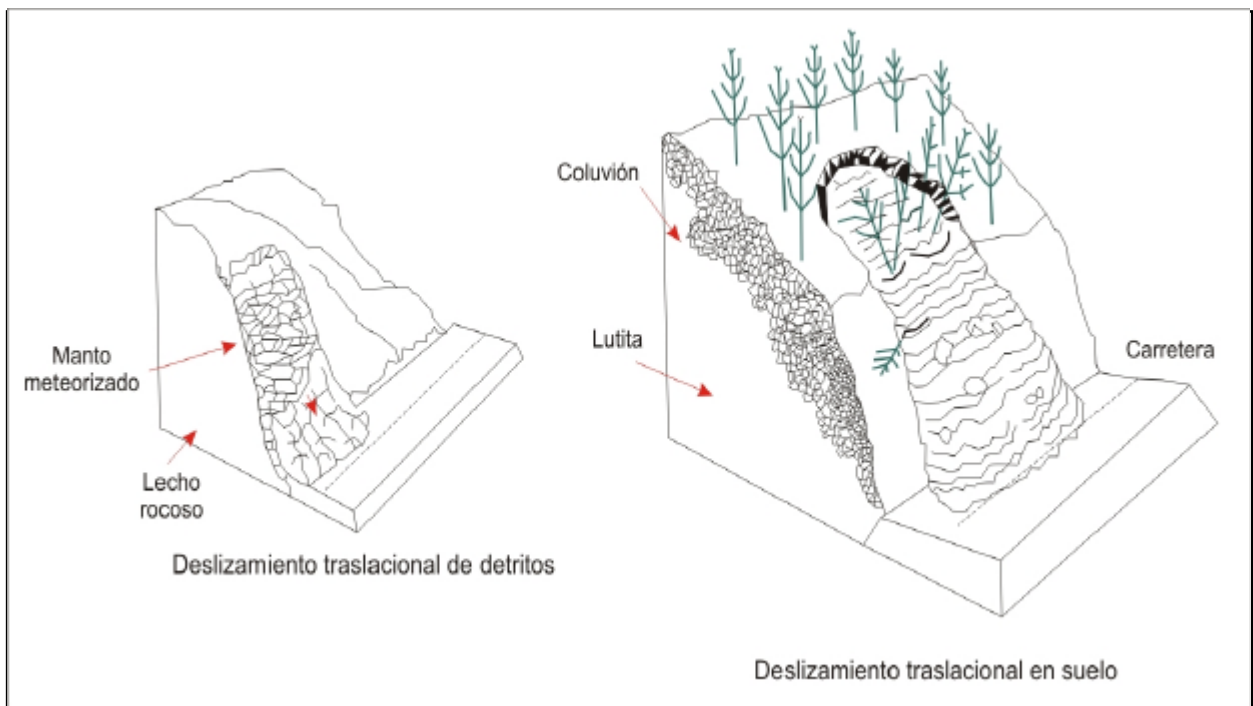
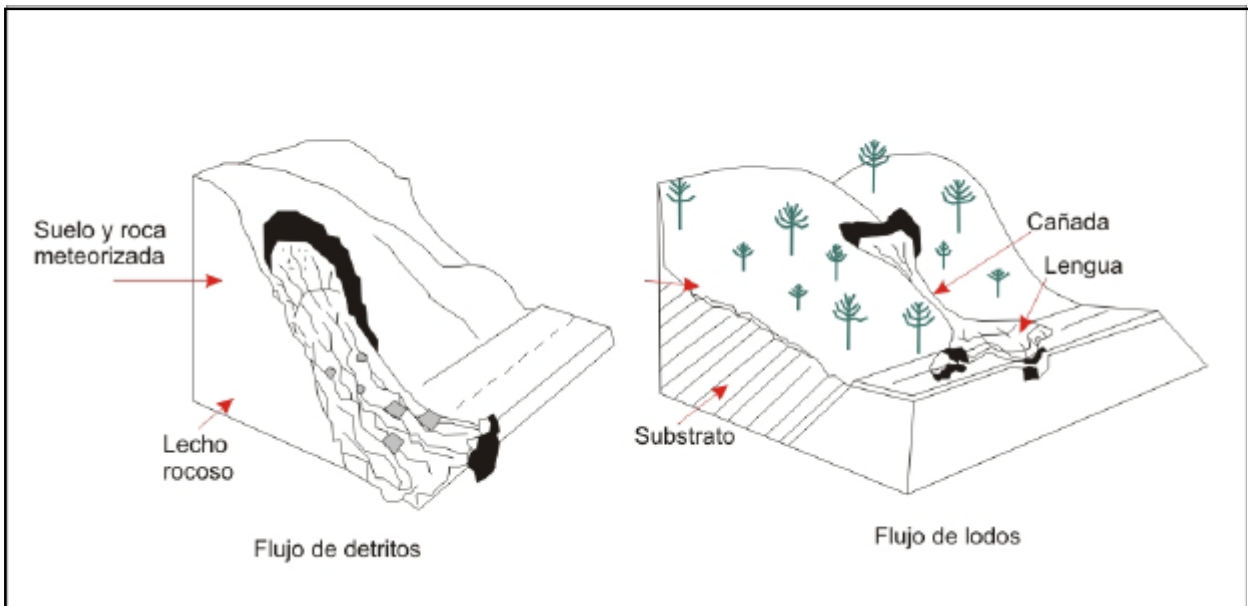


Figura 7.4 Deslizamientos traslacionales en suelos (Varnes, 1978).



**Foto 7.2** Deslizamiento de San Bartolome de Curay (distrito de Pachangara, provincia de Oyón).



**Figura 7.5** Flujos (Varnes, 1978; Colas y Pilot, 1979).

infraestructura, muchos de los cuales atraviesan o han sido construidos sobre depósitos de huaicos antiguos con grandes extensiones. Muchos de estos no presentan actividad reciente, sin embargo, esto no quiere decir que los materiales acumulados en sus cauces no puedan generar huaicos en el futuro.

Ejemplos de flujos no canalizados principalmente del tipo avalancha de rocas, se tienen en laderas en ambas márgenes del río Huaura, entre Sayán y Churín y a lo largo de la carretera Oyón-Laguna Cochaquillo, entre otras.

Ejemplos de flujos de detritos canalizados se tienen en las quebradas Pumahuain (foto 7.3), Puscao, Cochacalla, Yacash, Paran, Pashuro, Piedra Pintada, Molino, Picunche, Puente Colgante,

Quisa, Paccho, La Mina, Buenavista, Quishuar, Ccara Gallo, Los Alces (foto 7.4), entre otras.

En el anexo 5 se hace una descripción de los principales flujos (huaicos, flujos de lodo) inventariados en la cuenca.

#### Reptación de suelos

Son movimientos extremadamente lentos de una masa de suelo detrítico con matriz arcillosa, sin una superficie de falla definida (Suárez, 1988). Dentro de la masa deslizada se distinguen varios movimientos parciales, con desplazamientos centimétricos. La reptación de suelos ocurre por cambios climáticos que afectan al terreno con expansiones y contracciones térmicas por



**Foto 7.3** Flujo de detritos en el sector Pumahuain.



**Foto 7.4** Flujo de la quebrada Los Alces, que puede observarse en la carretera Huaura-La Empedrada (distrito y provincia de Huaura).

humedecimiento y secado, infiltración de agua y acción de la gravedad. Su identificación en el campo no es fácil y se le reconoce por la formación de ondulaciones (arrugas y escalones) en la masa de suelo superficial, pliegues en las formaciones rocosas o inclinaciones ligeras en troncos de árboles, deformación de cercos, entre otros (figura 7.6).

En la cuenca, estos procesos están desarrollados en terrenos saturados o parcialmente saturados, con presencia de bofedales y pendientes naturales moderadas.

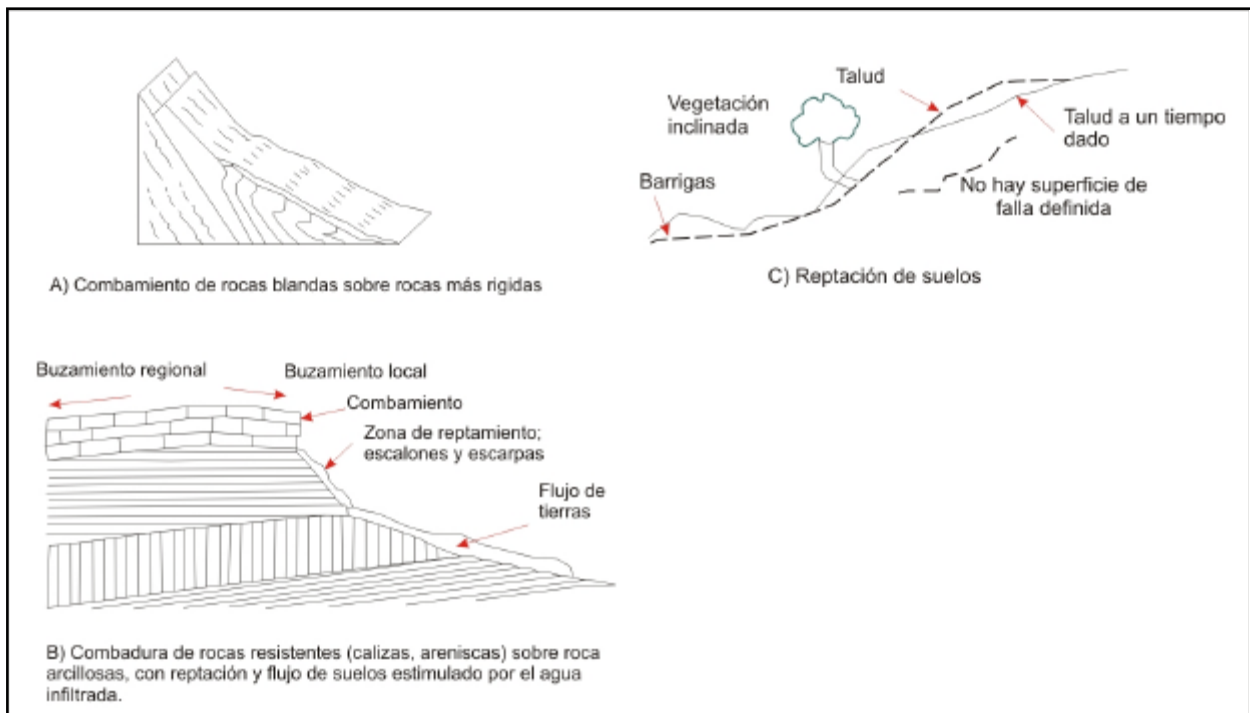
Zonas con reptación de suelos en la cuenca se ubican en los sectores de Pomaca, Rucu, Quinuamachay y Pampa Jupay (foto 7.5) en Oyón.

En el cuadro 7.1, se hace una descripción de los procesos de reptación de suelos inventariados en la cuenca y sus principales características.

### Movimientos complejos

Se producen por la combinación de uno o más de los tipos de movimientos descritos anteriormente. Los movimientos complejos identificados en la cuenca han sido en su mayoría de tipo derrumbe-flujo y deslizamiento-flujo, como se ha observado en diferentes sectores del distrito de Oyón (foto 7.6 y cuadro 7.2) comprometiendo formaciones superficiales. Las dimensiones de estos eventos van de decenas a cientos de metros en el caso de eventos antiguos.





**Figura 7.6** Manifestaciones en el suelo cuando existen procesos de reptación (adaptado de Selby, 1982; Danness, 1972, y Nelson & Martín, 1981).



**Foto 7.5** Reptación de suelos en el sector Pampa Jupay (distrito de Naván y provincia de Oyón).

**Cuadro 7.1**  
**Procesos de reptación de suelos inventariados en la cuenca del río Huaura**

Código	Provincia, Distrito, Paraje	Causas o Factores Desencadenantes para su Ocurrencia	Comentario Geodinámico	Daños a la Vida y la Propiedad
154921174	Oyón, Oyón, Rucu	Filtración de aguas subterráneas, naturaleza del suelo o regolito, pendiente, precipitaciones pluviales intensas.	Se observa reptación de suelos en las laderas de la margen derecha del río Pucayacu. Se observa material suelto, saltos y agrietamientos en las laderas.	Afecta terrenos de pastoreo y caminos de herradura.
154921335	Oyón, Andajes, Loma Purcahuaya	Suelo incompetente, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, aguas subterráneas, corte de carretera.	Se observa reptación de suelos presentando saltos y discontinuidades en la ladera. Se han construido zanjas de infiltración para evitar la reptación.	Afecta 2 ha de pastizales y caminos de herradura.
144921211	Oyón, Naván, margen derecha de la quebrada Jupay	Naturaleza de suelo incompetente, gelifracción.	Se observa reptación de suelos en la margen derecha de la quebrada Jupay. También se observa erosión en surcos.	Afecta 2 km de camino rural.



**Foto 7.6** Derrumbe-flujo en la margen izquierda del río Huaura, a la altura del cerro Toldo Rumi (Oyón).

**Cuadro 7.2**  
**Principales movimientos complejos inventariados en la cuenca del río Huaura**

Tipo de Movimiento Complejo	Código	Provincia, Distrito, Paraje	Causas o Factores Desencadenantes para su Ocurrencia	Comentario Geodinámico	Daños a la Vida y la Propiedad
Deslizamiento-derrumbe-flujo	154841432	Huaura, Leoncio Prado, Cerro Dos de Mayo	Substrato volcánico de mala calidad, pendiente media.	Deslizamiento reactivado como derrumbe y flujo.	Afectación a carretera Sayán-Leoncio Prado.
Derrumbe - flujo	154911306	Oyón, Oyón, alrededores de la Laguna Cutacocha	Calizas, lutitas y margas de mala calidad, discontinuidades de la roca, pendiente fuerte, precipitaciones pluviales intensas, filtración de agua de canal no revestido. Estratificación desfavorable al talud.	Se observa caída de rocas que formo un flujo. Fractura planar, diaclasamiento mixto. Se observa alteración en la zona de arranque. Infiltración de agua de canal sin revestir y escasa vegetación.	Afectación al canal.
Caída de rocas-flujo-deslizamiento	154911324	Oyón, Oyón, Cerro Huaytapata	Areniscas intercaladas con lutitas y limoarcillitas de mala calidad, discontinuidades en las rocas, pendiente fuerte, precipitaciones pluviales intensas, cortes artificiales del talud, ocupación inadecuada del suelo, sobrepastoreo.	Movimiento complejo reactivado. La longitud total del área es de 400 m <sup>2</sup> , con una altura de 80 m. Se observan bloques de hasta 2 m. La erosión hídrica es muy intensa, está constituida por flujos laminares y surcos.	Puede afectar vía hacia mina Izcaycruz.
Derrumbe - Flujo	154911326	Oyón, Oyón, Cerro Rios Panga	Areniscas intercaladas con lutitas y limoarcillitas de mala calidad, discontinuidades en las rocas, pendiente fuerte, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, erosión fluvial, cortes artificiales del talud, deforestación, sobrepastoreo.	Movimiento complejo activo. La longitud total es de 200 m. Se observan bloques de hasta 1 m. La erosión hídrica es muy intensa, está constituida por flujos laminares, surcos y sectores con badlands.	Afecta terrenos de cultivo. Puede afectar vía hacia mina Izcaycruz y viviendas de poblado Pampahuay.
Derrumbe - flujo	154931483	Oyón, Paccho, Confluencia de quebradas Puruluma y Huayllao	Substrato volcano-sedimentario cubierto por depósitos superficiales incompetentes, pendiente fuerte, corte de talud.	Movimiento complejo activo en depósitos volcano-sedimentarios.	Afecta terrenos de cultivo y caminos de herradura.
Caída-derrumbe	134811013	Oyón, Pachangara, Cerro Humaya/quebrada Chinchuayla	Depósitos proluviales inestables, pendiente fuerte, filtración de aguas subterráneas, excavaciones, mal sistema de riego.	Se observa desprendimiento de rocas inactivo-joven, con bloques de 1,5 m. y material eólico.	Puede afectar vía Churín-Izcaycruz.
Caída de rocas-flujo	144921196	Oyón, Paccho, Pampaquilla	Discontinuidad en las rocas volcánicas del substrato, pendiente fuerte.	Inactivo maduro.	Afecta carretera Sayán-Churín.

### Arenamiento

Este fenómeno se produce en zonas que presentan morfología plano-ondulada de pampas, colinas bajas y planicies costaneras aledañas al litoral, donde existe una dinámica eólica importante. La dirección, la velocidad del viento y la geomorfología del entorno favorecen la migración y la acumulación de arenas. Dentro de la cuenca se han inventariado 19 sectores afectados por arenamiento, algunos activos y otros estabilizados, todos ubicados en la cuenca baja cerca del borde litoral. En muchos casos, estas acumulaciones afectan viviendas, terrenos de cultivo y obstruyendo tramos de carretera. Los sectores más representativos con procesos de arenamientos se muestran en el cuadro 7.3.

### Erosión Marina

Fenómeno que produce el desgaste de las formaciones rocosas por acción del oleaje y corriente marina del borde litoral; en este caso, están comprometidos los depósitos aluviales, conformados por intercalaciones de arenas, cantos, bolos y limos, que forman acantilados y producen derrumbes y caída de rocas por varios kilómetros a lo largo de acantilados. Los mayores efectos se producen durante la marea alta, cuando las aguas alcanzan el pie de los taludes, erosionándolos y desestabilizándolos. En el área de estudio, fenómenos de este tipo se encuentran en los acantilados en la zona de borde litoral (capítulo VI). Un ejemplo de la erosión marina se observa en el sector El Tauca, en Huacho (foto 7.7).

### Sismos

Los sismos son movimientos bruscos de la tierra, causados por una violenta liberación de energía acumulada durante un largo tiempo.

La sismicidad del territorio peruano tiene su origen en el proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana y en la deformación de zonas continentales que produce fallas, con la consecuente ocurrencia de sismos de diferentes magnitudes (Tavera y Buforn, 2001). Esto hace que en Perú los sismos signifiquen uno de los mayores peligros geológicos.

En este acápite se presentan datos procedentes de la revisión y análisis de la sismicidad histórica e instrumental para la cuenca del río Huaura. El número de sismos ocurridos en esta cuenca ha permitido estimar las aceleraciones máximas esperadas para un periodo de 30, 50 y 100 años, así como las intensidades que podrían afectar a los distintos poblados existentes en la cuenca.

#### Sismicidad histórica del área de influencia

Según los datos históricos disponibles, la cuenca del río Huaura ha presentado una intensa actividad sísmica entre los siglos XVI y XX (anexo 6 y Silgado, 1978); la intensidad máxima alcanzada ha sido del orden de VII a IX en la Escala Modificada de Mercalli (EMM). Los principales y más destructivos eventos han sido los sismos de 1725, 1940 y 1966.

**Cuadro 7.3**  
**Principales arenamientos inventariados en la cuenca del río Huaura**

Código	Provincia, Distrito, Paraje	Causas o Factores Desencadenantes para su Ocurrencia	Comentario Geodinámico	Daños a la Vida y la Propiedad
134921058	Huaura, Vegueta, Medio Mundo	Naturaleza del suelo, pendiente, escasa vegetación, dinámica eólica.	Se observa arenamiento que invade Albufera de Medio Mundo.	Afecta vías de acceso.
144841210	Huaura, Sayán, San Miguel	Escasa vegetación, pendiente y dinámica eólica.	Se observan arenamiento y flujo de arenas de las partes altas de la ladera de la montaña.	Afecta a 2,5 ha de terrenos de cultivo.
144841212	Huaura, Sayán, San Miguel	Pendiente, escasa vegetación y dinámica fluvial.	Se observa arenamiento con flujo del mismo.	Se ven afectadas 4 ha de terrenos de cultivo.
144841213	Huaura, Sayán, San Miguel	Escasa vegetación, dinámica eólica y pendiente.	Se observa arenamiento en las laderas de montaña.	Se ven afectadas 2 ha de terrenos de cultivo.



**Foto 7.7** Erosión marina en la playa en la parte baja del sector el Tauca.

En el anexo 7 se muestra el mapa de isosistas del sismo del 6 de enero de 1725, cuyo epicentro se ubicó en la provincia de Huaura con un grado entre VII y VIII. Este sismo afectó a los poblados de Huacho Barranca, Huaura, Sayán, Andahuasi con intensidades de VIII (MM), y con grado VII a los poblados de Rapaz, Oyón, Churín y Andajes.

En el anexo 8 se presentan las líneas isosistas del terremoto del 24 de mayo de 1940 ( $M_b = 8$ ), cuyo epicentro se ubicó en las coordenadas  $10^{\circ}30'$  lat. S y  $77^{\circ}00'$  long. W, muy cerca de la cuenca, y ocasionó efectos desastrosos en la zona costera. La variación de las isosistas alcanzó intensidades entre VI-VIII (entre Huacho, Huaura, Sayán hasta Oyón).

En el anexo 9 se observan las isosistas del terremoto del 17 de octubre de 1966 ( $M_b = 9$ ), cuyo epicentro se ubicó en las coordenadas geográficas  $10^{\circ}17'$  lat. y  $78^{\circ}48'$  long. (IGP, 2005). Dicho sismo ocasionó efectos desastrosos en Huarmey, Hualmay, Vegueta, Chacarilla, Sayán, excooperativa Andahuasi, Caujul y Naván, aunque también se registraron daños en Rapaz, Oyón, Churín y Andajes. Este sismo dejó 100 muertos registrados y daños materiales ascendentes a mil millones de soles de oro de la época, el área de percepción fue aproximadamente de 524 000  $\text{km}^2$ . La variación de las isosistas fue entre las intensidades VI-VIII.

En el anexo 10 se presenta el Mapa de Distribución de Intensidades Sísmicas Máximas del Perú (Alva y Meneses, 1984), donde se observa que en la cuenca del río Huaura las intensidades son del

orden de IX a X MM en la parte baja de la cuenca; mientras que la parte media prevalecen intensidades máximas de VI a VIII MM, y en la parte alta de la cuenca, las intensidades alcanzan el grado de VI MM.

#### Sismotectónica de la región

La sismotectónica del Perú se caracteriza por la colisión y subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana. Dicho evento dio origen a la fosa peruano-chilena, la Cordillera de los Andes, los principales sistemas de fallas activas en el Perú y a la generación continua de un gran número de sismos de diversas magnitudes. Estas características geomorfológicas, geológicas y geofísicas permiten considerar al Perú como uno de los países de mayor riesgo sísmico en América Latina.

Estudios sobre la neotectónica y sismotectónica de Perú (Sebrier y otros, 1982 y Tavera y otros, 2001) han permitido identificar la presencia de un importante número de fallas activas en nuestro territorio, muchas de las cuales producen sismos continuamente. De acuerdo a dicha información, la región de estudio se ve afectada por las siguientes fallas:

**El sistema de fallas de la Cordillera Blanca.** Este sistema de fallas se encuentra limitando el borde oeste de la Cordillera Blanca. Tiene rumbo de dirección NE-SO con buzamientos entre  $55^{\circ}$  y  $75^{\circ}$  hacia el SO. Su movimiento es normal a ligeramente sinistral. Tiene una longitud de 190 km y cada una de las fallas que lo

conforman no tiene más de 8 km. Los saltos verticales están comprendidos entre 1 y 50 m.

**Falla de Huaytapallana.** Se encuentra en la cordillera de Huaytapallana, al NE de Huancayo. Está formada por dos segmentos de rumbo promedio de N135° O y buzamiento entre 60° y 70° NE, que se extienden por una longitud de 20 kilómetros. La escarpa actual fue generada durante dos sismos localmente muy intensos en el año 1969, que reactivaron esta falla con movimiento inverso sinistral.

**Falla de Cayash.** Esta estructura se ubica en la parte NE del cuadrángulo de Tarma, cerca de la localidad de Cayash. Tiene un rumbo promedio N160° O. Es aparentemente normal y recorta a todos los depósitos cuaternarios de la zona. Su longitud es de unos 10 km.

Distribución espacial de los sismos

Para el análisis de la distribución espacial de los sismos ocurridos en Perú se ha utilizado la base de datos históricos e instrumental del IGP que considera los sismos ocurridos entre los años 1500 a 2005.

Según la Figura 7.7, los sismos han sido clasificados en superficiales ( $h < 60\text{km}$ ) e intermedios ( $61 < h < 350\text{km}$ ). Los sismos superficiales ocurren frente a la línea de costa, sobre una banda de aproximadamente 400 km desde Tumbes hasta Tacna. Sismos de similares características también están presentes en la zona subandina de las regiones norte y centro de Perú, y en menor número, se producen en la zona andina (Tavera y Bufo, 2001; Bernal y Tavera, 2002).

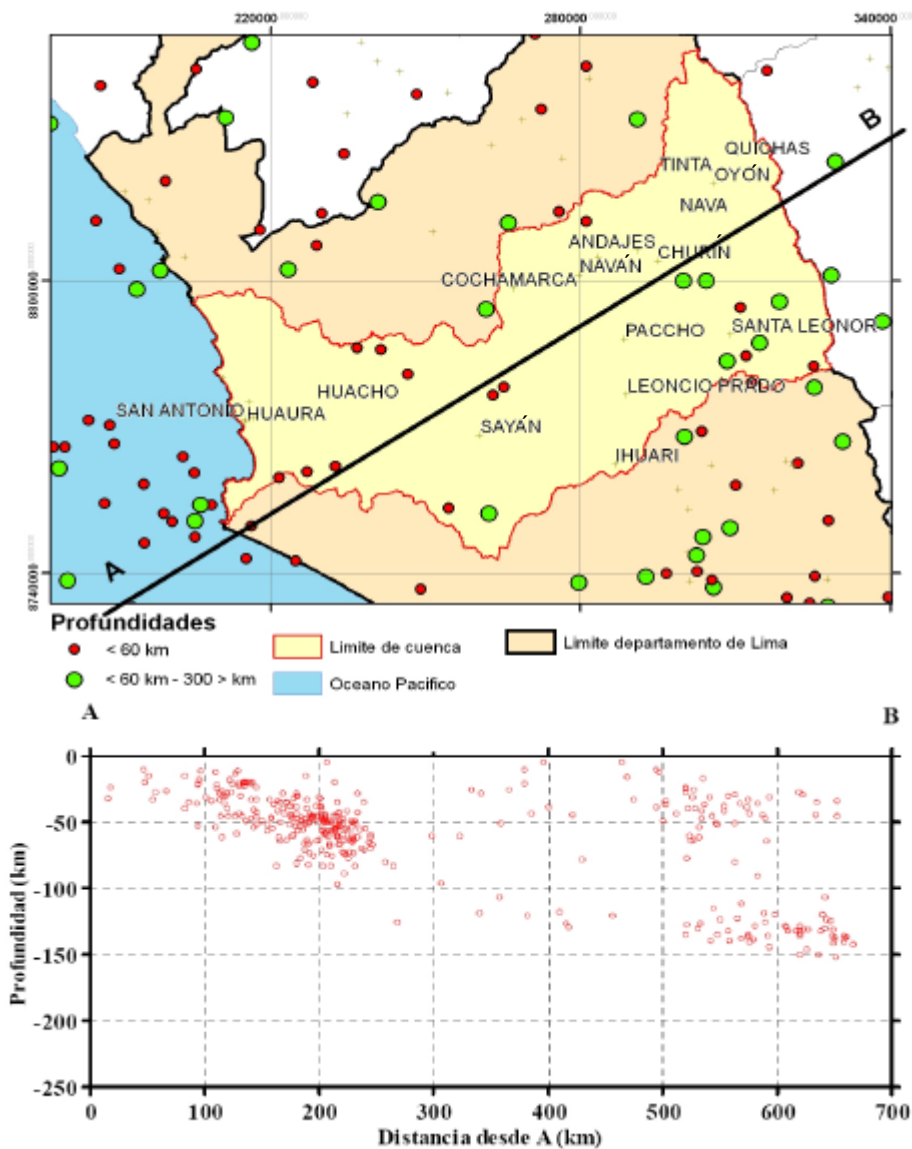


Figura 7.7 Distribución de sismos con influencia en la cuenca del río Huaura y sección sísmica AB (IGP, 2005).

La sección muestra que los sismos aumentan de oeste a este, con focos ubicados a menos de 50 km en la zona oceánica hasta 150 km de profundidad por debajo del continente. Entre 245 y 515 km de distancia horizontal desde el punto A se observa menor ocurrencia de sismos, siendo estos más superficiales, los que puede indicar la existencia de una laguna sísmica. A partir de la distancia de 550 a 675 km, desde el punto A, aumenta el número y profundidad de los sismos. Estos niveles de profundidad indicarían el límite de contacto y la forma de la placa de Nazca bajo el continente. Los sismos con foco superficial se concentran mayormente a una distancia entre 496 a 595 km, desde el punto A, con una profundidad que no sobrepasa los 60 km, marcando así el límite inferior de la deformación superficial en el interior del continente. Hay que tener en cuenta que también existe otra zona de concentración de sismos de poca profundidad correspondiente a la zona de subducción.

Estudio sísmico probabilístico

A fin de conocer las aceleraciones máximas producidas por un sismo que en el futuro pudiera ocurrir en la cuenca del río Huaura, se ha evaluado la base de datos sísmicos del Catalogo Sísmico del IGP con el programa RISK III (McGuire, 1974) y se ha obtenido tales datos para un periodo de 30, 50 y 100 años con un 10% de excedencia.

En la figura 7.8 se observa que las mayores aceleraciones para el caso de 30 años, se presentan en la zona central de la cuenca y disminuyen conforme se avanza hacia el noreste; estas aceleraciones oscilan entre 278 a 319 gal.

Para un periodo de 50 años de vida útil, las mayores aceleraciones se presentan en la zona central occidental disminuyendo hacia el noreste. Estas aceleraciones varían de 332 a 384 gal (figura 7.9).

Para un periodo de 100 años de vida útil las mayores aceleraciones se presentan en la zona occidental disminuyendo hacia el este; estos valores varían de 380 a 435 gales (figura 7.10).

En los tres mapas se observa que las mayores aceleraciones se presentan a lo largo del borde occidental cerca de la línea de costa, lo que significa que las áreas más propensas a soportar aceleraciones importantes se encuentran en dicho sector. Estos resultados son coherentes con el importante número de sismos que en dicha área han ocurrido. Cabe resaltar que hacia el este las aceleraciones disminuyen gradualmente.

Según esto se concluye que las aceleraciones mayores a 300 gal corresponden a una zona de muy alta sismicidad, y en el rango de 250 a 300 corresponden a una zona de alta sismicidad (MA) y en ella las aceleraciones máximas para 30, 50 y 100 años varían en el orden de 276 a 438 gal.

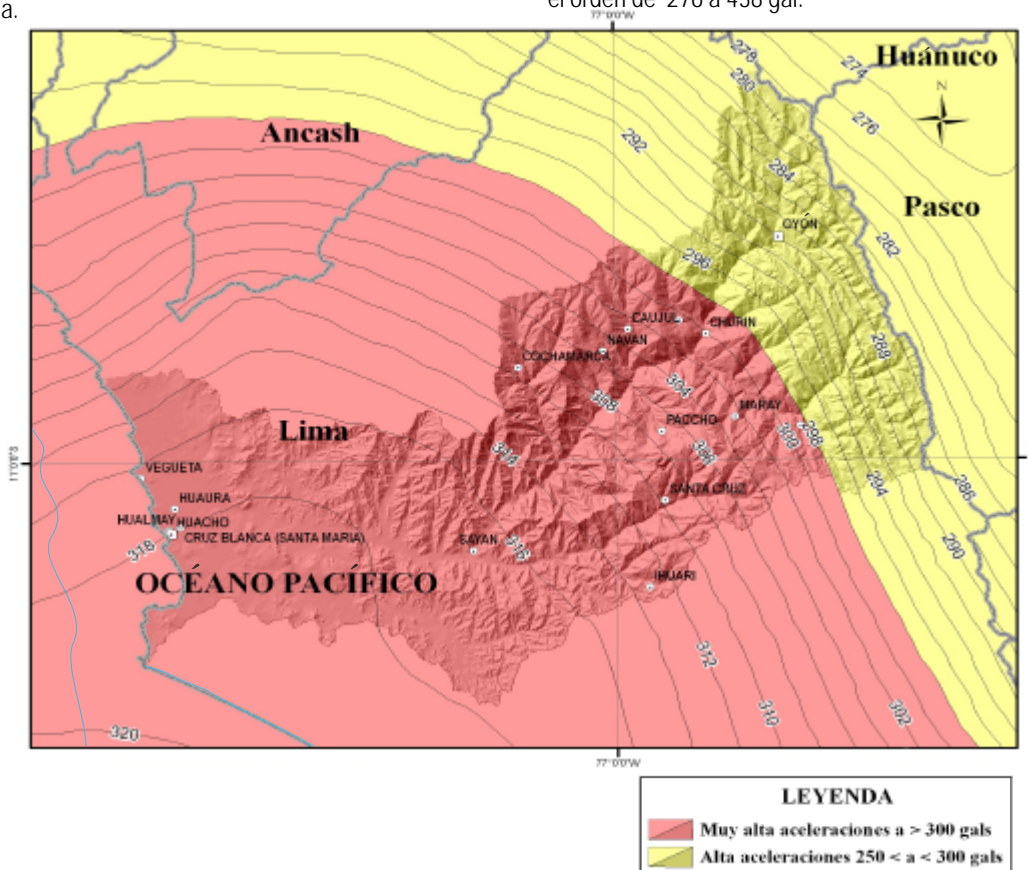


Figura 7.8 Distribución de Isoaceleraciones (g) en la cuenca del río Huaura, para un 10% de excedencia en 30 años.

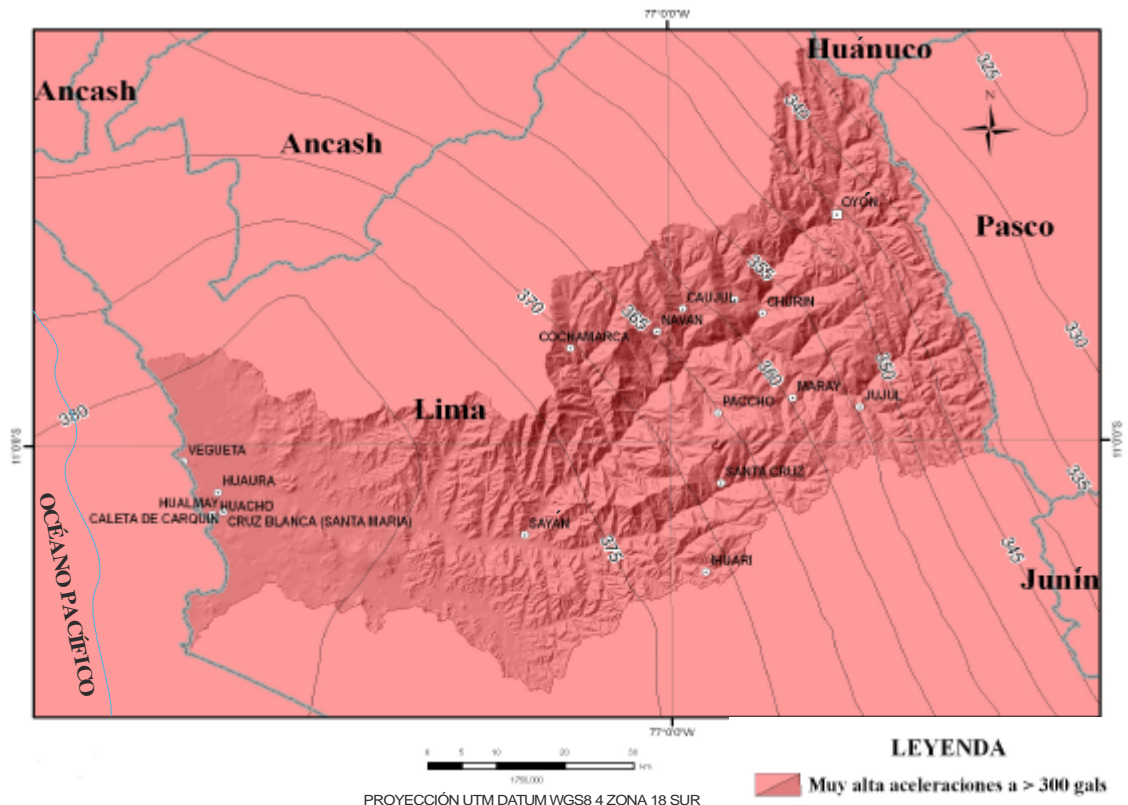


Figura 7.9 Distribución de isoaceleraciones (g) en la cuenca del río Huaura, para un 10 % de excedencia en 50 años.

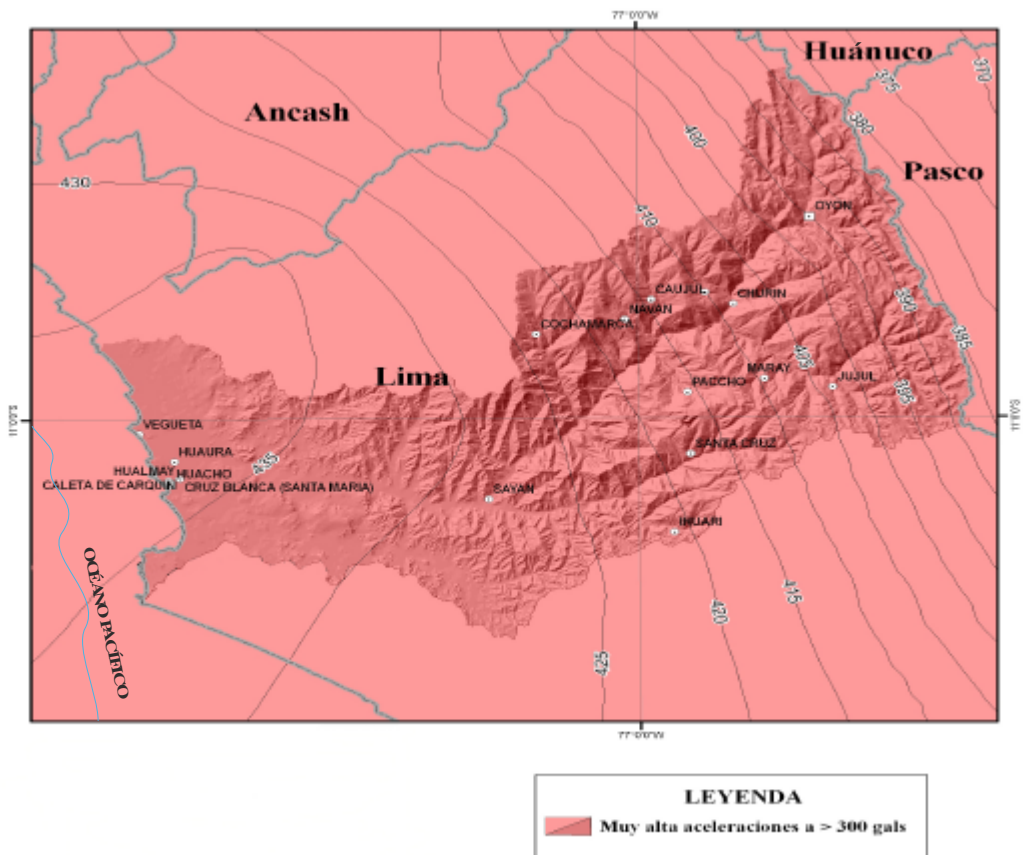


Figura 7.10 Distribución de isoaceleraciones (g) en la cuenca del río Huaura, para un 10 % de excedencia en 100 años.



Zonificación y aceleraciones máximas

Según el Mapa de Zonificación Sísmica del Perú (Alva, 1999) que actualmente es utilizado en el Reglamento de Construcción Sísmica-Norma sismorresistente NTE. 030-97. MTC/SENCICO (Alva, 1984, y figura 7.11), la ocurrencia de sismos en el Perú, ha sido dividido en tres zonas: la zona 3 donde la ocurrencia de sismos de intensidad elevada es alta; la zona 2, donde la ocurrencia de sismos de intensidad elevada es moderada, y la zona 1 donde los sismos de intensidad fuerte no son muy frecuentes. Según dicho mapa, la cuenca del río Huaura se encuentra ubicada en la zona 3 que corresponde a una sismicidad alta.

Para mostrar un ejemplo del análisis sísmico efectuado, en la figura 7.12 se presenta la curva de probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud para una de las zonas críticas de la cuenca (capítulo XII): el Asentamiento Humano Atalaya-El Tauca (Huacho). Para este caso se deduce que en dicho sector se produciría una aceleración máxima de 448 gal con una probabilidad de 0,002%, el periodo medio de retorno del sismo produciría dicha aceleración de 900 años. Aceleraciones

del orden de 245 gal se producirían con un porcentaje de 0,05% y periodos de tiempo de retorno de 60 años en promedio.

**Tsunamis**

Los tsunamis son una serie de ondas marinas de gran tamaño, generadas principalmente por un movimiento sísmico superficial ( $h < 60$  km) con foco en el fondo marino. Dependiendo del tamaño del sismo, las olas pueden alcanzar diversas alturas y muchas veces recorren distancias tan grandes como la existente entre la costa occidental de Sudamérica y la oriental de Japón a velocidades que prácticamente no son perceptibles sobre la superficie del océano. Del mismo modo, las dimensiones de las áreas inundadas en el continente dependerán del tamaño del sismo y de su ubicación con relación a la línea de costa.

La magnitud de un tsunami se mide por la altura máxima de la ola y destrucción que causa en la costa. En el cuadro 7.4 se muestra los grados de magnitud de un tsunami propuestos por Wiegel (1970). Se conoce como Run-up la cota topográfica máxima (referida al nivel medio del mar) alcanzado por una inundación.



**Figura 7.11** Mapa de Zonificación Sísmica del Perú (Alva, 1984).

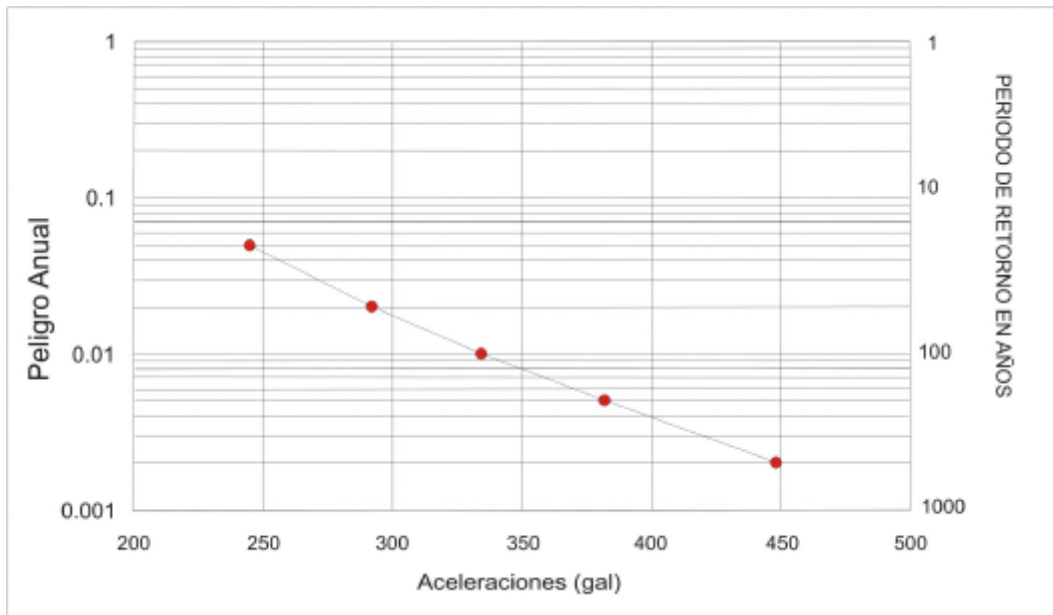


Figura 7.12 Curva de peligro anual poblado Atalaya-El Tauca.

**Cuadro 7.4**

**Magnitud del tsunami (Wiegel, 1970) (\*) Alturas que se alcanzarían si se tienen aguas profundas cerca de la costa y los vértices de Bahías en forma de U, V y W**

Magnitud Tsunami (M)	Altura Máxima * de la ola (M.)	Run-Up (M)	Descripción de los Daños
0	1 a 2	1 a 1,5	No se producen daños.
1	2 a 5	2 a 3	Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados.
2	5 a 10	4 a 6	Hombres, barcos y casas son arrastradas.
3	10 a 20	8 a 12	Daños extendidos a lo largo de 400 km de la costa.
4	más de 30	16 a 24	Daños extendidos sobre más de 500 km a lo largo de la costa.

Los tsunamis en el Perú

Los tsunamis en el Perú son originados debido a la actividad sísmica asociada a la zona de subducción de la Placa de Nazca debajo de la Sudamericana. El movimiento de las placas a lo largo de grandes fallas durante un evento sísmico eleva grandes secciones del piso del mar produciéndose tsunamis.

En los últimos 400 años se han generado en la costa peruana, varios tsunamis grandes y destructivos. La mayoría de ellos, afectaron ciudades ubicadas en la región de influencia de la cuenca del río Huaura (cuadro 7.5). Los sismos particularmente destructivos han ocurrido en 1687, 1746 y 1868.

**El tsunami de 1687.** El 20 y 21 de octubre de 1687, dos grandes terremotos con magnitudes estimadas de 8,0 y 8,4, golpearon a Lima y áreas circundantes. El segundo de estos generó un tsunami que produjo olas de entre 5 y 10 metros en el Callao, y causó la muerte de al menos 500 personas. Sus efectos fueron sentidos hasta en Japón.

**El tsunami de 1746.** El 28 de octubre de 1746 se produjo el terremoto más grande en la historia de la costa central del Perú. Con una magnitud de 8,0 a 8,6, el sismo destruyó completamente las ciudades de Lima, Callao y Chancay. Una hora después del sismo, se generó un gran tsunami con una ola de 24 metros y 5 kilómetros de inundación, la cual hundió 23 barcos acoderados en

**Cuadro 7.5**  
**Ciudades de la costa del área de influencia de la cuenca del río Huaura, que reportaron tsunamis**

Año	Mes	Día	Ciudad reportada	Lat.	Long.	Run-up (m)
1877	5	10	Supe	10,82	77,67	6
1966	10	17	Huacho	11,23	77,58	
1877	5	10	Pta. Salinas	11,33	78,50	6
1687	10	20	Chancay	11,60	77,23	
1746	10	28	Chancay	11,60	77,23	
1953	2	15	Chancay	11,60	77,23	
1877	5	10	Ancón	11,78	77,11	1,5
1960	1	13	Ancón	11,78	77,11	
1966	10	17	Ancón	11,78	77,11	

el puerto del Callao y causó su destrucción absoluta. En total, las víctimas del terremoto y tsunami alcanzaron las 4 000 personas. El tsunami también se percibió en Acapulco, México.

**El tsunami de 1966.** El 17 de octubre de 1966 ocurrió un sismo de 7,5 de magnitud y profundidad de 38 km, ubicado en las coordenadas 10°42' lat. Sur y 78°36' long. Oeste. Este sismo generó un tsunami que causó gran destrucción a lo largo de la costa peruana, desde Chimbote en el norte hasta San Juan en el Sur (Paracas, Ica).

Los efectos más devastadores se experimentaron en Casma y Caleta Tortuga, donde las olas excedieron los 6 m y destruyeron muchas estructuras.

#### Evaluación del peligro de tsunamis en el litoral de la cuenca

De acuerdo a la geometría de las zonas sismogénicas, a la información disponible sobre intensidades y a los diferentes mapas de zonificación, se considera una zona de alto riesgo sísmico al borde oeste de la cuenca, y por consiguiente, las zonas más vulnerables a los tsunamis son los centros poblados y puertos de Puerto Huarmey, Paramonga, Pativilca, Puerto Supe, Huacho, Végueta, Chancay, Ancón, Santa Rosa y Callao sector La Punta-Oquendo.

El puerto de Huacho se encuentra en el departamento de Lima a 150 km al norte, por lo que se puede concluir que ha sufrido los mismos tsunamis registrados en el puerto del Callao, pero en menor magnitud.

Las cartas de inundación contribuyen a definir las zonas de inundación, vías de evacuación y zonas de refugio de las localidades, balnearios y puertos costeros, en caso de la ocurrencia de un tsunami. Dichas zonas se demarcan a cotas topográficas más elevadas a los 10 m, que es hasta donde se considera que llegan las inundaciones (ONU/DAH, 1994).

En la cuenca del río Huaura, la zona más vulnerable a ser inundada ante la ocurrencia de un fenómeno tsunamigénico, es el puerto de Huacho (figura 7.13).

### **PELIGROS GEOHIDROLÓGICOS**

Dentro de la categoría de *peligros geohidrológicos*, se han considerado los procesos de erosión fluvial e inundaciones. Se han inventariado en la zona de estudio 33 sectores afectados con erosión fluvial, algunos de los cuales también son susceptibles a sufrir inundaciones por la elevación del caudal en los ríos, en temporadas de lluvias excepcionales.

#### ***Erosión Fluvial***

Para que se produzca erosión fluvial intervienen, tanto factores geológicos (morfología del cauce, dinámica del río, pendiente y ancho del cauce, tipo de drenaje, naturaleza del suelo o substrato en las márgenes, etc.), así como hidrológicos (precipitación en cuenca húmeda, caudales normales, máximos, etc). Este fenómeno afecta sectores ubicados en la cuenca media y baja del río Huaura, que en periodos de avenidas excepcionales tiende a cambiar su curso. Se tiene, por ejemplo, en ambas márgenes del río Huaura, entre Sayán y Churín (foto 7.8), y también en cursos tributarios como el río Chico (Huanangue). En el anexo 11 se presentan los principales procesos de erosión fluvial inventariados en la cuenca del río Haura para este trabajo.

#### ***Inundaciones***

Las inundaciones son procesos naturales y recurrentes en la historia dinámica de un río. Están asociadas a precipitaciones pluviales excepcionales por la excesiva descarga y aumento del caudal de los ríos, que originan avenidas que rebasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga de los lechos o cauces.

En el río Huaura, estos procesos han afectado a poblados, terrenos

**Figura 7.13** Área de inundación en caso de tsunami cuenca del río Huaura.



**Foto 7.8** Erosión fluvial en el sector Cabracancha (distrito de Andajes). Obsérvese el arrimado de material en la margen derecha del río Huaura para proteger la zona de los baños termales.



agrícolas (ubicados en las márgenes de dichos ríos y próximos a estos), puentes, alcantarillas, pontones, plataformas de carretera y demás obras de infraestructura.

Acciones antrópicas como la deforestación de la cobertura vegetal ribereña también contribuye a que se produzca erosión fluvial e inundaciones.

En la cuenca se han inventariado 33 sectores afectados por procesos de inundación, de los cuales los principales se describen en el cuadro 7.6.

### **Erosión de Laderas**

La erosión de laderas es la remoción del material superficial por acción del agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento superficial), que en contacto con el

suelo superficial por el impacto y, en el segundo caso, por fuerzas tractivas, vence la resistencia de las partículas (fricción o cohesión; figura 7.14).

La frecuencia de la manifestación de los procesos erosivos de tipo laminar, surcos y cárcavas es un factor importante para considerar el grado de daño que puede causar a terrenos de cultivo, carreteras, entre otros.

Una parte de los sedimentos provenientes de la erosión se depositan en determinadas posiciones de las vertientes, destruyendo suelos fértiles, y otra parte puede alcanzar el fondo de los valles, provocando sedimentaciones en cursos de agua o de embalses. La sedimentación constituye uno de los más graves impactos de la erosión en el medio ambiente, promoviendo crecientes pérdidas de capacidad de almacenamiento de agua, o

**Cuadro 7.6**  
**Principales procesos de inundación inventariados en la cuenca del río Huaura**

<b>Código</b>	<b>Provincia, Distrito, Paraje</b>	<b>Causas o Factores Desencadenantes para su Ocurrencia</b>	<b>Comentario Geodinámico</b>	<b>Daños a la Vida y la Propiedad</b>
144811182	Huaura, Sayán, margen izq. del río Huaura	Colmatación del cauce, dinámica fluvial, suelo incompetente.	Se observa inundación y erosión fluvial en una llanura de inundación de material aluvial, fluvial y coluvial.	Afectó terrenos de cultivo y canales de irrigación.
144841211	Huaura, Sayán, Chambará	Dinámica fluvial y pendiente.	Se observa una inundación fluvial en sector donde el río anastomosado y depósito fluviales.	Afectó terrenos de cultivo y 3 viviendas.
144841224	Huaura, Sayán, Quipico	Escasa vegetación y pendiente.	Se observa inundación y erosión fluvial en la base del terraplén de la carretera.	Afectó 500 m de la carretera Huacho-Sayán.
134821001	Huaura, Huaura, Fundo Carquin Chico	Pendiente muy baja. Fuertes precipitaciones, morfología, dinámica fluvial.	Inundación excepcional en la margen izquierda del río Huaura. El agua ingresó por más de 120 m a terrazas alledañas. El nivel del río está a 1 m por debajo de las tierras de cultivo.	Puede afectar terrenos de cultivo.
134821003	Huaura, Huaura, La Chonta	Depósitos aluviales medianamente densos conformados por arena, grava y bolones, con pendiente muy baja. Fuertes precipitaciones, morfología, dinámica	Inundación ocasional en ambas márgenes del río Huaura.	Afectó tramo de 1 km de la carretera Huacho-Sayán.
134821008	Huaura, Huaura, Acaray	Depósitos aluviales medianamente densos conformados por arena, grava y bolones con pendiente muy baja. Fuertes precipitaciones, morfología, dinámica	Inundación ocasional.	Afectó tramo de la carretera Huacho-Sayán y terrenos de cultivo.

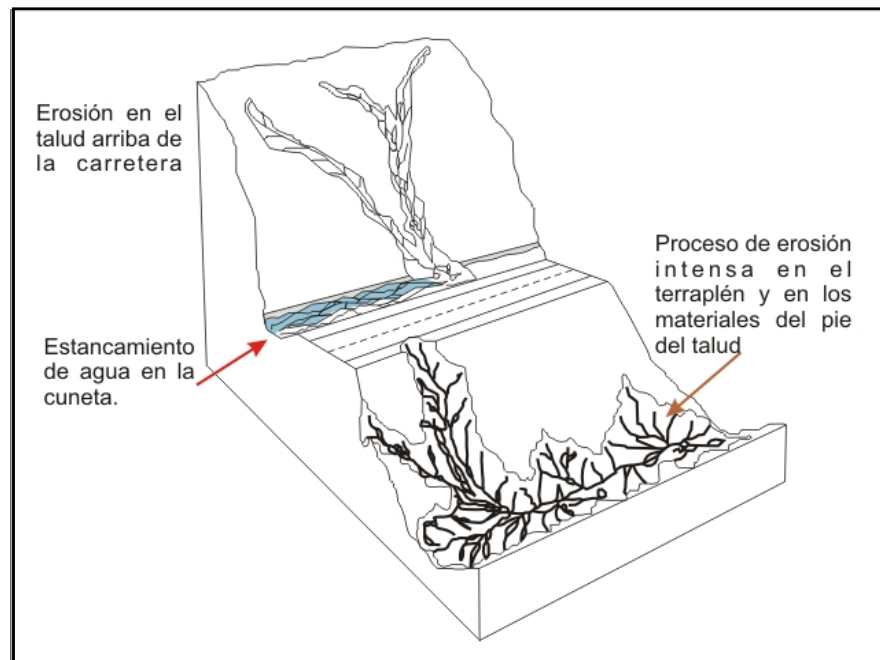


Figura 7.14 Erosión en cárcavas que afectan talud superior e inferior de carretera.

incremento de contaminantes químicos y generando perjuicios para el abastecimiento y producción de energía.

La erosión hídrica causada por el agua de lluvia, abarca los siguientes procesos:

**Saltación pluvial.** El impacto de las gotas de lluvia en suelo desprovisto de vegetación ocasiona el arranque y arrastre de suelo fino, dicho impacto compacta el suelo, disminuye la permeabilidad e incrementa la escorrentía.

**Esgurrimiento superficial difuso.** Comprende la erosión laminar sobre laderas carentes de coberturas vegetales y afectadas por saltación pluvial, que estimulan el esgurrimiento del agua arrastrando finos.

**Esgurrimiento superficial concentrado.** Se produce de dos formas: como surcos formados cuando el flujo se hace turbulento y la energía del agua es suficiente para labrar canales pequeños, bien definidos, y como cárcavas (canales o zanjas más profundos y de mayor dimensión) por las que discurre agua durante y poco después de haberse producido una lluvia. El proceso se da durante cuatro etapas: formación del canal, erosión desde la base, cicatrización y estabilización.

Los procesos de erosión de laderas identificados en la cuenca van desde erosión laminar y en surcos hasta cárcavas de gran profundidad y extensión, con desarrollo retrogresivo y de ensanchamiento. Producen daños en plataformas de carretera, desgaste de cobertura de suelo y pérdida de terrenos agrícolas;

también pueden ser antecesores en la formación de otros movimientos en masa como los derrumbes y deslizamientos. Aportan material suelto en los lechos de ríos, quebradas y torrentes, el cual es susceptible a ser acarreado como huaicos ante precipitaciones de moderada a gran intensidad. Ejemplos de este proceso pueden notarse en el valle de Checras, quebrada Huandoy, valle de Auquimarca, Ihuarí (foto 7.9), entre otras localidades de la cuenca.

En el cuadro 7.7 se hace una descripción de los procesos de erosión de laderas más representativos inventariados en la cuenca.

## ESTADÍSTICA DE PELIGROS NATURALES

Del inventario de 853 procesos superficiales que causan peligros geológicos y geohidrológicos en la cuenca, el mayor porcentaje corresponde a flujos (28,1%), seguidos de caídas (27,5%) y erosión (17%). Le siguen en importancia procesos de movimientos complejos con el 13,1%, deslizamientos con el 10,6%, e inundaciones con el 4,1% del total de procesos registrados. El 0,6% restante corresponde a procesos de arenamiento y reptación de suelos (figura 7.15).

En la caracterización de los procesos inventariados se ha tenido en cuenta la actividad de los procesos según cuatro categorías: activo, inactivo-joven, inactivo-maduro, estabilizado y viejo (McCalpin, 1984). Según esta clasificación se tiene que el 46% de los procesos inventariados se encuentran en estado inactivo-joven; el 28%, en estado inactivo-maduro; el 20%, como activos, y el 7% restante, como estabilizados y viejos (figura 7.16).



Foto 7.9 Erosión de laderas en el cerro Muchica Rumay (distrito de Ihuari y provincia de Huaral).

Cuadro 7.7

Principales procesos de erosión de laderas inventariados en la cuenca del río Huaura

Código	Provincia, Distrito, Paraje	Causas o Factores Desencadenantes para su Ocurrencia	Comentario Geodinámico	Daños a la Vida y la Propiedad
154911108	Oyón, Oyón, quebrada Pushcaragra	Ladera cubierta por depósitos glaciares, pendiente, precipitaciones pluviales intensas.	Se observa erosión de laderas por cárcavas en la margen derecha del río Quichas. Derrumbes en las márgenes de la cárcava que con lluvias fuertes produce flujos.	Cuando ocurre flujo afecta carretera Raura-Oyon y bocatoma.
154911118	Oyón, Oyón, Puente Piedra	Lutitas margas y calizas cubiertas por depósitos proluviales, pendiente, precipitaciones pluviales intensas, filtración de aguas subterráneas.	Se observa erosión de laderas por cárcavas y surcos. Material suelto en las cárcavas. Con lluvias fuertes podrían producirse flujos.	Con una reactivación del flujo se afectarían viviendas, tramo de carretera Oyon-Chacua y colegio.
154931253	Oyón, Pachangara, Curay	Lutitas margas y calizas cubiertas por depósitos proluviales, precipitaciones pluviales intensas, pendiente.	Se observa cárcavas en las laderas del cerro Loma de Marcucan, en la margen izquierda de la quebrada Huancache. Una de las cárcavas está bien desarrollada y podría discurrir un flujo. Se observan derrumbes en las márgenes de las cárcavas. Se presentan derrumbes en las laderas inferiores de Curay.	Puede afectar un sector de Curay y ruinas arqueológicas.
154921337	Oyón, Andajes, Since	Ladera cubierta por depósitos proluviales, pendiente fuerte, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Se observan cárcavas activas que se profundizan con anomalías climáticas (principalmente El Niño). La vegetación es escasa en las laderas afectadas.	Afecta canales de riego.

Respecto a la litología a la que están asociados los procesos inventariados (figura 7.17), la mayoría de ellos se encuentran asociados a los derrames andesíticos y dacíticos de la unidad III (22%), los depósitos de tipo aluvial de la unidad I-2 (19%), las lutitas, areniscas y cuarcitas fracturadas de la unidad V-3 (17%), y los depósitos de tipo fluvial de la unidad I-1 (14%).

El porcentaje restante se asocia a las dioritas y tonalitas de la unidad II-2 (8%), los depósitos de tipo glaciar de la unidad I-4 (7%), las calizas, lutitas y limoarcillitas de la unidad V-1 (5%), las lutitas, margas y calizas de la unidad V-2 (3%), las tobas intercaladas sedimentos clásticos de la unidad IV (2%), las adamelitas y granodioritas de la unidad II-1 (2%) y las calizas macizas de la unidad V-5 (1%).

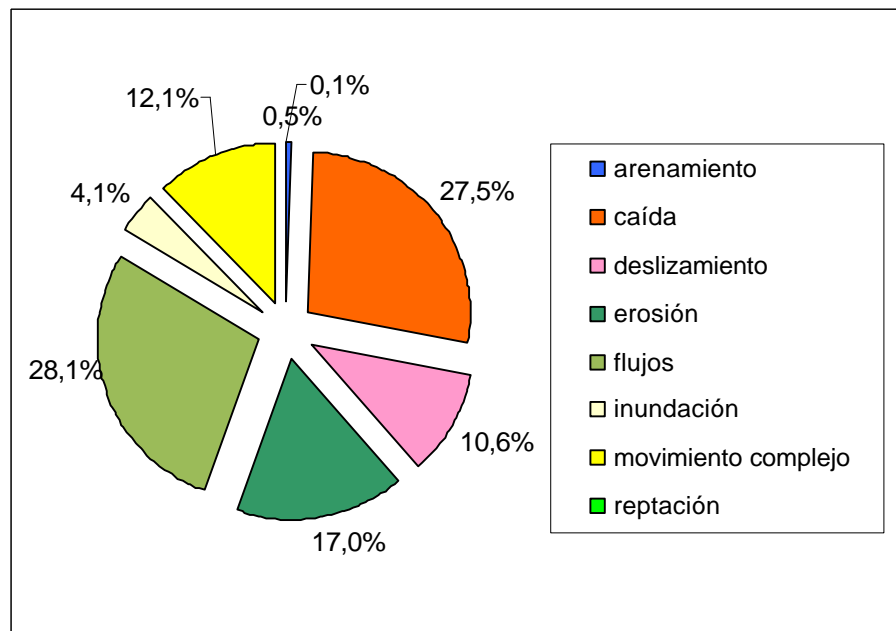


Figura 7.15 Porcentaje de procesos inventariados en la zona de estudio.

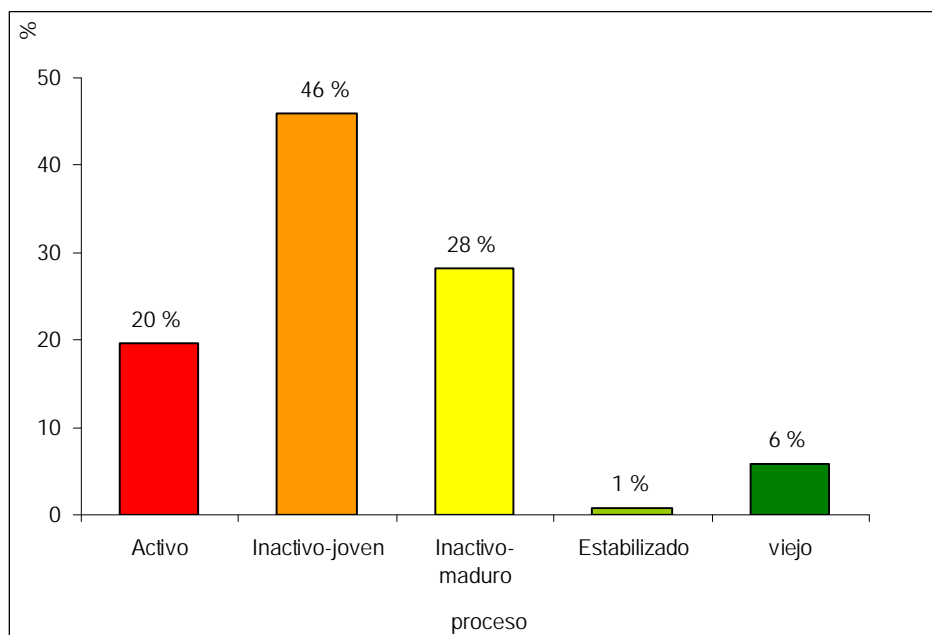


Figura 7.16 Actividad de los procesos inventariados en la zona de estudio.



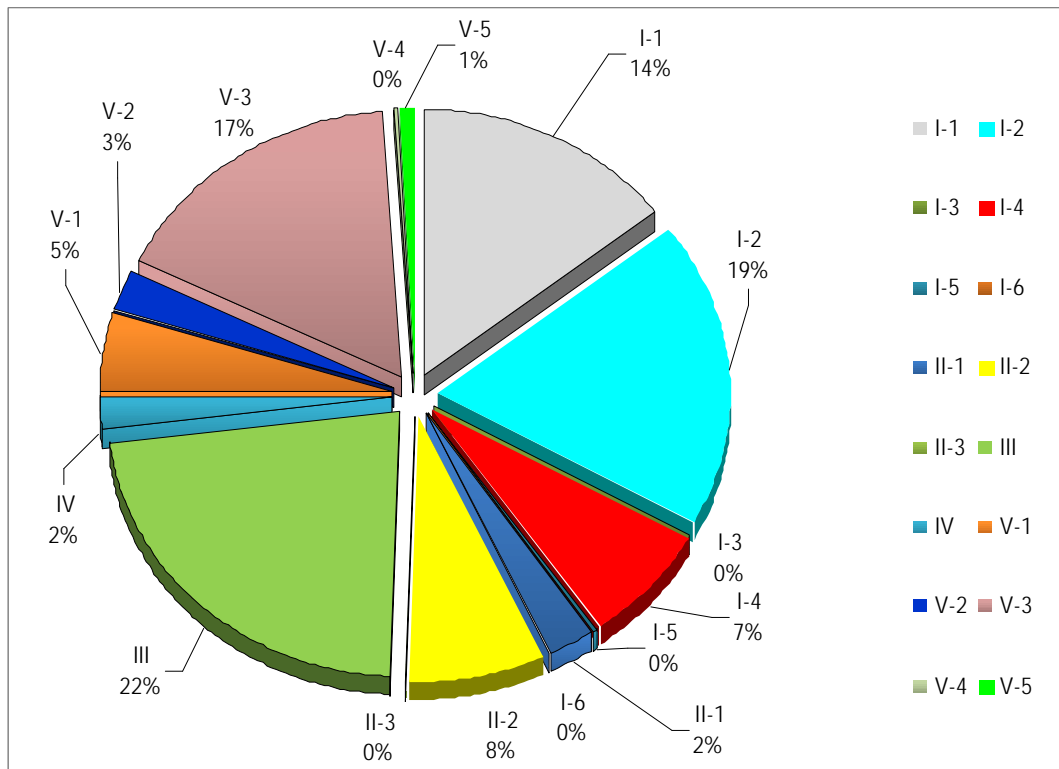


Figura 7.17 Porcentaje de procesos respecto a la unidad litológica a la cual están asociados.

# CAPÍTULO VIII

## ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR PROCESOS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS

Para analizar la susceptibilidad por procesos geológicos y geohidrológicos, se consideran los factores que condicionan la generación de dichos procesos en una determinada área o región. El objetivo de dicho análisis es representar la probabilidad de ocurrencia de tales eventos en mapas que contribuyan a la prevención y mitigación de desastres y la planificación territorial (Ayala- Carcedo y Olcinas, 2002).

Cabe destacar que los mapas de susceptibilidad a los peligros geológicos y geohidrológicos, si bien identifican áreas donde se pueden generar potencialmente tales procesos, no figuran la totalidad de zonas a ser afectadas ni predicen cuando ocurrirán dichos procesos. Sin embargo, una de sus funciones más resaltantes es indicar las zonas donde se hace necesaria la realización de estudios más específicos y a mayor detalle (áreas críticas), aunque se debe considerar que los límites de susceptibilidad señalados deben considerarse referenciales y no como valores absolutos (Fidel y otros, 2006).

Para este estudio, de acuerdo a la estadística de procesos inventariados en la cuenca (capítulo 7) y siendo los movimientos en masa los procesos registrados en mayor proporción, se ha analizado la susceptibilidad a tales procesos en la cuenca. Por otro lado, siendo importante la influencia del fenómeno El Niño en la generación de inundaciones en la cuenca, se ha considerado analizar la susceptibilidad a las inundaciones.

### ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA

En la zona de estudio se han usado como factores condicionantes para realizar el análisis de la susceptibilidad por movimientos en masa los siguientes parámetros: pendiente, geomorfología, litología, hidrogeología y cobertura vegetal. El método utilizado es un modelo heurístico de combinación de factores condicionantes (Carrara y otros, 1995), cuyo objetivo principal es determinar las zonas más susceptibles a que se generen estos procesos.

Para desarrollar dicho método, se ha utilizado un Sistema de Información Geográfica (SIG) en este caso el Arc Gis 9.1 con su módulo *Spatial Analysis* para el álgebra de capas.

### *Análisis de Factores Condicionantes*

De acuerdo a la información recopilada en gabinete y campo, se analizaron los factores condicionantes a la generación de movimientos en masa con ayuda de matrices (Villacorta, 2007). Los factores considerados han sido: litología, hidrogeología, geomorfología, cobertura vegetal y pendiente. El rango de valores usados en las ponderaciones es de 1 a 5 para identificar con facilidad el grado de susceptibilidad (1 es «muy baja» y 5 «muy alta»).

En los cuadros 8.1, 8.2, 8.3 y 8.4 se muestran las matrices de ponderación para las comparaciones: pendiente vs litología, pendiente vs hidrogeología, pendiente vs geomorfología y pendiente vs cobertura vegetal.

Posteriormente estas matrices se integraron a los mapas en formato raster para realizar mediante SIG el álgebra de capas y componer el mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa.

### *Grados de Susceptibilidad por Movimientos en Masa*

#### Muy baja

Las áreas con susceptibilidad muy baja a este tipo de procesos en la cuenca corresponden a la parte baja de la cuenca, sectores de explanadas eólicas y borde litoral. Los terrenos en esta zona, son de pendiente muy baja y presentan escasos indicios de la formación de movimientos en masa, salvo casos excepcionales de flujos de lodo. Las localidades de Huacho, Huaura, etc se encuentran asentados en este sector.

#### Baja

Las áreas con susceptibilidad baja a los movimientos en masa en la zona de estudio se muestran en color verde claro (mapa 07). Dichas áreas corresponden a parte de la cuenca baja y del cauce del río Huaura y sectores de terrazas aluviales entre Sayán y Churín. Los terrenos en esta zona, son de pendientes entre 10 y 20° y presentan vestigios de generación de flujos en épocas de lluvias excepcionales como el fenómeno El Niño.

**Cuadro 8.1**  
**Matriz de ponderaciones Pendiente vs Litología**

Pendiente vs. Litología		Litología															
		Depósitos superficiales						Rocas intrusivas			Rocas volc-sed.	Rocas volc.	Rocas sedimentarias				
		I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	II-1	II-2	II-3	III-1	IV-1	V-1	V-2	V-3	V-4	V-5
Pendientes	< 10°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
	10 a 20°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	1	2	2	1
	20 a 40°	3	2	2	3	2	1	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3
	40 a 60°	3	2	3	4	4	2	3	3	3	4	4	4	3	4	3	3
	> 60°	4	3	4	5	4	3	4	5	4	5	5	5	4	5	4	4

Donde I-1: depósitos fluviales, I-2: depósitos aluviales, I-3: depósitos fluvio-glaciares, I-4: depósitos glaciares, I-5: depósitos eólicos, I-6: depósitos marinos, II-1: adamelitas, granodioritas, II-2: dioritas, tonalitas, II-3: granito, III-1: Formación Calipuy, IV-1: Grupo Casma, V-1: formaciones Pariatambo, Celendín, Oyón y Jumasha, V-2: formaciones Santa, Chulec, V-3: formaciones Carhuaz, Chimu, V-4: Formación Farrat, V-5: Formación Pariahuanca.

**Cuadro 8.2**  
**Matriz de ponderaciones Pendiente vs Hidrogeología**

Pendiente vs. Hidrogeología		Hidrogeología						
		Acuífero			Acuícludo	Acuitardo		
		PNC	FSD	FVO	ACC	VOL	INT	SED
Pendientes	< 10°	3	1	1	1	1	1	1
	10 a 20°	3	2	2	1	1	1	1
	20 a 40°	4	3	2	2	2	2	2
	40 a 60°	5	4	3	2	3	3	3
	> 60°	5	5	4	3	4	3	3

Donde: PNC: poroso no consolidado, FSD: fisurado sedimentario, FVO: fisurado volcánico, ACC: acuícludo, VOL: volcánico, INT: intrusivo, SED: sedimentario

**Cuadro 8.3**  
**Matriz de ponderaciones Pendiente vs Geomorfología para los movimientos en masa**

Pendiente vs Geomorfología		Geomorfología																		
		Denudacional						Fluvio-Aluv			Eol.	Mar.	Glaciar			Poligenica				
		EIN	EVO	VIN	VSE	VVO	ESE	CAP	FVT	PFA	MAO	BLT	VGL	MOR	SPG	MSE	LIN	LSE	LVO	LVS
Pendientes	< 10°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	10 a 20°	3	3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	3	2	1	2	1	1	1	1
	20 a 40°	3	4	2	2	2	4	4	1	1	1	2	4	4	2	3	2	2	2	2
	40 a 60°	5	5	3	3	3	5	5	1	1	2	3	5	5	2	4	3	2	3	3
	> 60°	5	5	4	4	4	5	5	2	1	2	4	5	5	3	5	3	3	3	3

Donde: Origen Denudacional: EIN: Escarpa intrusiva, EVO: Escarpa volcánica, VIN: Vertiente intrusiva, VSE: Vertiente sedimentaria VVO: Vertiente volcánica, ESE: Escarpa sedimentaria; Origen Fluvio-aluvial: CAP: Cono/Abanico proluvial, FVT: Fondo valle y terraza, PFA: Planicie fluvio-aluvial; ORIGEN EOLICO: MAO: Manto eólico; Origen Marino: BLT: Borde litoral; ORIGEN GLACIAR: VGL: Valle glaciar, MOR: Morrena, SPG: Superficie periglacial; Origen Poligenica: MSE: Montaña sedimentaria, LIN: Loma intrusiva, LSE: Loma sedimentaria, LVO: Lomas volcánicas, LVS: Lomas volcánicas-sedimentarias.

**Cuadro 8.4**  
**Matriz de ponderaciones Pendiente vs Cobertura Vegetal y**  
**uso de suelo para los movimientos en masa**

Pendiente vs. Cobertura Vegetal y uso de suelo			Cobertura Vegetal y uso de suelo									
			Áreas Naturales					Infraestruc		Terrenos Cultivo		
			PAJ	MAT	VGC	BNA	ERD	INF	MIN	BRE	CCB	CCA
Pendientes	10	< 10°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	20	10 a 20°	1	1	1	1	2	3	2	1	2	1
	30	20 a 40°	2	2	2	1	3	4	3	2	2	2
	40	40 a 60°	3	3	3	2	4	5	4	3	3	3
	50	> 60°	3	3	3	3	5	5	5	3	3	3

Donde: PAJ: Pajonales, MAT: Matorrales, VGC: Vegetación de cauce, BNA: Bosque natural, ERD: Eriazo desértico, INF: áreas con infraestructura y población, MIN: Minería, BRE: Bosque reforestado, CCB: cultivos cuenca baja y CCA: Cultivos cuenca media y alta.

### Media

Las áreas con susceptibilidad media están representadas por el color amarillo (mapa 07) y en ellas se ha registrado cierta tendencia a la ocurrencia de movimientos en masa, asociada principalmente a pendientes entre 20 y 40°. Se presentan distribuidas en toda la cuenca y principalmente en la parte alta como por ejemplo entre Oyón y Rapaz.

### Alta

En el mapa 07 las áreas con susceptibilidad alta a la generación de movimientos en masa están señaladas en color anaranjado. Dichas áreas se encuentran ampliamente distribuidas entre la cuenca media y alta, por ejemplo en la sub-cuenca del río Quiches en Oyón. Son áreas con pendiente fuerte, principalmente correspondientes a piroclastos, andesitas areniscas, cuarcitas y lutitas alteradas y fracturadas; con escasa cobertura vegetal de matorrales y arbustos. Es probable que cuando se construyan obras de infraestructura en estas áreas, se generen movimientos en masa, por lo que se recomienda un estudio a mayor detalle antes de iniciar las actividades.

### Muy Alta

En las zonas señaladas con color rojo, en el mapa 07, se ubican las áreas con muy alto grado de susceptibilidad. En dichas zonas, es muy probable que ocurran movimientos en masa. Se relacionan a pendientes mayores a 40°, afloramientos rocosos principalmente de piroclastos, dacitas y andesitas intensamente fracturadas, alteradas y a depósitos superficiales inestables; potencialmente almacenadores de agua; con escasa cobertura vegetal de matorrales, arbustos y terrenos eriazos. En estas zonas es imprescindible tomar medidas de prevención. De acuerdo al mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa de la cuenca del río Huaura, las zonas con mayor susceptibilidad se ubican en los siguientes sectores agrupados por el distrito al que pertenecen:

### **Sayán**

Cerro Maní (margen derecha del río Huaura a la altura de Sayán)  
 Sector Puente Colgante – Topaya - Cerro Blanco - Piedra Partida  
 Sector Cuchichín-Casa Vieja  
 Sector Quinches Alto - Bocatoma Quinches

Cerro Frejolito

Chambará

ExFundo Coto

Cerro Raniahuanco (margen derecha del río Huaura al altura de Yunguy)

Bellavista

### **Navan**

Cerro Cochacancha

Quebrada Ishpa

Navan

Inchacuyo

### **Paccho**

Margen derecha de la Quebrada Paccho

Quebrada Puruluma

Uchicaca

Loma Condorccayan

Quebrada Huachacan (Quebrada Huayanay)

### **Andajes**

Cerro Ventanilla (margen derecha del río Huaura entre Pampa Libre y quebrada Lucma Grande)

Parte baja de la quebrada Puyachay

**Pachangara**

Confluencia de las quebradas Pucayacu, Pachangara y el río Huaura

Parte alta de Cerros Ocshapata y Saquicocha a la altura de Tocrac

Cerro Carapico a la altura de Huancahuasi

Taucur

Cerro Inguejirca

Cerro Pumarigrin / Huaullupampa

**Oyón**

Sector Chiosincalla

Cerro Lamapaca

Cerro Aguascocha margen izq. Río Ushpa

Cerro Condorsenja

Cerro Calle

Sector Chagapata

Quebrada. Morococha

Cerro Potrero a la altura de Pucayacu

Yanamina a la altura de los Baños de Viroc

Viroc (Sector Callanhuara)

Cerro Carhuashuayta

Cerro Golgue

Cerro Huacracocha

Rapaz

Quebrada Tectahuayin

**Maray**

Maray

Quebrada Jausha

Cerro Antaicoto

Sector Incha Cuyo

**Santa Leonor**

Cerro Chogo, margen derecha de la Quebrada Palca

Quebrada Jucul

Liauliau

Jujul

Quebrada. Pallca

Tranca

Pallca Chico

Sector Pucayacu

Arma

Obrajes

**Caujul**

Pumahuain

Chilcarragra

Quebrada Huancoy

Quebrada Tancan

Cerro Tauripallanca

**Huaura**

Cerro San Isidro

Vicahuara

Quebrada Loreto (Margen izq. Carretera Santa Ines)

San Isidro

**Huacho**

C° Gambo: AAHH. 09 de Octubre

C° Humaya

El Tauca AAHH. Atalaya

**Leoncio Prado**

Acopara

Sector Chinca

**Ihuari**

Cerro Tunaspata

Añanpay

Acotama

Quishuan

Sector Cochatoma-Aracoto-Chirimoyo

**ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR INUNDACIONES**

Para analizar la susceptibilidad a las inundaciones, se ha empleado el método descrito anteriormente, pero teniendo en cuenta la relación de la geomorfología con la dinámica fluvial y la influencia de la vegetación como preservadora de terrenos de muy baja pendiente. Por ello, los factores considerados han sido: geomorfología, cobertura vegetal y pendiente. Para este caso, el rango de valores usados en las ponderaciones ha sido de 1 a 4: 1 es «nula», 2 es «baja», 3 es «media» y 4 «alta». En los cuadros 8.5 y 8.6 se muestran las matrices de ponderación para las comparaciones: pendiente vs geomorfología y pendiente vs Cobertura Vegetal.

### Grados de Susceptibilidad por Inundaciones

#### Baja

En el mapa de susceptibilidad a las inundaciones de la cuenca (mapa 07) se muestra en color verde las áreas con baja probabilidad a que se generen inundaciones. Dichas áreas corresponden a terrazas altas; abanicos aluviales y deluviales levemente inclinados y terrenos eriazos mal drenados, inundados en períodos excepcionales como el Fenómeno El Niño o por elevación de nivel freático. Se ubican principalmente en la cuenca baja, en las terrazas aluviales ubicadas en ambos márgenes del río Huaura. Menos frecuentemente en la parte alta asociadas a la zona de lagunas cercanas a las nacientes (foto 8.1).

#### Media

Las áreas con susceptibilidad media están representadas en el mapa 07 en color amarillo. Son áreas con moderada tendencia a la ocurrencia de inundaciones y corresponden principalmente a terrenos plano-ondulados y quebradas de cauces amplios con

pendiente muy baja, ampliamente distribuidas en zonas de terrenos de cultivo entre Sayán y la desembocadura. En segundo lugar corresponde a fondo de valles secundarios y terrazas fluviales de hasta 4 m de alto localizados adyacentes al río Huaura, principalmente entre Oyón y Sayán. Por ejemplo en 1972, ocurrieron inundaciones en la quebrada Cochacancha, que afectaron a la carretera Lima-Oyón en ese sector.

#### Alta

En el mapa 07 están señaladas en color rojo las áreas con susceptibilidad alta a las inundaciones. Dichas áreas corresponden al fondo de valle del río Huaura y terrazas fluviales de pendiente muy baja y alturas hasta de 2 m. Las zonas más afectadas son las áreas aledañas al río Huaura entre Huaura y la desembocadura, pasando por los poblados de San Germán, Humaya, Sarope, Carquín, Acaray y Santa Ana (foto 8.1) en el distrito de Huaura; y Vizquira, Sayán, Chambara, Quipico y Vilcahuara en el distrito de Sayán. Los dos últimos eventos del fenómeno El Niño, afectaron los sectores señalados con procesos de inundación y desborde por el incremento del caudal del río Huaura.

Cuadro 8.5

Matriz de ponderaciones Pendiente vs Geomorfología para el caso de inundaciones

Pendiente vs Geomorfología		Geomorfología																		
		Denudacional						Fluvio-Aluv			Eol.		Mar.	Glaciar			Poligenica			
		EIN	EVO	VIN	VSE	VVO	ESE	CAP	FVT	PFA	MAO	BLT	VGL	MOR	SPG	MSE	LIN	LSE	LVO	LVS
Pendientes	< 10°	1	1	1	1	1	1	3	4	3	3	3	4	3	3	2	1	1	1	1
	10 a 20°	1	3	1	1	1	1	2	2	3	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1
	20 a 40°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	40 a 60°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	> 60°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Donde: Origen Denudacional: EIN: Escarpa intrusiva, EVO: Escarpa volcánica, VIN: Vertiente intrusiva, VSE: Vertiente sedimentaria VVO: Vertiente volcánica, ESE: Escarpa sedimentaria; Origen Fluvio-aluvial: CAP: Cono/Abanico proluvial, FVT: Fondo valle y terraza, PFA: Planicie fluvio-aluvial; ORIGEN EOLICO: MAO: Manto eólico; Origen Marino: BLT: Borde litoral; ORIGEN GLACIAR: VGL: Valle glaciar, MOR: Morrena, SPG: Superficie periglaciaria; Origen Poligenica: MSE: Montaña sedimentaria, LIN: Loma intrusiva, LSE: Loma sedimentaria, LVO: Lomas volcánicas, LVS: Lomas volcánicas-sedimentarias.

Cuadro 8.6

Matriz de ponderaciones Pendiente vs Cobertura Vegetal y uso de suelo para inundaciones

Pendiente vs Cobertura vegetal		Cobertura Vegetal									
		Areas Naturales					Infraestruc			Terrenos Cultivo	
		PAJ	MAT	VGC	BNA	ERD	INF	MIN	BRE	CCB	CCA
Pendientes	< 10°	1	1	4	1	2	1	1	1	3	2
	10 a 20°	1	1	3	1	1	1	1	1	2	1
	20 a 40°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	40 a 60°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	> 60°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Donde: PAJ: Pajonales, MAT: Matorrales, VGC: Vegetación de cauce, BNA: Bosque natural, ERD: Eriazo desértico, INF: áreas con infraestructura y población, MIN: Minería, BRE: Bosque reforestado, CCB: cultivos cuenca baja y CCA: Cultivos cuenca media y alta.



**Foto No 8.1** Las zonas de lagunas son poco susceptibles a las inundaciones sin embargo podrían presentar desbordes en épocas de lluvias excepcionales. Laguna Macaula chica, Oyón.



**Foto No 8.2** Sector Santa Ana (Huaura) altamente susceptible a las inundaciones.

# CAPÍTULO IX

## CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE AGUAS Y SEDIMENTOS

JORGE CHIRA & LUIS VARGAS

En este capítulo se presenta la caracterización química de las aguas superficiales y sedimentos de corriente de la cuenca del río Huaura, que nos permitirá identificar zonas donde exista un impacto por parte de agentes contaminantes.

Las muestras de agua que se han recolectado en la cuenca corresponden tanto a los cauces de ríos principales como de sus tributarios, siguiendo un muestreo puntual sistemático con un control de calidad estricto (anexo 15). Las muestras de sedimento se han recolectado básicamente en la cuenca media y alta, dado que en la cuenca baja la contaminación antrópica es evidente en el río Huaura.

El muestreo se ha realizado durante el periodo de estiaje (junio-julio de 2007). Durante el mes de junio y la primera semana de julio se recolectaron la totalidad de muestras de agua y parte de los sedimentos de escorrentía. En cuanto a estos últimos, en el mes de octubre se culminó con el muestreo. Se llegaron a recolectar muestras de agua en 159 estaciones y se obtuvo 393 muestras de sedimento activo.

El procedimiento seguido en el muestreo de aguas está de acuerdo al protocolo establecido por la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos del INGEMMET (Chira, 2007; en Vilchez *et al.*, 2007). La toma de muestras de agua se efectuó cada 4 km, salvo en los lugares que involucraban potenciales fuentes de contaminación (centros poblados, minas, etc.), en los que se ha tomado muestras 1 km aguas arriba y 1 km aguas abajo. Asimismo, se ha incidido en los sectores de confluencia de dos ríos con el fin de determinar los efectos de adición y dilución. En el anexo 12 se aprecian los elementos analizados, con sus respectivos límites de detección, así como los métodos utilizados por los laboratorios SGS del Perú S.A.C. En cada estación de muestreo se han registrado los parámetros físicos del agua, como son temperatura, conductividad, TDS y pH, para lo cual se ha utilizado el instrumento Combo HANNA pH & CE Waterproof HI 98130 (Foto 9.2).

En lo referente a las muestras de sedimento de corrientes activas, previo tamizado a malla 30, éstas han sido analizadas a malla 200. La densidad de muestreo ha sido de 1/10km<sup>2</sup>, con lo que se ha tratado de cubrir tanto la cuenca alta como la media del río Huaura.

El método químico analítico empleado ha sido el ICP-MS, con ataque de agua regia. En el anexo 13 se aprecian los límites de detección de los 53 elementos analizados.

### DISTRIBUCIÓN Y TOXICIDAD DE IONES METÁLICOS EN AGUAS Y SEDIMENTOS

Es importante conocer la presencia de iones metálicos en aguas y sedimentos de una cuenca hidrográfica para establecer el grado de contaminación producido en el medio ambiente que la rodea.

El agua es el principal componente del ecosistema y el más contaminado por iones metálicos tóxicos. La oxidación de diferentes especies minerales origina que los iones metálicos se vuelvan solubles, entrando al ambiente que le rodea a través del agua de drenaje. El conocimiento de la distribución geográfica de tales iones en el sistema acuático es importante para la consideración ambiental del ciclo geoquímico y biológico del elemento. Respecto a los sedimentos, debido a que los procesos de transferencia entre diferentes componentes ambientales y a la natural habilidad de los sedimentos para acumular iones metálicos, se tiene que sus concentraciones son generalmente más altas que las presentes en el agua.

El enriquecimiento de iones metálicos en los sedimentos por contaminación antropogénica está controlado básicamente por factores geológicos, mineralógicos, hidrológicos y biológicos.

Los metales pesados son de vital importancia para el desarrollo de animales y plantas, sin embargo, cuando se presentan en grandes concentraciones son tóxicos. Una de las características más peligrosas de los metales pesados es que aunque sus concentraciones en el ambiente son comparativamente bajas, a través de un largo periodo de exposición de organismos vivos a estos elementos, estas pueden alcanzar niveles peligrosos.

De los elementos químicos que ocurren naturalmente, 53 son metales pesados, 17 de los cuales están disponibles a las células vivas y forman cationes solubles, indicando efectos biológicos. Estos son: As, Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, U, V, W y Zn. A continuación se indican algunas principales características de los elementos considerados más tóxicos.



### **Arsénico**

Es uno de los venenos más antiguos utilizados por el hombre. La toxicidad de especies de arsénico en agua soluble varía en el siguiente orden: arsenito As (III) > arsenato As(V) > monometilarsenato (MMA) > dimetilarsenato (DMA). Después de ingerir el arsenato, aproximadamente el 50% del arsénico es excretado por la orina y una pequeña porción es excretada a través de las heces, piel, cabello, uñas y pulmones.

El arsénico es introducido al agua a través de la disolución de minerales que ocurren naturalmente. La principal ruta de exposición es a través de la ingestión oral de alimentos y bebidas.

### **Cadmio**

Es un metal severamente tóxico pero no es letal, produce náusea y vómitos a una concentración de 15 mg/L. El cadmio es introducido al ambiente en aguas residuales y mediante la contaminación de fertilizantes y la polución local del aire. Fumar es una significativa fuente de exposición de cadmio.

### **Cobalto**

Es un elemento esencial para el desarrollo de los humanos y el principal constituyente de la vitamina B12. Constituye un elemento menos tóxico. A una concentración mayor a 1 mg/kg de peso, puede ser considerado tóxico.

### **Cromo**

Está ampliamente distribuido en la corteza terrestre y puede existir en las valencias +2 al +6. En los alimentos en general, el cromo trivalente Cr(III) es esencial para la salud animal y humana, alcanzando niveles traza con un nivel relativamente inocuo de 0,20 mg/día, mientras que el cromo hexavalente Cr(VI) es un potente cancerígeno y extremadamente tóxico para animales y humanos.

### **Cobre**

Es un elemento esencial para el crecimiento y es requerido en muchas reacciones enzimáticas. No es tóxico a bajas concentraciones; sin embargo, a altas concentraciones causa ciertos efectos adversos tales como náusea, la enfermedad de Wilson, entre otras que han sido reportadas. No hay mucha data disponible acerca de la toxicidad del cobre, la cual ocurre en las formas de Cu(I), Cu(II) y especies orgánicas Cu, esto es, como fungicidas y pesticidas.

Las concentraciones de cobre, en agua tratada, frecuentemente se incrementan durante la distribución, especialmente en sistemas con un pH ácido o aguas fuertemente carbonatadas con un pH alcalino.

### **Plomo**

Es la toxina más significativa de los metales pesados y sus efectos son toxicológicos y neurotoxicológicos; pueden causar daños irreversibles al cerebro. El plomo es una sustancia que ocurre naturalmente y puede ser de origen orgánico e inorgánico.

## **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL**

En esta sección se presenta la evaluación de la calidad del agua de la cuenca, desde dos aspectos: la caracterización química de las aguas y la comparación de determinados parámetros físico-químicos con los niveles máximos permisibles normados tanto por la Ley General de Aguas como por normas internacionales, como la OMS y la normativa canadiense (anexo 14).

### **Caracterización Química del Agua**

La caracterización química del agua se ha efectuado con el fin de determinar el grado de salinidad, sodificación, y la concentración de aniones y cationes en toda la cuenca. El procesamiento de dicha información se ha hecho por cada sector de la cuenca (alto, medio y bajo) y se ha utilizado para ello el software AquaChem (versión 5.0). El mapa de caracterización química de la cuenca del río Huaura (Mapa 11) a escala 1:200 000, permite distinguir el tipo de agua en cada estación de muestreo, así como los sectores donde se tienen aguas con alto grado de salinidad y sodificación.

### Tipología del agua

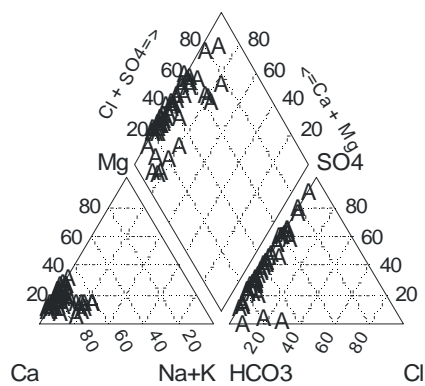
La disposición de las formaciones geológicas es en gran medida responsable del tipo de agua resultante. No se puede negar la influencia de la contaminación antrópica en el tipo de agua corriente, tanto por la disolución de rocas y suelos como por los vertimientos mineros y domésticos. A continuación se muestran los tipos de agua obtenidos en los tres sectores en que se ha dividido la cuenca.

#### **· Cuenca Alta**

Geológicamente se emplazan rocas sedimentarias clásticas y carbonatadas cretácicas y, en menor proporción, se tienen rocas volcánicas paleógeno-neógenas (Gpo. Calipuy). Como se puede notar en la figura 9.1a, el agua es en general de naturaleza bicarbonatada y sulfatada cálcica, esto debido fundamentalmente a la presencia de rocas carbonatadas, así como por la oxidación de la pirita y sulfuros ligados a los niveles carbonosos que presentan una distribución areal importante.

En la figura 9.1b son notables las bajas concentraciones de cloruro y de sodio. Algunas zonas bastante puntuales denotan contaminación antrópica debido a que se tiene agua con cierto contenido de cloruros, como es el caso del río Huaura (aguas abajo del poblado de Churín) y en el curso inferior del río Checras.

(a) Piper Plot\_ Huaura Alta



(b) Box and Whisker Plot\_ Huaura Alta

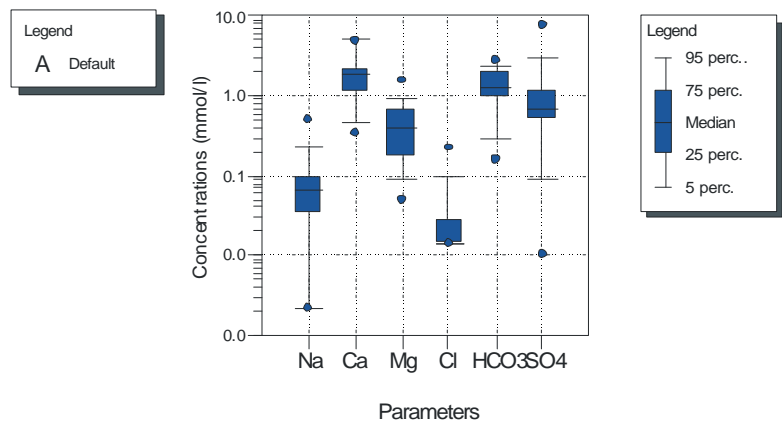


Figura 9.1 (a) Diagrama Piper y (b) diagrama de cajas y bigotes de cuenca alta del río Huaura

**Cuenca Media**

Comparando con la cuenca alta, la distribución areal de las unidades geológicas pasa por una mayor proporción de los volcánicos Calipuy sobre los sedimentarios cretácicos. No obstante, la influencia de las rocas carbonatadas hace que en primera instancia esta agua sean bicarbonatadas y luego sulfatadas o cloruradas cálcicas (figura 9.2a). Otro grupo menos significativo de muestras contiene sodio, lo que se evidencia también en la figura 9.2b, donde se denotan las mayores concentraciones relativas, en comparación con la cuenca alta.

Además de la influencia de las rocas carbonatadas, se tiene la de las rocas volcánicas, las cuales aportan tanto el sodio como el calcio; este es el caso de las quebradas Huancoy y Cochamarca.

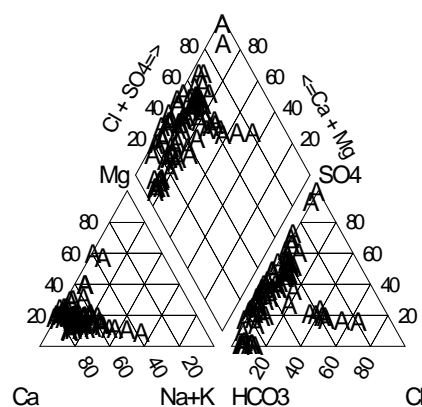
El ión cloruro resulta por efecto de la contaminación antrópica (vertido de heces y orina) y se distribuye en niveles importantes a lo largo del río Chico, desde Auquimarca, que es hasta donde llega la carretera que parte de Sayán. Es notable este cloruro, en comparación con el río Huaura, dado que el caudal de este es mucho menor y la presencia de sulfatos también lo es.

A manera de ejemplo, se muestran en la figura 9.3 los resultados en la estación 23j-008, de las muestras de agua tomadas en la localidad de Auquimarca, la cual tiene un elevado contenido de cloruros (39% meq/l) como indicativo de contaminación antrópica, mientras que el sodio y el calcio provendrían de las plagioclasas de las rocas volcánicas.

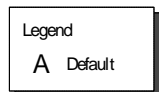
**Cuenca Baja**

Las estaciones de la cuenca baja son relativamente menores y se circunscriben básicamente al río Huaura, están

Piper Plot\_ Huaura Media



(a)



Box and Whisker Plot\_ Huaura Media

(b)

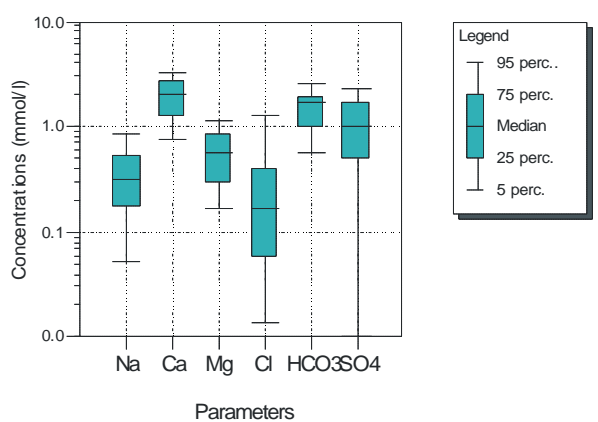


Figura 9.2 (a) Diagrama Piper y

(b) diagrama de cajas y bigotes de cuenca media del río Huaura.

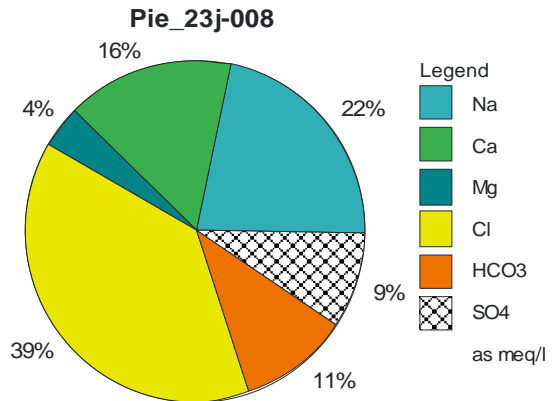
caracterizadas como bicarbonatadas-sulfatadas cálcicas (figura 9.4a). Algunas también son cloruradas.

Esta tipicidad es propia de dicho río, aunque en este sector se evidencia la influencia antrópica; en ese sentido, en la figura 9.4b se notan mayores concentraciones, en especial de los mencionados cloruros.

**Salinidad**

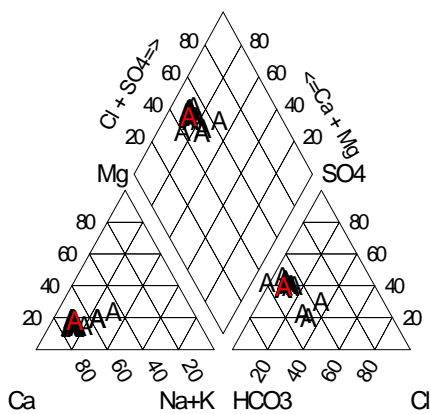
Una forma indirecta de determinar la salinidad es a través de la conductividad eléctrica (Medrano, 2001).

En ese sentido, en el cuadro 9.1, se tienen las muestras clasificadas en los grupos de salinidad alta y muy alta, obviando las muestras que se clasifican como de salinidades bajas y medias, dado que no significan mayor riesgo para los cultivos.

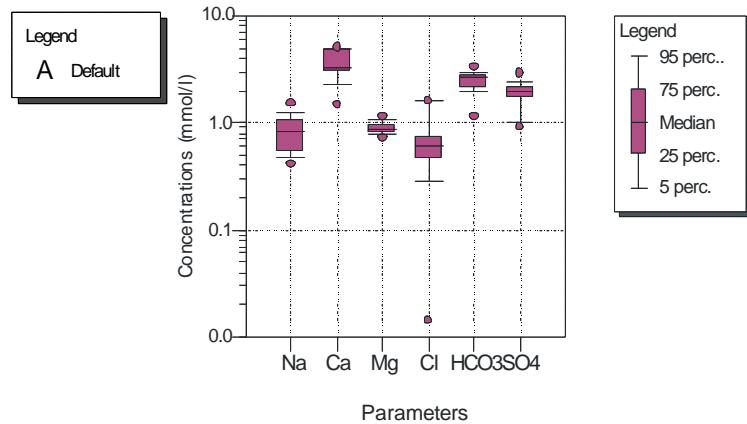


**Figura 9.3** Muestra de río Auquimarca, Auquimarca (23j-008), con 39% del ión cloruro, denotando contaminación antrópica. Agua tipo clorurada sódica cálcica.

(a) **Piper Plot\_ Huaura baja**



(b) **Box and Whisker Plot\_ Huaura baja**



**Figura. 9.4** (a) Diagrama Piper y (b) diagrama de cajas y bigotes de la cuenca baja.

**Cuadro 9.1**  
**Muestras de salinidad alta a muy alta**

Grupo de Salinidad				Código		
Clasificación	CE (US/cm)	Concentración sal en gr/l	Alta	Media	Baja	
C3	Salinidad alta	750 - 2250	0,5 - 1,5	22JW-010a, 22JW-072, 22J-161, 22J-220	--	
C4	Salinidad muy alta	> 2 250	1,5 - 3,0	--	--	

Tal como se aprecia en dicho cuadro, en la cuenca del río Huaura no se tiene agua con salinidad muy alta, salvo en dos muestras, una de ellas tomada en la cuenca alta (la laguna Añilcocha y la Uchucchacua) y la otra en la cuenca media.

Con los datos de conductividad eléctrica tomados en las estaciones de muestreo (aguas y sedimentos), se ha confeccionado el mapa

de distribución de salinidad en el agua de la cuenca (figura 9.5), donde se puede apreciar que la salinidad media se distribuye mayormente en las partes altas de la cuenca; en tanto que hacia las zonas más bajas, la salinidad es baja; en la subcuenca del río Checras ocurren cuatro valores de salinidad alta así como en la Laguna Añilcocha.

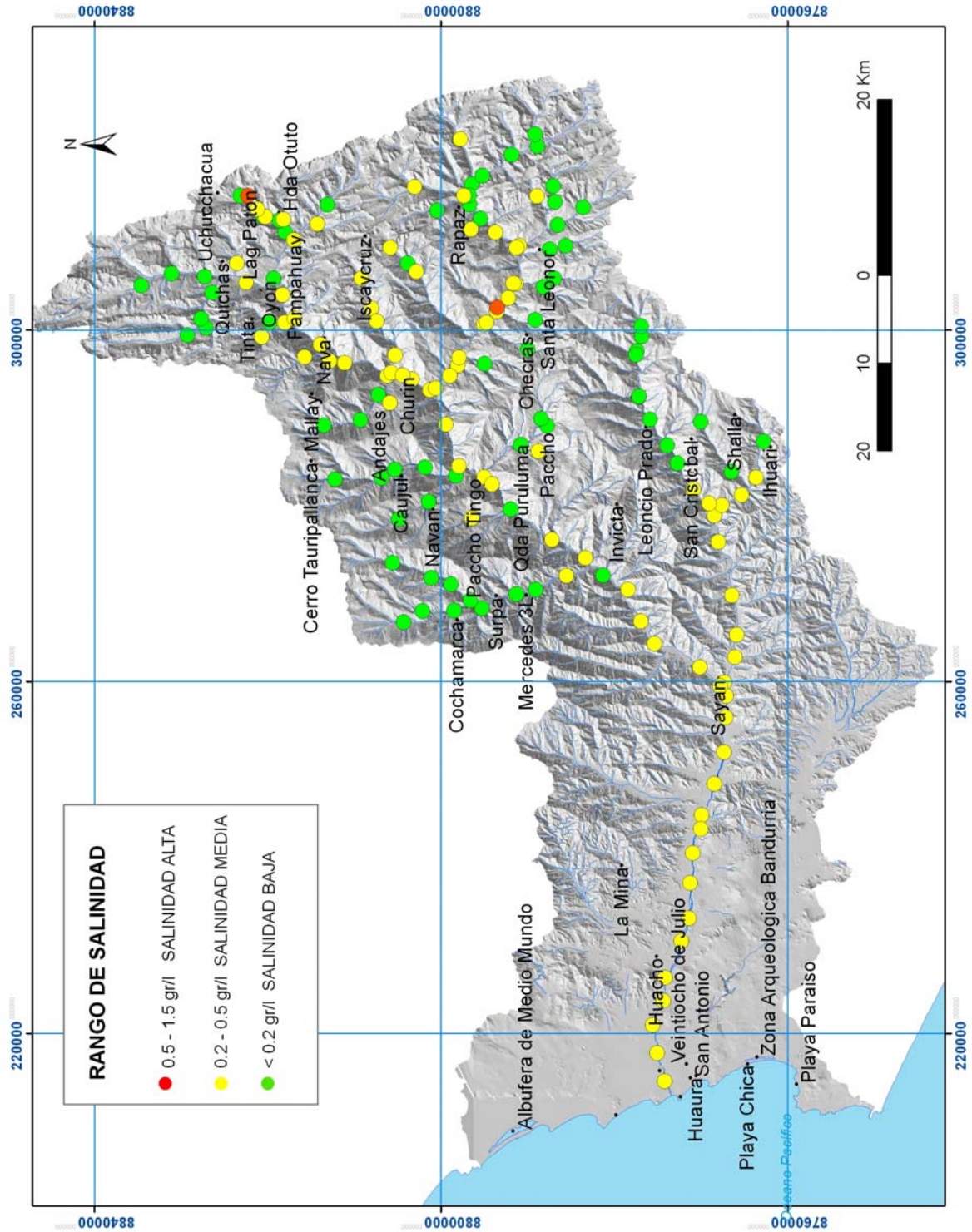


Figura 3.3 Distribución de salinidad en la cuenca del río Huaura.

**Peligro de salinidad v/s peligro de sodificación**

Cuenca Alta. De acuerdo a los resultados analíticos, el agua de la cuenca del río Huaura presenta un bajo peligro de sodificación (S1) y en consecuencia un bajo riesgo de perder su estructura (disminución de permeabilidad), con un peligro de salinidad de baja a media, excepto la muestra 22jw-010a, de la laguna Añilcocha (figuras 9.6a- 9.6b y foto 9.1), adyacente a la mina Uchucchacua. Cuenca Media. Al igual que la cuenca alta, esta agua presenta

bajo peligro de sodificación, con un peligro de salinidad de baja a media y con una muestra que se encuentra dentro del rango de alta salinidad (figura 9.7).

El agua con mayor salinidad es la 22j-072, con 1935 uS/cm, ubicada en la quebrada Cacula, sector Chiuchín.

Esta agua presenta alto contenido de sulfatos como respuesta a la oxidación de pirita existente en las lutitas pizarrosas.

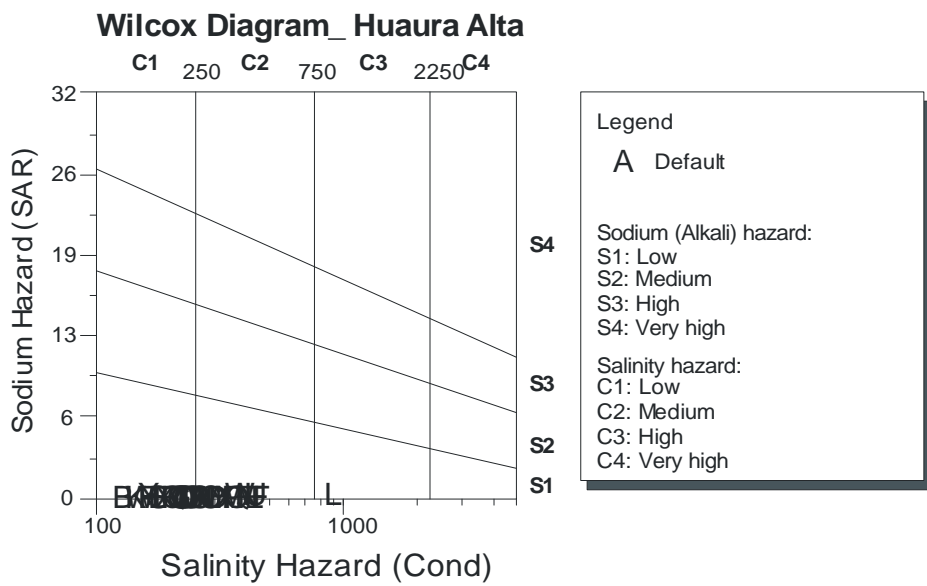


Figura 9.6a Diagrama Wilcox, agua de la cuenca alta.

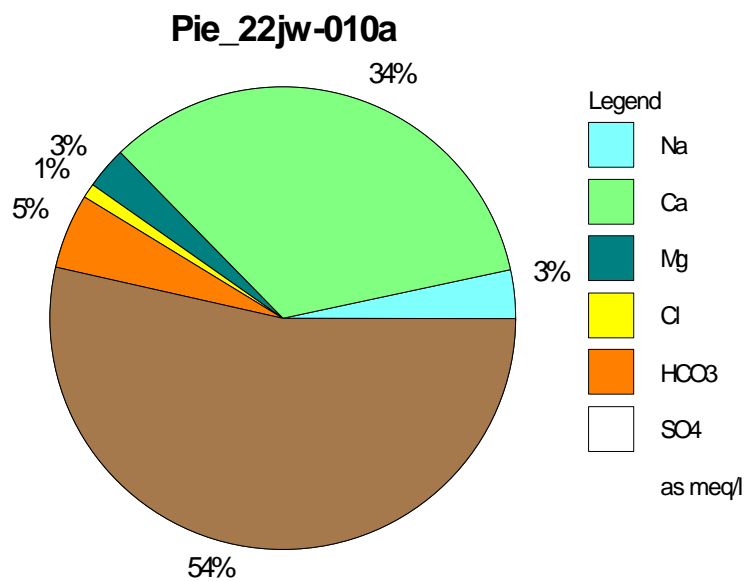


Figura 9.6b Diagrama de muestra de agua 22jw-010a, sulfatada cálcica.



Foto 9.1 Muestreo en laguna Añilcocha (22j-010a). Agua caracterizada como sulfatada cálcica. CE: 935uS/s, alta salinidad y 379ug/l sulfatos.

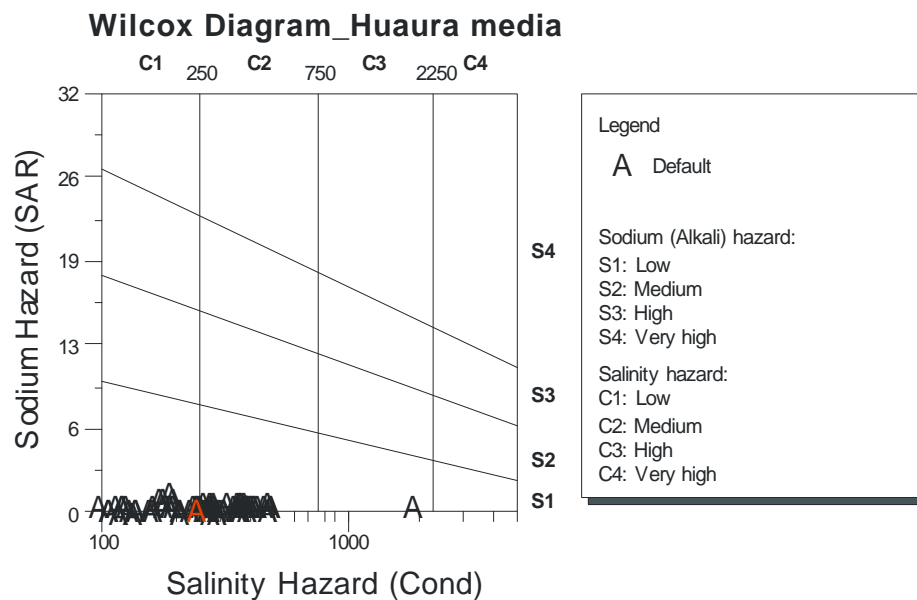


Figura. 9.7 Diagrama Wilcox, agua de la cuenca media.

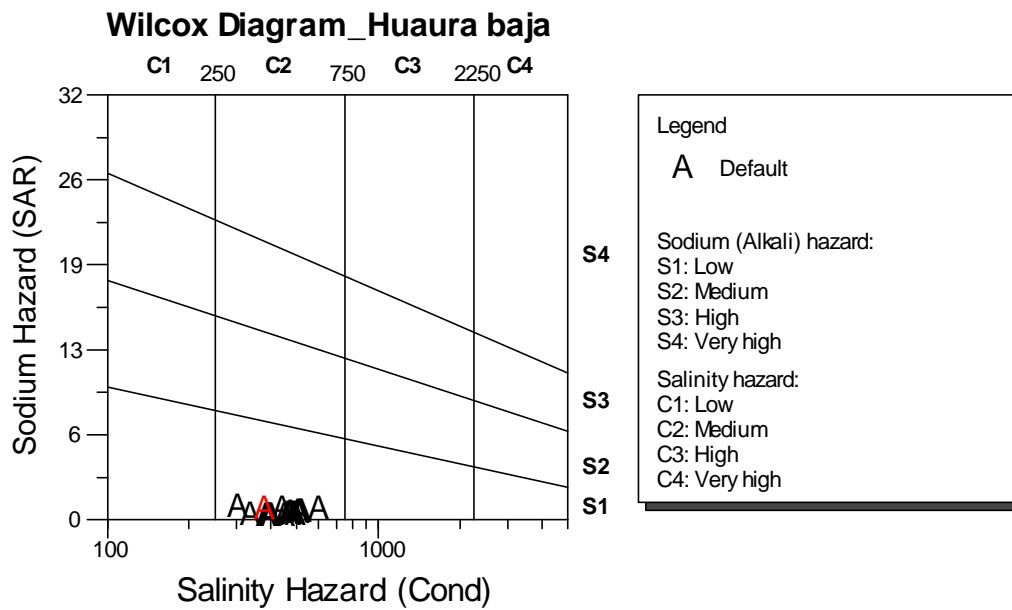


Figura. 9.8 Diagrama Wilcox, agua de la cuenca baja.

**Parámetros Físicoquímicos Determinados**

Se ha medido los siguientes parámetros fisicoquímicos en las aguas de la cuenca (foto 9.2): pH, temperatura, sólidos disueltos totales (TDS), cationes y aniones, cloruros, sulfatos, alcalinidad y conductividad eléctrica.

**pH.**

Es una medida de la intensidad ácida o alcalina de una muestra de agua.

La acidez del agua está relacionada a la capacidad para atacar los materiales geológicos (acelerando la meteorización de rocas) y está usualmente acompañada por un alto contenido de TDS (Langmuir D., 1997). Se expresa como la concentración en meq/gr de iones de hidrógeno o como la cantidad equivalente de carbonato de calcio requerida para neutralizar dicha acidez.

**Temperatura**

El control de este parámetro es también necesario toda vez que, al producirse descargas a alta temperatura, estas pueden ocasionar daño a la flora y fauna de las aguas receptoras.

**Sólidos Disueltos Totales (TDS)**

Es la cantidad total de sustancias orgánicas e inorgánicas dispersas en un volumen de agua, esta cantidad es directamente proporcional a la conductividad eléctrica.

**Cationes y aniones**

Para el presente estudio se ha tomado en cuenta el contenido de Cianuro WAD (Cianuro Disociable con Ácido Débil), el cual está normado por la Ley General de Aguas, en su modificación del año 2003 (Ministerio de Agricultura, 2003).

**Cloruros**

El ión cloruro es una sustancia altamente soluble y estable utilizada frecuentemente como indicador de contaminación antrópica en los estudios de evaluación ambiental.

El contenido elevado de cloruro en el agua interfiere en el desarrollo y crecimiento vegetal, también causa corrosión de tuberías y estructuras metálicas. Se sabe que las excretas humanas y de otros organismos superiores (orina) poseen concentraciones importantes de esta sustancia.



**Foto 9.2** Toma de parámetros pH, TDS, conductividad eléctrica y temperatura con el combo HANNA.

### Sulfatos

Se distribuyen ampliamente en la naturaleza. Pueden presentarse en agua corriente, desde unos pocos hasta varios miles de mg/l. El agua residual del drenado de minas de hierro u otras que contengan piritita puede aportar importantes cantidades de sulfato debido a la oxidación de esta. Las minas de carbón presentes en la cuenca también representan una importante fuente de aporte de estos iones.

### Alcalinidad

En la mayoría de los cuerpos de agua natural la alcalinidad se halla asociada al «sistema carbonato», esto es, a carbonatos, bicarbonatos y ácido carbónico presentes. Por esta razón la alcalinidad suele tomarse como un indicativo de la concentración de estas sustancias, sin que ello quiera decir que, para todos los casos, la alcalinidad se deba exclusivamente al sistema carbonato. Por ejemplo para el caso de agua subterránea relativamente antigua que discurren por estratos arenosos, la alcalinidad también se halla relacionada a los silicatos disueltos.

### Conductividad Eléctrica (CE)

Expresa la capacidad del agua para transportar la corriente eléctrica. Depende de la concentración total, de la movilidad, de la carga o valencia y de las concentraciones relativas de iones, así como de su

temperatura. La mayoría de soluciones acuosas de ácidos, bases y sales inorgánicas son relativamente «buenos conductores» de la corriente eléctrica. Cuanto mayor es la concentración de las sales disueltas, mayor es su conductividad eléctrica. La conductividad eléctrica se mide en Siemens/cm.

### Análisis por sectores en la cuenca

A continuación se presenta cada uno de los parámetros evaluados y se muestran los casos en los que el límite de calidad de agua (LCA) es eventualmente excedido de acuerdo a las normas mencionadas para cualquiera de los dos usos contemplados. En el mapa 9.4, se muestra la calidad química de agua de la cuenca del río Huaura para junio-julio 2007.

### Cuenca alta

De las cuatro estaciones consideradas como agua para uso doméstico, en ninguna de ellas se sobrepasan los límites de calidad de agua establecidos por las normas peruana y canadiense. Por otro lado, con respecto a las de uso agropecuario, cuatro parámetros superan los límites mencionados, estos son pH, arsénico, manganeso y zinc.

### pH

En la figura 9.9 se presenta un mapa de pH de la cuenca del río Huaura, cuya distribución está básicamente influenciada por las rocas carbonatadas presentes en la cuenca alta. Allí casi toda el agua está dentro de los límites permitidos por la norma peruana (5 a 9). En el caso del agua para uso doméstico, estas se encuentran dentro de dicho rango (figura 9.10).

En lo que se refiere al agua para uso agropecuario, en dos estaciones se han detectado pH elevado (figura 9.11), caso de las muestras 22jw-003 (pH = 9.16), ubicado en la quebrada Mancacuta, Punco, y la 22jw-013 (pH = 9.11), en la quebrada Jachacancha, en el sector Otujo, ambos en el cuadrángulo de Oyón. Esta alcalinidad se debería a la meteorización de rocas carbonatadas presente en la zona de influencia.

### Sólidos Disueltos Totales (TDS)

Este parámetro no está normado por la ley peruana, pero sí lo está por normas de otros países como la de Canadá. En ningún caso se ha llegado a superar dichas normas (figura 9.12).



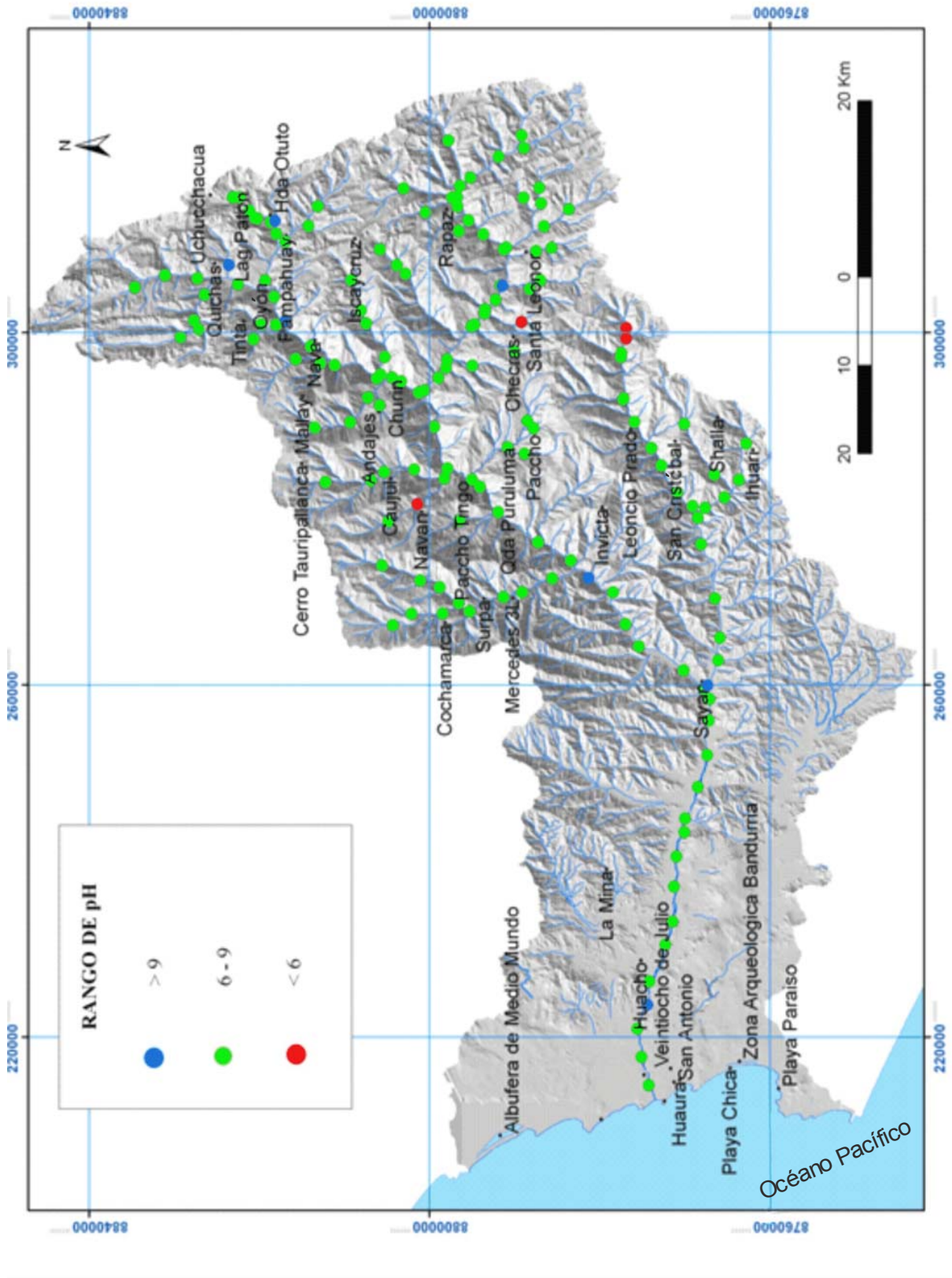


Figura 9.9 Mapa de distribución de pH de la cuenca del río Huaura

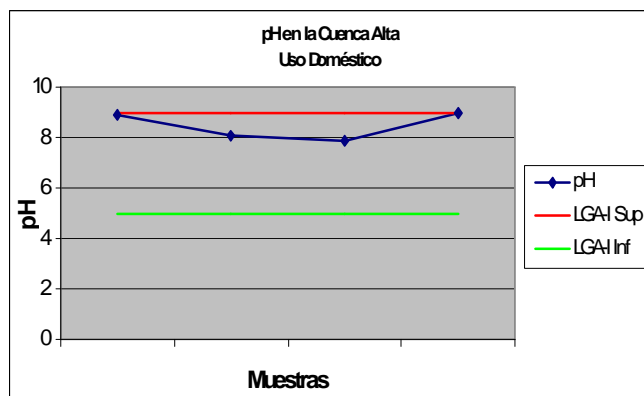


Figura 9.10 pH en agua para uso doméstico-cuenca alta.

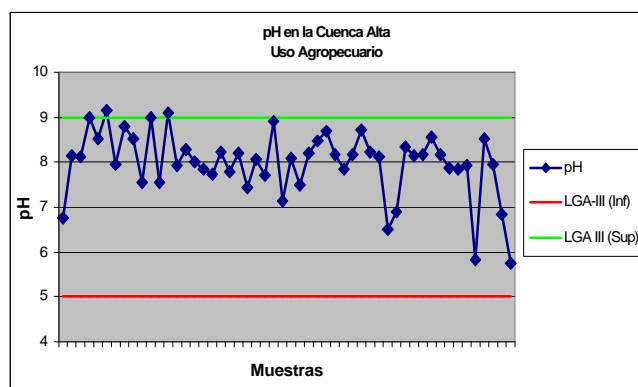


Figura 9.11 pH en agua para uso agropecuario-cuenca alta.

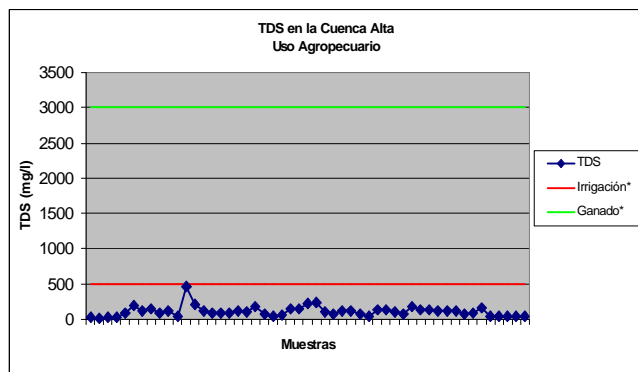


Figura 9.12 TDS en agua para uso doméstico-cuenca alta.

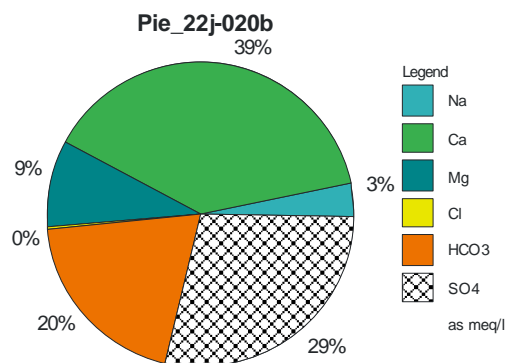


Figura 9.13 Caracterización de agua de muestra 22jw-020b, como sulfatada bicarbonatada cálcica.

### Arsénico (As)

El agua considerada para uso doméstico no supera el límite establecido por OMS (10 ug/l) y está totalmente apta para tal uso.

El agua considerada para uso agropecuario no supera la norma peruana, sin embargo, respecto a la normativa internacional, una muestra (22jw-020b, foto 9.3) supera la norma canadiense para ganado (25 ug/l), con 41 ug/l. Dicha muestra fue tomada a la salida de la galería de evacuación de agua de mina Uchucchacua.

En la figura 9.13 se aprecia que el agua de la mencionada estación está caracterizada como sulfatada-bicarbonatada cálcica.

### Cadmio (Cd)

Tanto el agua para uso doméstico (figura 9.14) como la de uso agropecuario (figura 9.15) muestran valores mínimos, sin llegar a superar siquiera la norma OMS (3ug/l), la más estricta para este parámetro.

### Cromo (Cr)

De las normas utilizadas en este trabajo, la más estricta es la canadiense (irrigación), con un límite máximo de 8 ug/l. Ninguna de las muestras excede dicho límite, tal como se aprecia en las figuras 9.16, 9.17 y 9.18.

### Cobre (Cu)

El máximo valor de cobre en esta parte de la cuenca es de 14 ug/l, cifra notablemente inferior a las normas utilizadas en el presente trabajo (figuras 9.19 y 9.20).

### Manganeso (Mn)

Este parámetro no está normado en el Perú. Los valores de Mn en el agua llegan a un máximo de 8 ug/l, cuando el límite fijado por la OMS es de 400 ug/l para aguas de uso doméstico (figura 9.21).

De la totalidad del agua considerada para uso agropecuario (figura 9.22), se tienen dos muestras que superan la norma de irrigación canadiense (200ug/l): la 22jw-020b (500 ug/l) y 22jw-020 (912 ug/l); estas muestras corresponden a las nacientes de la quebrada Patón (aguas debajo de la laguna del mismo nombre).

En la figura 9.23 se observa la caracterización de la muestra con mayor contenido de manganeso, propia de una fuente con sulfuros en rocas carbonatadas, las cuales reducen químicamente los óxidos de hierro y manganeso.



Foto 9.3 Desagüe mina Uchuchacua, sector Patón, estación 22jw-020b, sulfatos: 111ug/l, 41ug/l de As, 61ug/l de Sb y 163 ug/l de Zn.

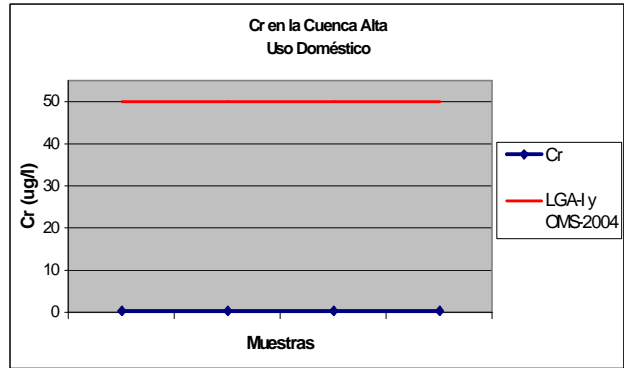


Figura 9.16 Cromo en agua para uso doméstico-cuenca alta.

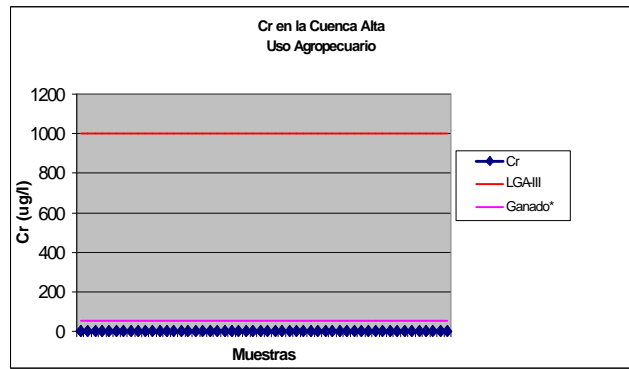


Figura 9.17 Cromo en agua para uso agropecuario-cuenca alta.

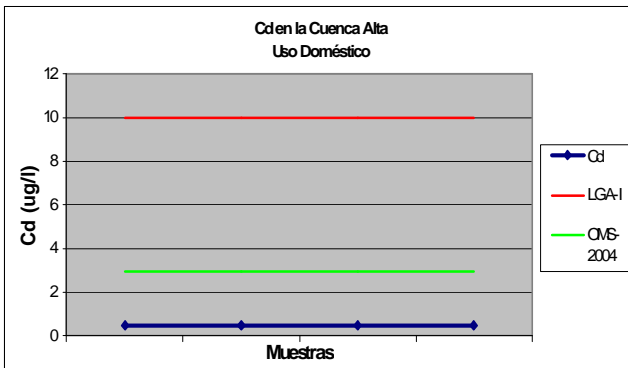


Figura 9.14 Cadmio en agua para uso doméstico.

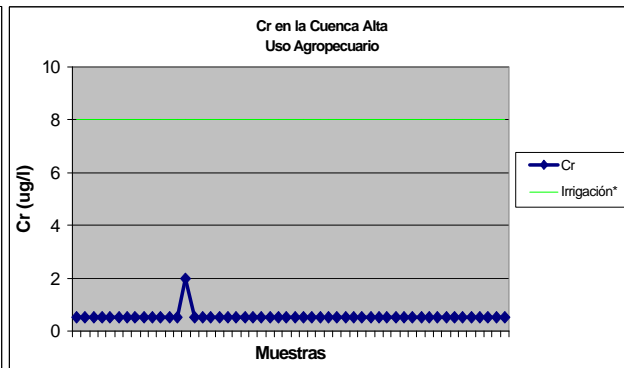


Figura 9.18 Cromo en agua para uso agropecuario-cuenca alta.

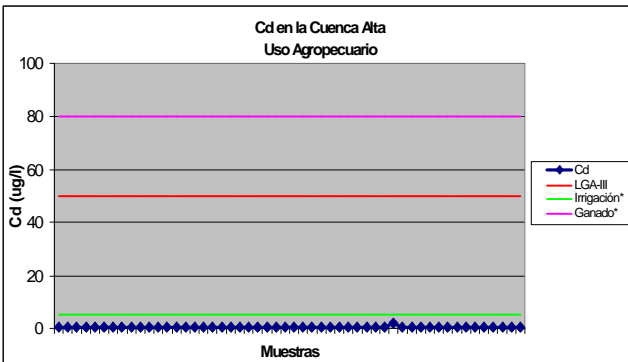


Figura 9.15 Cadmio en agua para uso agropecuario-cuenca alta.

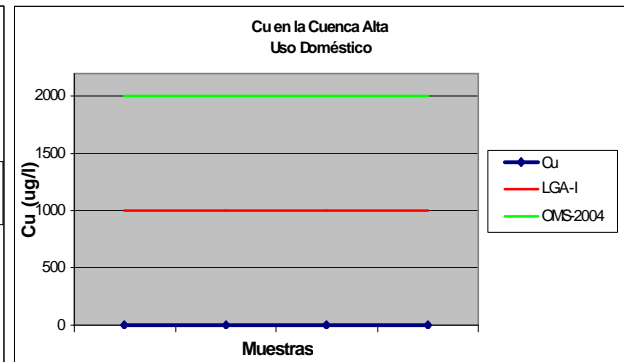


Figura 9.19 Cobre en agua para uso doméstico-cuenca alta.

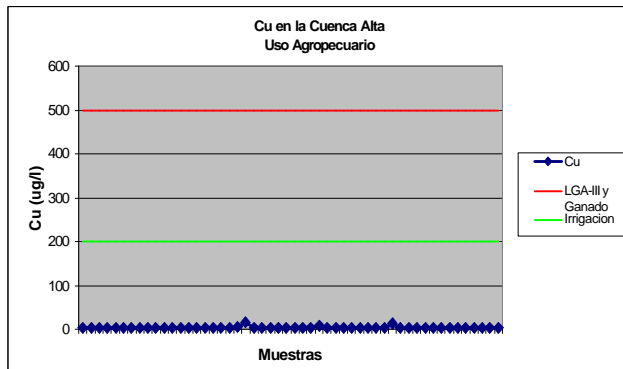


Figura 9.20 Cobre en agua para uso agropecuario-cuenca alta.

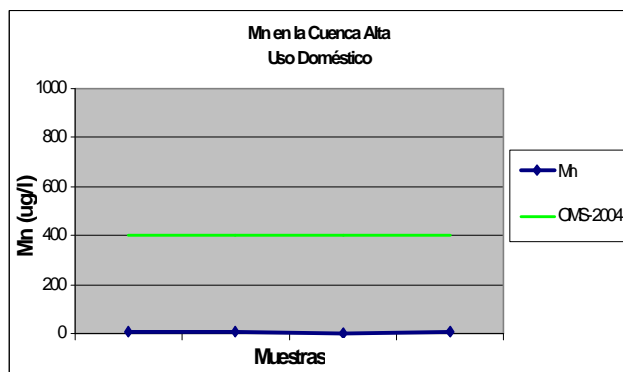


Figura 9.21 Manganeso en aguas para uso doméstico-cuenca alta.

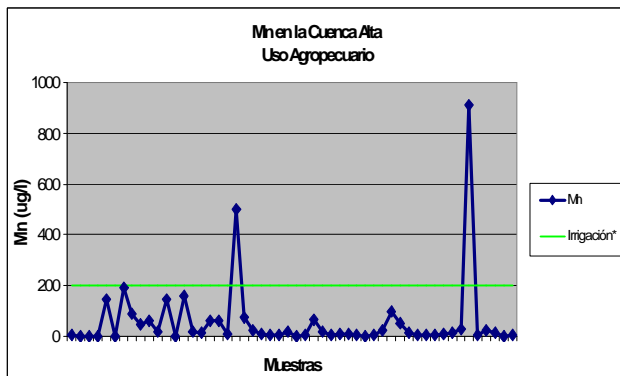


Figura 9.22 Manganeso en agua para uso agropecuario-cuenca alta.

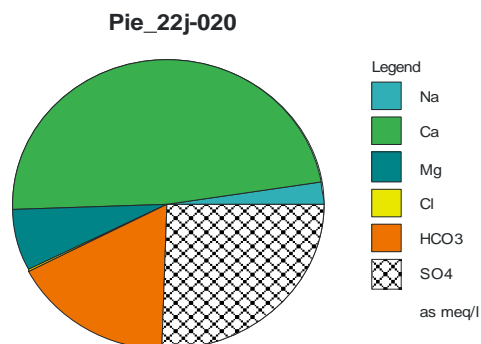


Figura 9.23 Diagrama en pastel de muestra de agua sulfatada-bicarbonatada cálcica, quebrada Patón. Esta muestra tiene además 210ug/l de As y 912ug/l de Mn.

### Níquel (Ni)

Ninguna de las muestras supera el límite máximo normado para este parámetro, tanto para uso doméstico como agropecuario.

### Plomo (Pb)

Ninguna de las muestras exceden los límites máximos establecidos por las normas utilizadas, entre las cuales la más estricta es la de OMS (10 ug/l, uso doméstico).

### Zinc (Zn)

Para agua de uso doméstico, tanto la norma peruana como la de OMS, establecen 5000 ug/l como límite de calidad de agua, el cual difícilmente será superado por los resultados analíticos.

Para aguas de uso pecuario ninguna de las muestras supera los 25000 ug/l, en tanto que para las de uso agrícola (figura 9.24), se tiene una muestra que supera la norma canadiense (1000 ug/l), la 22jw-087 (1479 ug/l, figura 9.25) que corresponde a la quebrada Suclo, en la localidad del mismo nombre, por donde pasa el concentrado de la mina Iscaycruz.

### Mercurio (Hg)

Los valores de mercurio en el agua de este sector resultan inferiores al límite de detección (1 ug/l), por lo que no llegan a superar los límites normados, tanto nacionales como internacionales para ambos usos.

### Cianuro Wad (CN)

La normatividad para agua de uso doméstico, tanto la peruana como la OMS, no se ve superada, ya que los niveles mostrados no superan el límite de detección (5 ug/l).

En lo que respecta al agua de uso agropecuario, solamente se tiene la norma peruana, debido a que la canadiense no establece límites para este parámetro. El máximo valor que se tiene es de 13 ug/l, notablemente inferior a lo normado por la Ley General de Aguas (100 ug/l, figura 9.26).

### Cuenca Media

Del agua caracterizada para uso doméstico, se tiene que tres parámetros superan los límites de calidad, como es el caso del arsénico, el plomo y el manganeso. En lo referente al agua para uso agropecuario, los parámetros pH, TDS y manganeso son los que exceden los límites aceptables.

### pH

El agua sindicada para uso doméstico (figura 9.27) está dentro del rango permisible.

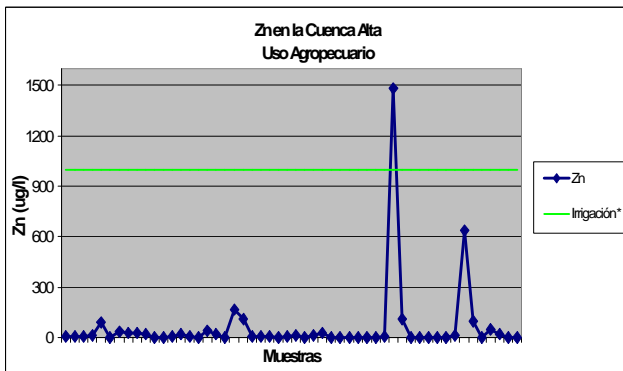


Figura 9.24 Zinc en agua para uso agrícola-cuenca alta.

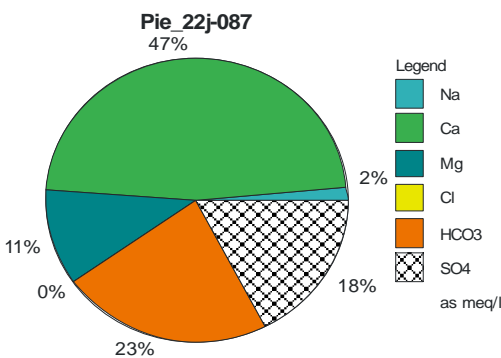


Figura 9.25 Quebrada Sucllo, Sucllo, donde se reporta alto contenido de Zn (1479ug/l).

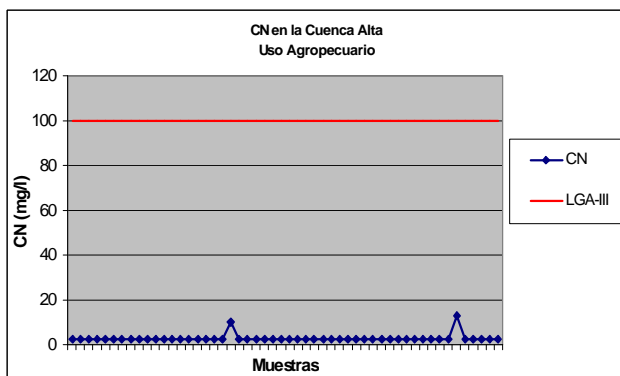


Figura 9.26 Cianuro WAD en agua para uso agropecuario-cuenca alta.

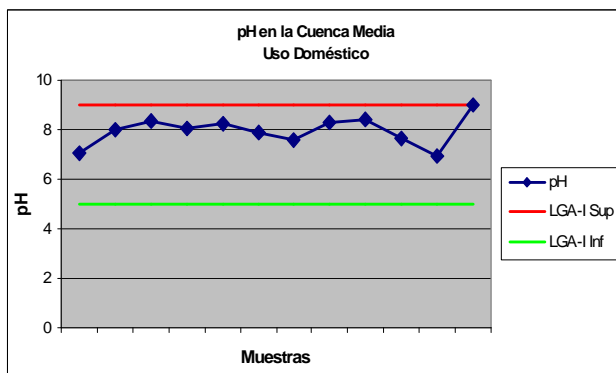


Figura 9.27 pH en agua para uso doméstico-cuenca media.

Para el caso del agua de uso agropecuario (figura 9.28), se tienen tres muestras fuera de los límites normados: una ácida, caso de la muestra 22jw-083 (pH = 4.61), que corresponde a la quebrada Jausha (figura 9.29), localidad de Jashan, y dos alcalinas, superando apenas el límite superior (9), tal como ocurre con las muestras 23iw-008 (9.03), ubicadas en río Huaura, Huamboya Grande, y 22jw-074 (9.02), ubicada en la quebrada Mayobamba, Chiuchín. En la estación de Jausha se aprecian, entre otros, rodados de lutitas carbonosas que presentan pirita diseminada; además, los resultados analíticos arrojan 616 ug/l de Zn, el máximo valor de este elemento en toda la cuenca. En lo que respecta a las muestras alcalinas, esto se debe a la presencia de rocas carbonatadas que han sido meteorizadas y disueltas.

### Sólidos Disueltos Totales (TDS)

Respecto al agua para uso agropecuario (figura 9.30), casi todas las muestras están por debajo del límite máximo normado por la ley canadiense para irrigación (la más estricta), excepto en la estación 22jw-072 (969 ug/l), la cual se ubica en la quebrada Cacaulla, sector Chiuchín, esta presenta escasa escorrentía y pirita en los rodados de lutita pizarrosa. Este TDS alto resulta de la meteorización de carbonatos (figura 9.31).

### Arsénico (As)

Del agua considerada para uso doméstico (figura 9.32), se tiene una muestra (22j-051) que supera el límite de OMS (10 ug/l) con 15 ug/l; la misma se ubica en el río Huaura, Churín, donde existe fuerte contaminación antrópica (figura 9.33).

Respecto al agua para uso agropecuario (figura 9.34), una muestra excede ligeramente el límite de la norma canadiense para ganado (25 ug/l) con 29 ug/l (22jw-030), la que corresponde a la qda. Cunuc, del sector Mallay (figura 9.35).

### Cadmio (Cd)

Ninguna de las muestras de agua supera los límites de las normas utilizadas ni siquiera la de irrigación, cuyo límite máximo es de 3 ug/l.

### Cromo (Cr)

El cromo en el agua de este sector alcanza niveles por debajo del límite de detección (1 ug/l), sin que una sola muestra supere el mismo.

### Cobre (Cu)

Los valores de cobre están muy por debajo de lo normado, tanto en el Perú como en el extranjero.

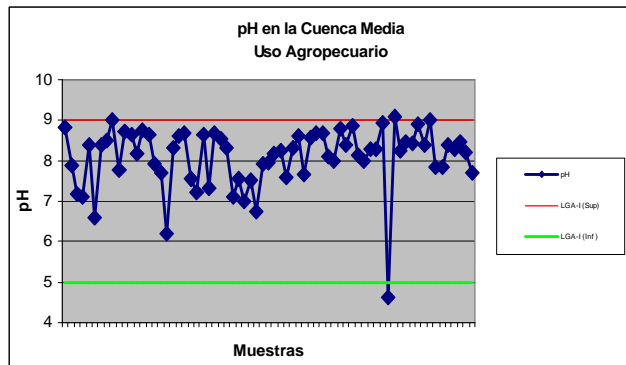


Figura 9.28 pH en agua para uso agropecuario-cuenca media.

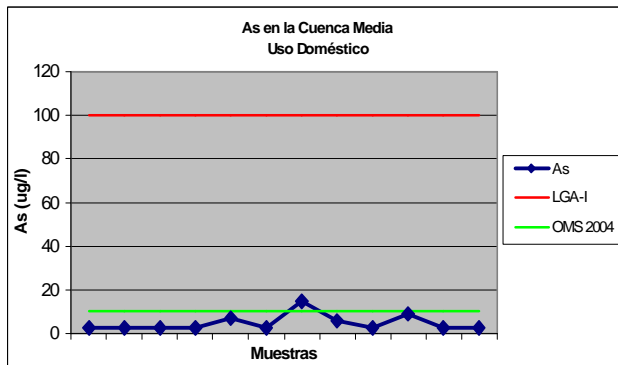


Figura 9.32 Arsénico en agua para uso doméstico-cuenca media.

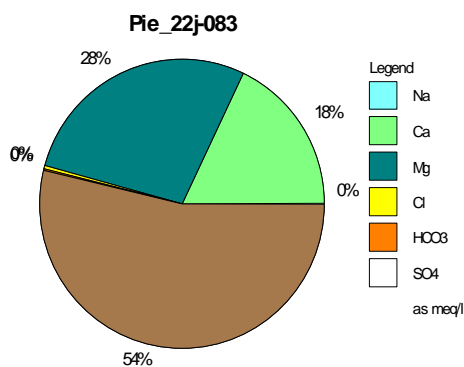


Figura 9.29 Muestra 22j-083, caracterizada como sulfatada magnésica cálcica, por disolución de dolomitas y sulfuros.

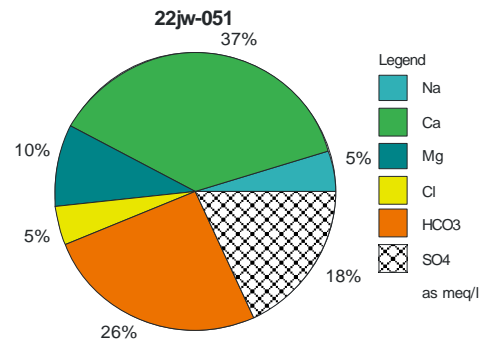


Figura 9.33 Muestra de agua bicarbonatada sulfatada cálcica, por disolución de rocas carbonatadas.

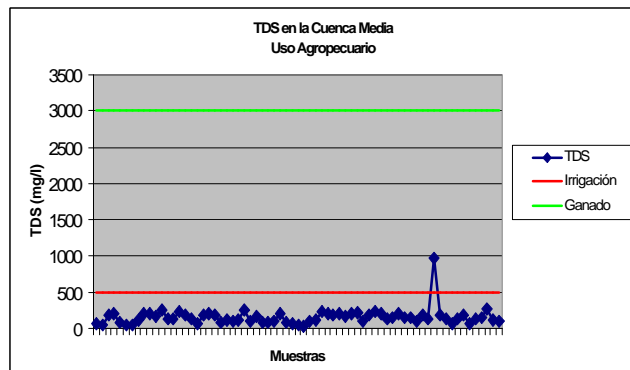


Figura 9.30 TDS en agua para uso agropecuario-cuenca media.

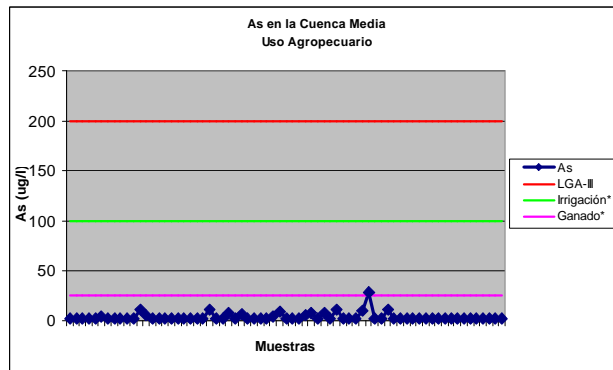


Figura 9.34 Arsénico en agua para uso agropecuario-cuenca media.

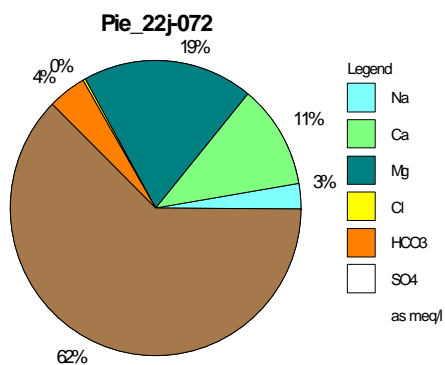


Figura 9.31 Muestra de agua caracterizada como sulfatada magnésica-cálcica como resultado de alteración de sulfuros y rocas dolomíticas.

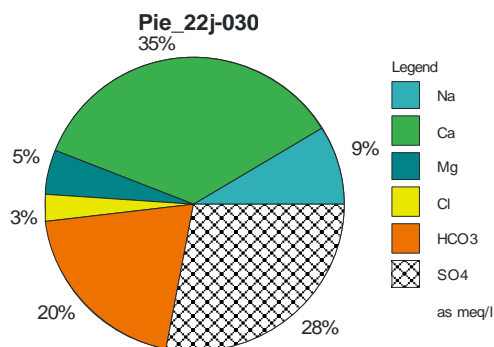


Figura 9.35 Agua sulfatada bicarbonatada cálcica en sector Mallay, como resultado de meteorización de rocas carbonatadas y sulfuros.

**Manganeso (Mn)**

En cuanto al agua para uso doméstico (figura 9.36), no hay un límite de calidad de aguas normado en Perú, pero sí por la OMS (400 ug/l), la cual es excedida en la estación 22jw-042a (573 ug/l), ubicada en la quebrada Chichque, aguas arriba del poblado de Tinta (figura 9.37). Es una manifestación de agua termal, la cual también tiene alto contenido de hierro.

En lo que se refiere al agua para uso agropecuario (figura 9.38) tampoco está normada en el Perú. Se cuenta con la norma canadiense para irrigación, la cual establece un límite máximo de 200 ug/l. Dos muestras superan la mencionada norma: la 22jw-083 (3185 ug/l, figura 9.39) y la 22jw-090 (926 ug/l, figura 9.40), dichas estaciones están ubicadas en qda. Jausha, sector Jashán, y en qda. Shapeco, sector Maray, respectivamente. La primera de las mencionadas presenta alta acidez (pH = 4.61) por oxidación de pirita, allí se observa fuerte precipitación de óxidos de hierro y manganeso. La muestra 22jw-090, ubicada unos 4 km aguas abajo de la anterior refleja la disolución del manganeso que ocurre en la qda. Jausha.

**Níquel (Ni)**

Los niveles de níquel en el agua de este sector de la cuenca no llegan a superar ninguna de las normas utilizadas para uso doméstico y agropecuario.

**Plomo (Pb)**

En lo que respecta al agua para uso doméstico (figura 9.41), en dos estaciones se llega a superar la norma OMS (10ug/l), la 22jw-051 (11ug/l) y 22jw-008 (20ug/l), las cuales se ubican en el río Huaura, Churín (figura 9.42) y río Pucayacu (figura 9.43), respectivamente. En la primera de las mencionadas se evidencia la contaminación antrópica por cierto contenido del ión cloruro. Ambas han sido caracterizadas como bicarbonatadas cálcicas magnésicas.

El agua para uso agropecuario presenta niveles bajos, llegando a un máximo de 10 ug/l, con lo que muestran buena condición para dicho uso.

**Zinc (Zn)**

Del análisis de muestras de agua superficial de la cuenca media, se observa que en ninguno de los casos se superan los límites normados para el zinc para aguas de uso doméstico y pecuario.

Comparando los valores de zinc con la norma de irrigación (figura 9.44), la cual es la más estricta de las utilizadas, estos tampoco exceden la misma, llegan a un máximo de 616 ug/l en la estación 22jw-083.

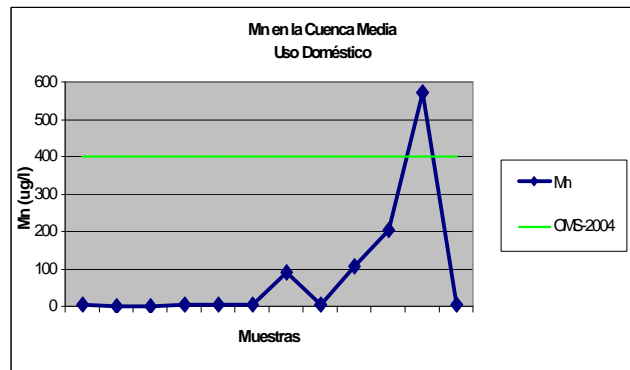


Figura 9.36 Manganeso en agua para uso doméstico-cuenca media.

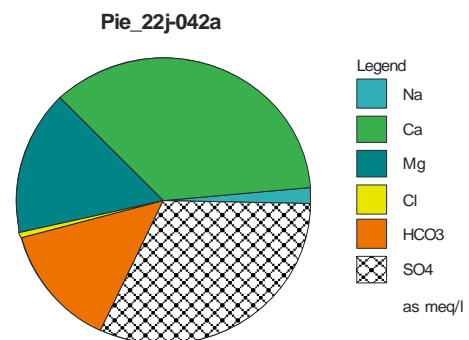


Figura 9.37 Muestra de quebrada Chichque, Pucamina, (573ug/lMn), caracterizada como sulfatada-bicarbonatada cálcica magnésica.

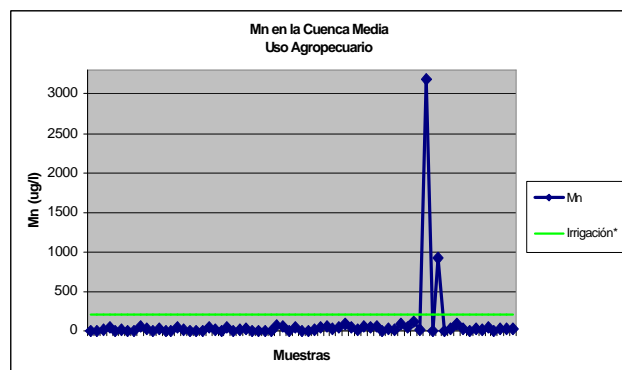


Figura 9.38 Manganeso en agua para uso agropecuario-cuenca media.

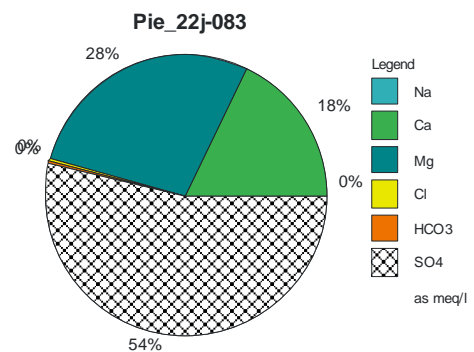


Figura 9.39 Agua sulfatada magnésica cálcica qda. Jausha, Jashán.

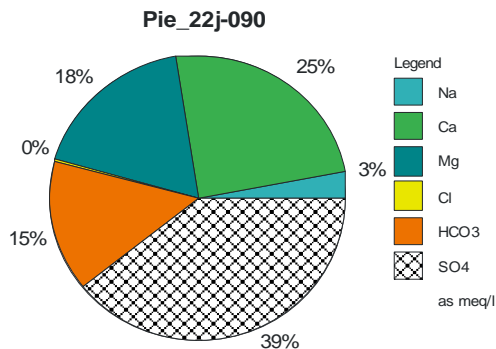


Figura 9.40 Agua sulfatada bicarbonatada magnésica cálcica.

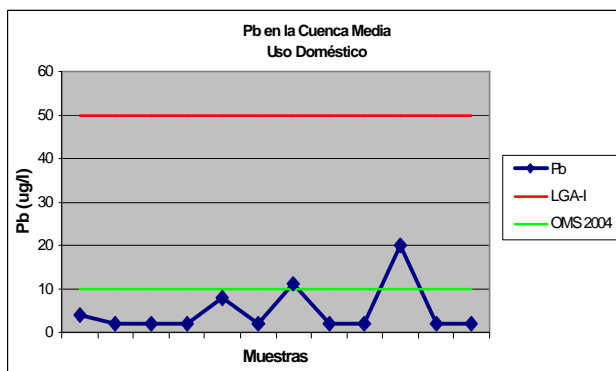


Figura 9.41 Plomo en agua para uso doméstico-cuenca media.

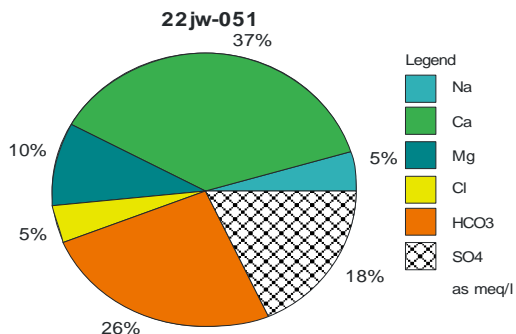


Figura 9.42 Muestra de río Huaura, Churín, con contaminación antropica.

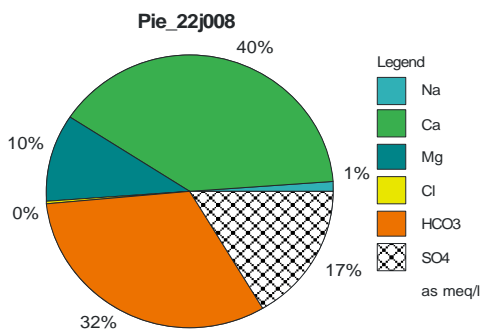


Figura 9.43 Muestra de agua indicando meteorización de rocas carbonatadas.

### Mercurio (Hg)

La totalidad de las muestras de agua no llegan siquiera a superar el límite de detección (1 ug/l), el cual a su vez es el límite normado por la OMS, siendo el más estricto tanto para uso doméstico como agropecuario.

### Cianuro Wad (CN)

Este parámetro tampoco excede las normas utilizadas tanto para uso doméstico como agropecuario.

### Cuenca Baja

Salvo el pH, ningún otro parámetro supera las normas establecidas para los usos doméstico y agropecuario.

### pH en cuenca baja

El agua considerada para uso doméstico (figura 9.45) se encuentra dentro de los límites normados por la OMS.

En cuanto al agua para uso agropecuario (figura 9.46), en dos estaciones se llega a superar el límite máximo (9), la 23hw-004 (9.19) y la 23iw-027 (9.63), las cuales corresponden al río Huaura, sector Vilcahuara (figura 9.47), y al río Chico, sector Corral de Piedra (figura 9.48), respectivamente; en estas estaciones se denota contaminación antropica.

### TDS

No hay normas para uso doméstico, pero sí para uso agropecuario (normas canadienses), las cuales no llegan a ser superadas en ninguna estación.

### Arsénico (As)

En lo que respecta al arsénico, ninguna muestra de agua supera los límites de calidad de las normas utilizadas

### Cadmio (Cd)

Este parámetro tampoco excede las normas establecidas para ambos usos.

### Cromo (Cr)

Ni siquiera la norma más drástica (Irrigación -Canadá), de 8ug/l, llega a ser superada, por lo tanto el agua resulta apta por este parámetro.

### Cobre (Cu)

Los valores de este parámetro son bastante bajos, sin llegar a superar ninguna de las normas establecidas

### Manganeso (Mn)

Ninguna de las muestras llega a superar los límites de calidad para ninguno de los usos (figuras 9.49 y 9.50), aunque cabe resaltar que dicho parámetro presenta los valores relativamente mayores hacia el sector más bajo de la cuenca.



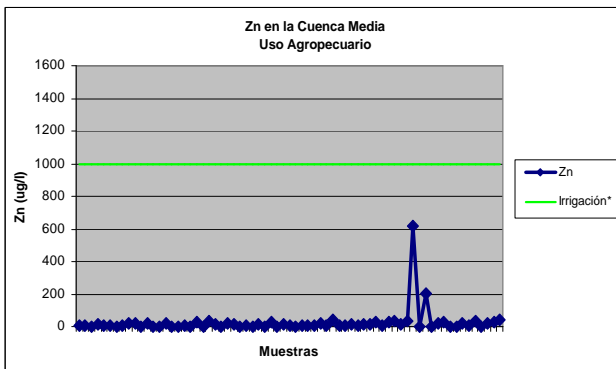


Figura 9.44 Zinc en agua para uso agrícola-cuenca media.

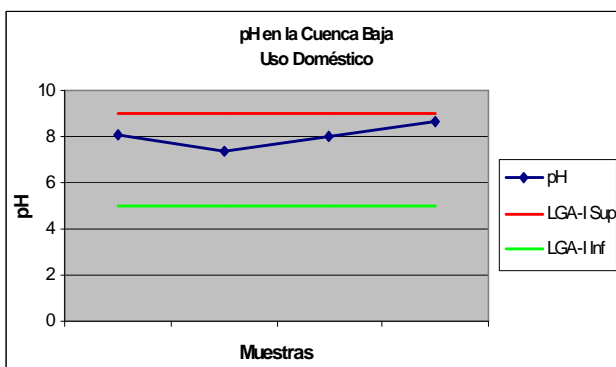


Figura 9.45 pH en aguas para uso doméstico-cuenca baja.

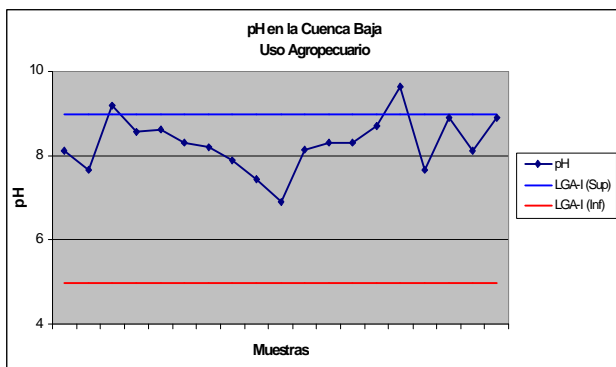


Figura 9.46 pH en agua para uso agropecuario-cuenca baja.

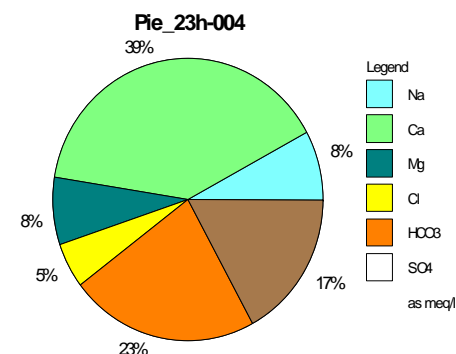


Figura 9.47 Muestra de agua del río Huaura, con cierta contaminación antrópica.

### Niquel (Ni)

Para ambos usos, los límites de calidad de agua no se ven excedidos y ni siquiera son mayores a 2 ug/l en toda la cuenca.

### Plomo (Pb)

Para el sector bajo de la cuenca, el agua es apta para todo consumo con respecto al parámetro plomo.

### Zinc (Zn)

Con los valores obtenidos en el presente estudio para el zinc, no se supera en ningún caso los límites de las normas.

### Mercurio (Hg)

Ninguna de las muestras de agua supera el límite de detección (1 ug/l) y tampoco llegan a superar ninguna de las normas establecidas.

### Cianuro WAD (CN)

Este parámetro tampoco supera los límites de calidad de agua establecidos por la norma peruana.

## EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA

Sabiendo que los niveles de abundancia de los distintos elementos químicos dependen del carácter geológico de las fuentes de aporte, los sedimentos recolectados han sido agrupados en cuatro ambientes geológicos regionales, dependiendo de material litológico predominante en cada estación. Dichos ambientes están diferenciados tanto por su carácter litológico como temporal (cuadro 9.2).

### Elementos traza evaluados en sedimentos

En los mapas 12 y 13 se muestran la calidad de sedimentos en la cuenca del río Huaura. Estos sedimentos fueron recolectados en 158 localidades de la cuenca, entre junio y julio de 2007. Los elementos evaluados son arsénico, cadmio, cobalto, cromo, cobre, mercurio, molibdeno, níquel, plomo, talio y zinc. Dado que el pH de las aguas es mayormente neutro a alcalino, los valores de referencia utilizados son los que corresponden a aguas de dicha naturaleza, según la normatividad de la Junta de Andalucía.

#### a) Arsénico

En vista que los niveles que determinan la calidad de sedimentos resultan muy bajos, más del 50% de las muestras superan los mismos (figura 9.51), de las cuales la mayoría sobrepasa el nivel de intervención (50 ppm). Tres muestras exceden los 1000 ppm y se ubican en quebrada Cacanya (22j-030), río Pampahuay (22j-029) y Quiches (22j-035).

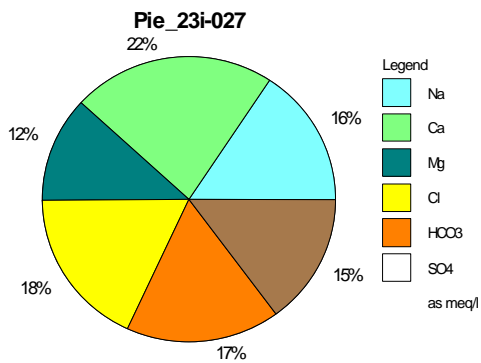


Figura 9.48 Muestra de río Chico, con evidente contaminación antropica y un 18% del ión cloruro

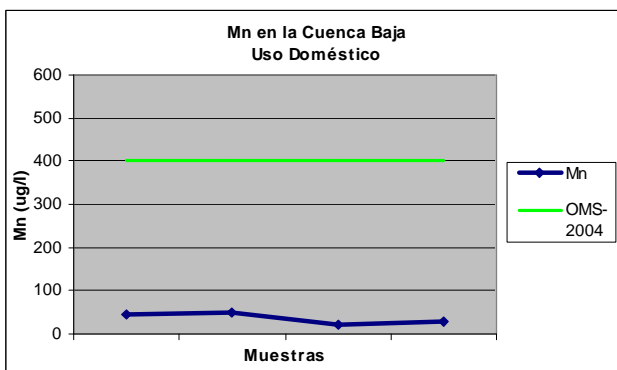


Figura 9.49 Mn en agua para uso doméstico-cuenca baja.

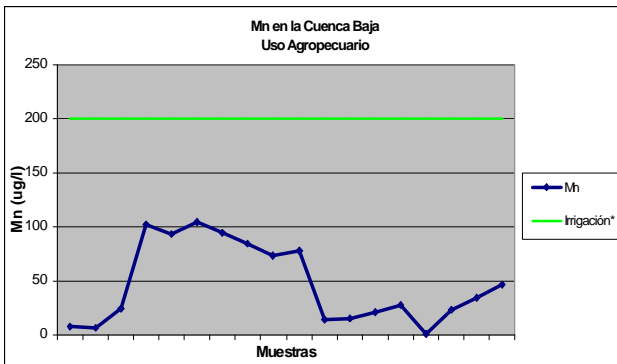


Figura 9.50 Mn en agua para uso agropecuario-cuenca baja.

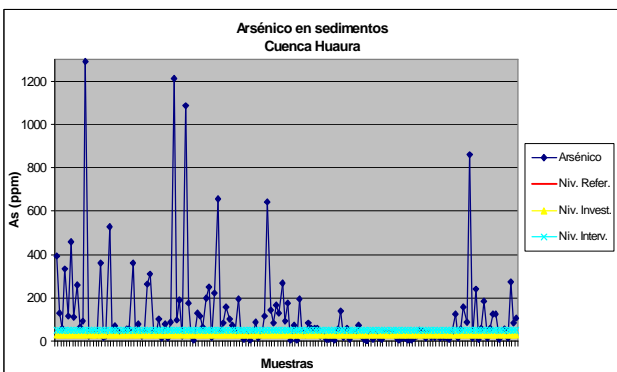


Figura 9.51 Dispersión de arsénico en sedimentos.

**b) Cadmio**

Tres muestras superan el nivel de intervención (10 ppm), las cuales corresponden a quebrada Cacanya (22j-030), quebrada Oguerume (22j-012), aguas abajo de Anamaray y la quebrada Turumanya (muestra 22j-135), antes de confluir al río Checras, por la margen derecha (figura 9.52).

**c) Cobalto**

Solamente una muestra supera los niveles de referencia e investigación (figura 9.53), está ubicada en la quebrada Oguerume (22j-012), aguas abajo del prospecto minero Anamaray, que también tiene altos valores en As, Zn, Cd, Pb y Tl.

**d) Cromo**

Solamente una muestra supera el nivel de referencia, alcanza el nivel superior de investigación recomendable (250 ppm), tal como se observa en la figura 9.54. Esta muestra corresponde a un afluente del río Chico (23i-053), la misma que tiene altos valores de níquel y mercurio.

**e) Cobre**

Se tienen siete muestras que superan el nivel de intervención (500 ppm), las cuales se ubican en la quebrada Parag (22i-002 y 22i-087), aguas abajo del prospecto minero Parag; la quebrada Copa (22j-086), cabeceras de Andajes; entre otras (figura 9.55).

**f) Mercurio**

Una muestra supera largamente el nivel de intervención (10 ppm), la cual está ubicada en la quebrada Huitonga (22j-050), cabeceras del río Pachangara, la cual también excede dicho límite en arsénico (figura 9.56).

**g) Molibdeno**

Solamente una muestra se halla en el rango de investigación obligatoria con 67 ppm, la que corresponde a la quebrada Parag (22i-002), esta supera los niveles de intervención en cobre y arsénico (figura 9.57).

**h) Níquel**

Tres muestras se ubican en el rango de investigación obligatoria (entre 100 y 300 ppm), las mismas se ubican en las quebradas Oguerume (22j-012), Cutacancha (22j-051), aguas arriba del poblado de Tinta, y la quebrada Pumani (23i-053), afluente de río Chico, la misma que tiene altos valores de mercurio y cromo (figura 9.58).

**Cuadro 9.2**  
**Unidades geológicas regionales**  
**cuenca del río Huaura**

Población	Ambiente Geológico	Unidades Geológicas	Muestras
1,00	Sedimentarios silico-clásticos y carbonatados del Jurásico y Cretáceo Inferior	Formaciones Chicama, Chimú, Santa, Carhuaz, Farrat.	101,00
2,00	Sedimentarios carbonatados del Cretáceo Superior.	Formaciones Pariahuanca, Chúlec, Pariatambo, Jumasha.	24,00
3,00	Volcánicos del Paleógeno y Neógeno	Gpo. Calipuy	147,00
4,00	Intrusivos del Cretáceo Superior, Paleógeno y Neógeno	Batolito de la Costa	116,00

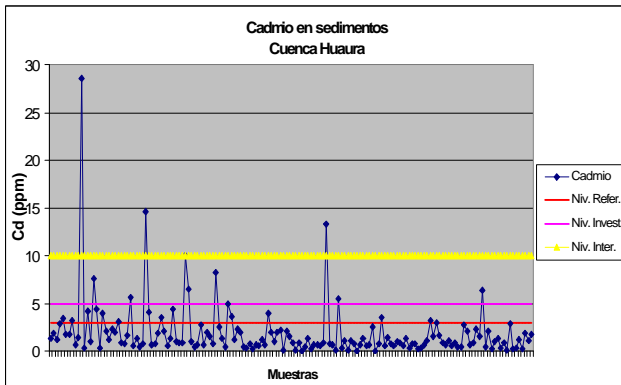


Figura 9.52 Dispersión de cadmio en sedimentos.

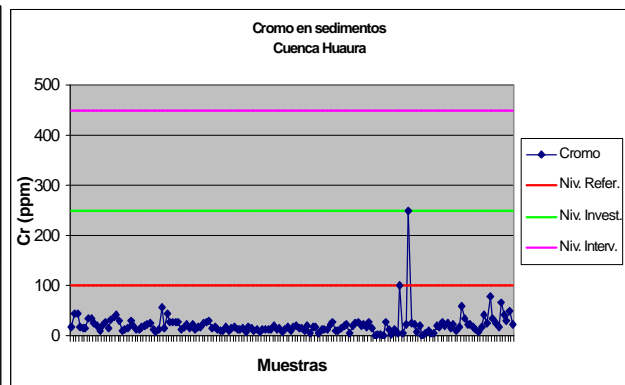


Figura 9.54 Dispersión de cromo en sedimentos.

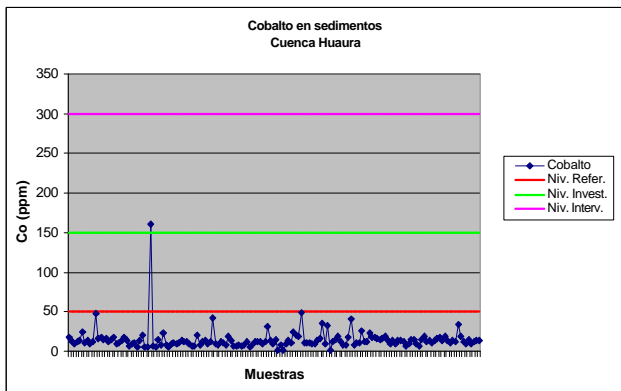


Figura 9.53 Dispersión de cobalto en sedimentos.

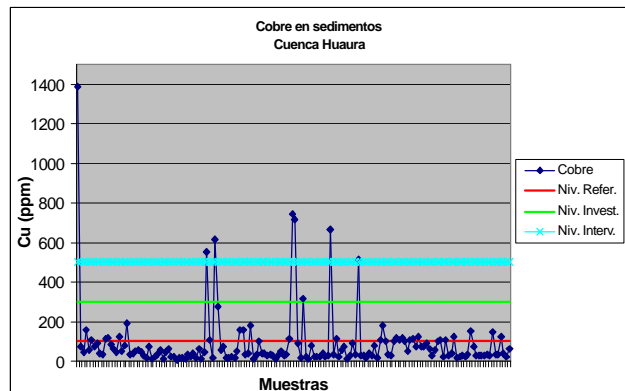


Figura 9.55 Dispersión de cobre en sedimentos.

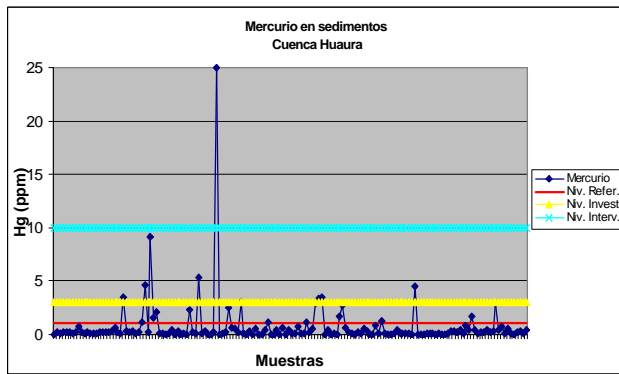


Figura 9.56 Dispersión de mercurio en sedimentos.

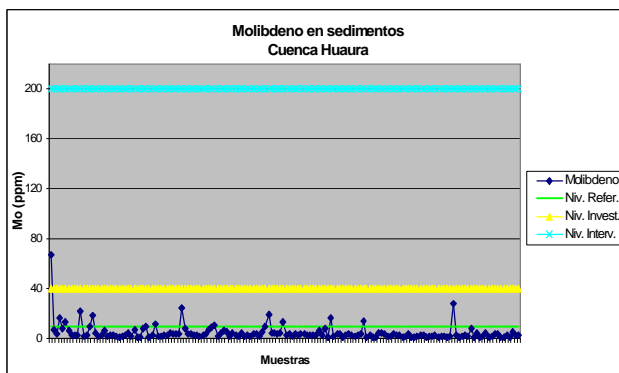


Figura 9.57 Dispersión de molibdeno en sedimentos.

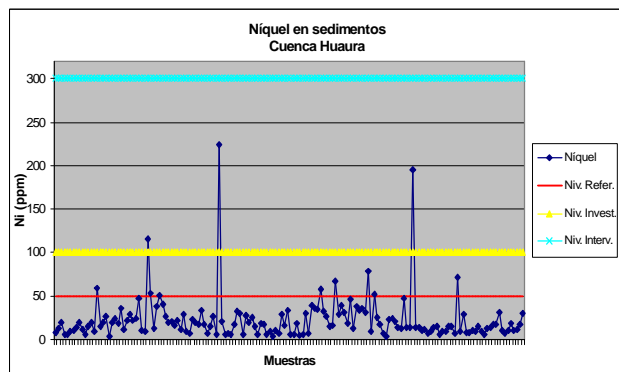


Figura 9.58 Dispersión de níquel en sedimentos.

**i) Plomo**

Ocho muestras superan el nivel de intervención (500 ppm). Las cuatro mayores son quebrada San Guillermo (23i-077), con 1294ppm; afluente de la quebrada Lloclla (22j-035), por la margen derecha; río Quichas, 2 km al norte de Oyón; quebrada Lloclla (23i-086), contigua a la primera de las mencionadas; quebrada Cutacancha (22j-051), aguas arriba del poblado de Tinta, donde también hay altos valores en arsénico, níquel y molibdeno (figura 9.59).

**g) Talio**

El nivel de intervención (5 ppm) se ve superado por una muestra (22j-012), ubicada en la quebrada Oguerume, aguas abajo del prospecto Anamaray, donde también muestra altos valores de cadmio, zinc, arsénico, plomo, y níquel (figura 9.60).

**g) Zinc**

Once muestras exceden el nivel de intervención (1000 ppm), llegando una de ellas a superar el límite superior de detección (1% = 10 000 ppm), como es el caso de la quebrada Yarahuayno (22j-144 y 22j-166), del sector Iscaycruz; también destaca la quebrada Oguerume (22j-012), del sector Anamaray, y la quebrada Patón (22j-014 y 22j-006A), del sector Uchucchacua (figura 9.61).

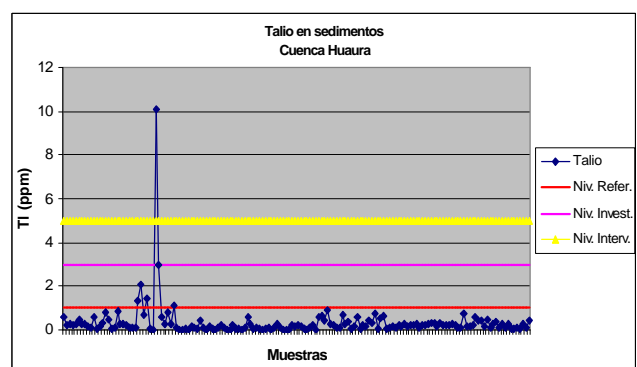


Figura 9.60 Dispersión de talio en sedimentos.

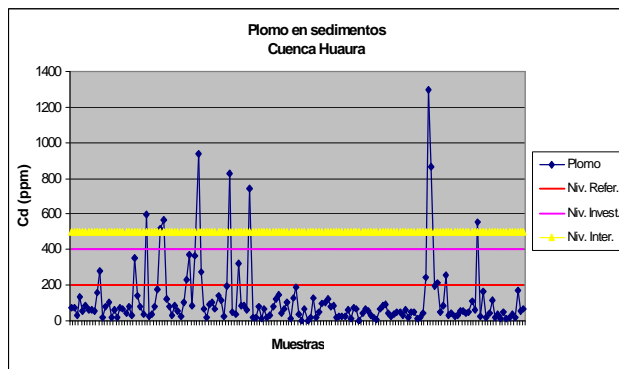


Figura 9.59 Dispersión de plomo en sedimentos.

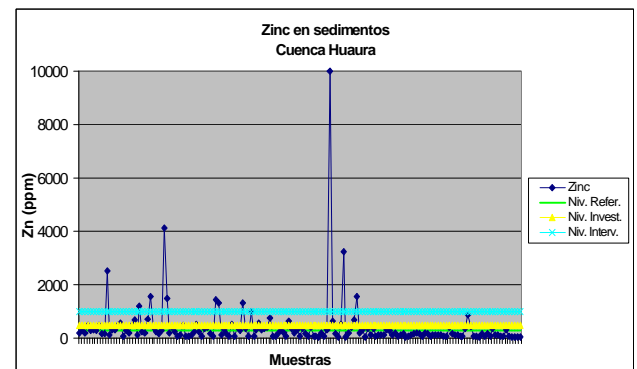


Figura 9.61 Dispersión de zinc en sedimentos.



# CAPÍTULO X

## INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN EL MEDIO AMBIENTE

Las actividades antrópicas influyen directamente en el estado ambiental de un territorio, lo que puede evidenciarse en sus efectos sobre la morfología, cobertura vegetal, ecosistemas, calidad de agua y en la presencia de pasivos ambientales.

Un pasivo ambiental se puede considerar como una deuda de restauración, mitigación o compensación por un daño ambiental o impacto no mitigado (BERTONA, 2002). También se considera como el conjunto de los daños ambientales —en términos de contaminación del agua, del suelo, del aire, del deterioro de los recursos y de los ecosistemas— producidos por una empresa, durante su funcionamiento ordinario o por accidentes imprevistos, a lo largo de su historia.

La identificación de las potenciales fuentes de contaminación es el primer paso para mejorar las condiciones ambientales de un territorio y al mismo tiempo para establecer planes de descontaminación en áreas impactadas.

Con el propósito de identificar los principales focos de contaminación en la cuenca del río Huaura, durante los trabajos de campo, se realizó un inventario de ellos. En el anexo 16 se presenta el resultado de dicho inventario. Asimismo, a partir del muestreo sistemático de aguas y sedimentos se han identificado los principales vertimientos de contaminantes en el sistema hidrográfico de la cuenca.

En este capítulo, se describirán los principales efectos derivados de actividades antrópicas como la minería, agricultura, ganadería y actividades urbanas.

### EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD MINERA

Las potenciales fuentes de contaminación asociadas a actividades mineras son las presas de relaves, botaderos de desmontes, instalaciones mineras abandonadas, socavones, tajos abiertos, etc. Los riesgos de los pasivos ambientales mineros para la población —y el medio ambiente en general— radican en la toxicidad de las sustancias contenidas en estos. Como consecuencia de la actividad minera se puede citar el arrastre de polvo, el derrumbe de presas de relave, desmontes o botaderos,

el colapso de tanques y el derrame de sustancias tóxicas, o el drenaje de aguas ácidas de labores, socavones abiertos o desprotegidos y presas de relave (fotos 10.1 a 10.3).

Según monitoreos ambientales de la DGAAM realizados en 1998, las zonas de mayor impacto por efluentes mineros estarían relacionadas a la mina inactiva Santa Rita (la cual registró en 1997 tenores significativos de arsénico, hierro y manganeso) y a varias minas antiguas de carbón (que reportaron en 1997 niveles significativos de hierro en solución).

Durante los trabajos de campo del presente estudio se ha podido apreciar algunos efluentes relacionados a la mina Izcaycruz que deberían ser mejor controlados, considerando que Izcaycruz cuenta con un estudio de impacto ambiental aprobado en el 2002. Este es el caso de la planta de filtrado de zinc de dicha mina, ubicada en Lacsaura (Checras), que podría estar causando impactos sobre su entorno geográfico.

Otra mina que cuenta con un PAMA aprobado es Ucchucchacua. Cabe recordar que un PAMA, obliga a la empresa que administra una unidad minera a realizar esfuerzos e invertir dinero en trabajos de gestión ambiental para evitar impactos al paisaje, aire, suelo, etc. Para el caso de Ucchucchacua, estos trabajos en la actualidad se encuentran en curso, lo que se ha podido corroborar con el muestreo de aguas en las nacientes de la quebrada Patón, aguas debajo de la descarga del canal que bordea la laguna del mismo nombre (foto 10.4).

Es importante tener en cuenta que el grado de contaminación es mayor cuanto más compleja sea la mineralogía involucrada a los yacimientos, cuanto más fisuradas y antiguas sean las labores subterráneas y cuanto más variados sean los ciclos climáticos respecto a mayor o menor flujo de agua. Asimismo, el pH de las soluciones en contacto con los minerales juega un rol fundamental en definir las características contaminantes. Los primeros tipos de reacción corresponden a procesos naturales de generación de drenaje ácido en mina y acumulaciones de desmonte o pilas de relave antiguos, caso observado en la mina inactiva Santa Rita (foto 10.5).



Foto 10.1 Vista del relave observado en una ladera del cerro Sugarargra (Oyón).



Foto 10.2 Vista del relave en el sector Mezapata (Oyón).



Foto 10.3 Vista del relave observado en la carretera Churín-Cochamarca a la altura de San Juan de Yaurucaya (Cochamarca, Oyón).



**Foto 10.4** Estación de descarga en las nacientes de la quebrada Patón, aguas abajo de la descarga del canal que bordea la laguna del mismo nombre.



**Foto 10.5** Una de las 21 canchas de relave de la mina abandonada Santa Rita. Obsérvese el drenaje ácido de mina liberado.



## EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA

Las actividades agrícolas que se desarrollan en la cuenca han causado efectos en el suelo y en los ecosistemas. Dichos efectos están relacionados a inadecuados sistemas de riego, abonos y pesticidas usados indiscriminadamente, deforestación (para ganar tierras de cultivo) y sobrepastoreo.

En la cuenca alta, la ampliación de terrenos destinados a la agricultura ha dado como resultado un alto grado de deforestación de bosques con alto valor de diversidad biológica y potencial de recursos maderables debido a la quema y talado de toda la cobertura vegetal. Dicha deforestación ha acelerado en muchos casos la actividad de movimientos en masa como deslizamientos, derrumbes y flujos.

La agricultura desarrollada en la cuenca baja genera el uso de insumos agrícolas, lo cual elevaría los niveles de concentración de biocidas y fertilizantes, que pueden afectar tanto a los usuarios del agua como al suelo y a las especies hidrobiológicas de la zona. Asimismo, la siembra de maíz y de arroz ha producido problemas de salinización en los suelos.

### Deforestación

En la cuenca alta del río Huaura, la deforestación ha sido ocasionada por la alta demanda de madera para construcción de viviendas, corrales de animales, uso doméstico y minero. Una consecuencia de la deforestación son los problemas de erosión de suelos, que al no presentar una cobertura vegetal son arrastrados por las lluvias

a través de surcos y cárcavas. Según INRENA (1996), en la parte alta de la cuenca, el índice de erosión de suelos es de alrededor de 60%. Tal erosión puede ser predecesora a grandes movimientos en masa de tipo flujos y deslizamientos (figura 10.1).

### Sedimentación

La sedimentación tiene un efecto negativo sobre los cuerpos de agua. Al igual que el aire, el agua se contamina por las partículas de suelo y otras sustancias que las escorrentías arrastran a los cuerpos de agua. Esto provoca un aumento en el potencial de deposición de sedimentos en cuerpos de agua y en la posibilidad de inundaciones.

Estudios han demostrado que la turbidez en el agua, causada por la sedimentación, limita la luz solar que reciben los corales y puede provocar enfermedades y hasta la muerte de los mismos (Gonzales, 2007).

### Quema de Cobertura Vegetal

La quema de árboles para ganar terrenos agrícolas (foto 10.6) es otro problema generado a causa de las actividades agrícolas. El humo producido por la quema de pastos causa contaminación del aire, que a su vez agrava las enfermedades de las vías respiratorias de la población. Además, después de un evento de fuego en pastos, las pendientes de las montañas quedan desprovistas de vegetación y expuestas a la lluvia, aumentando los efectos de la erosión y el arrastre de las partículas del suelo hacia quebradas, ríos y finalmente el mar (Gonzales, 2007).



**Foto 10.6** Vista de la quema de pastos a la altura de Choques (Huaura).

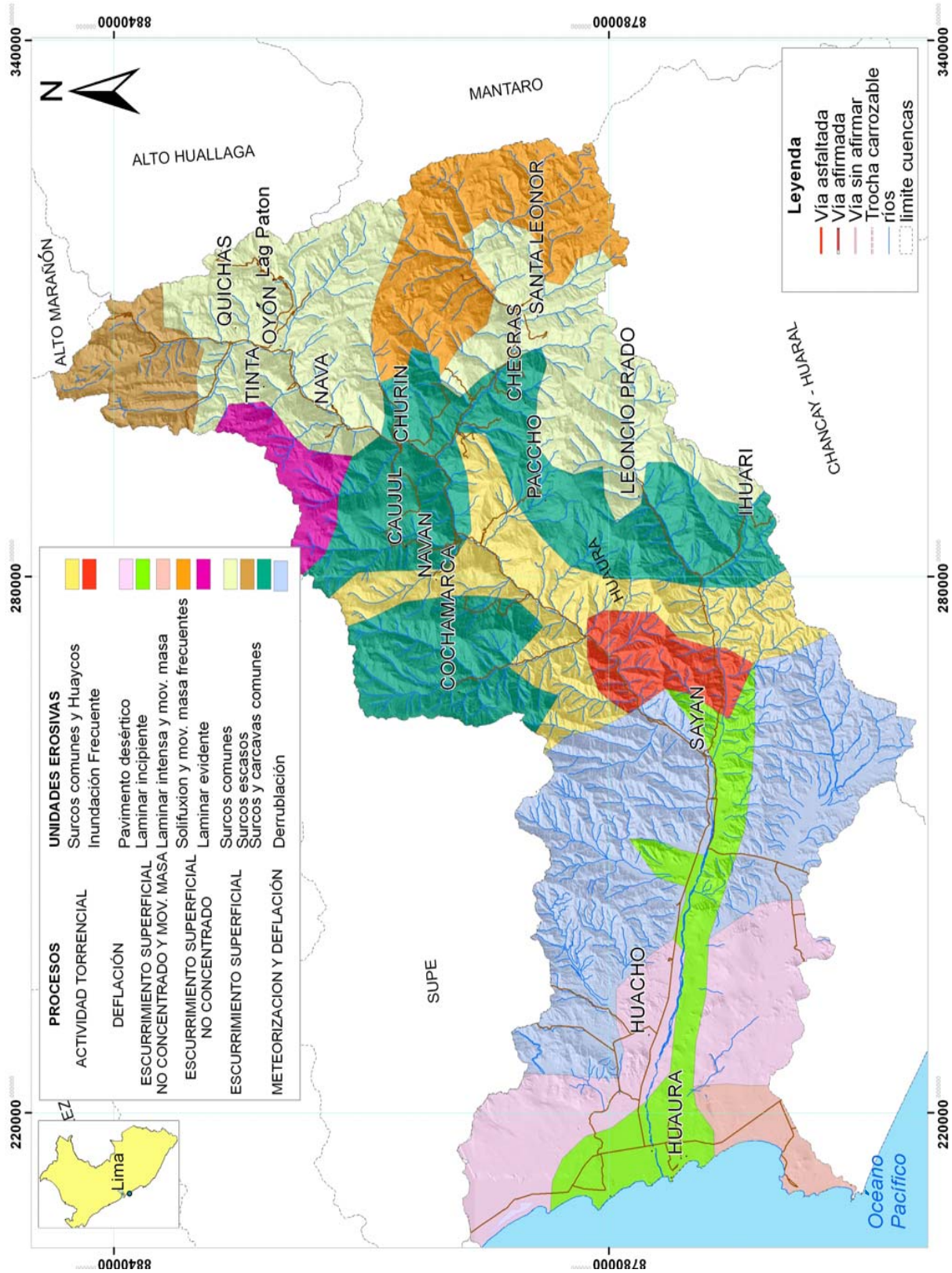


Figura 10.1 Procesos erosivos de suelos en la cuenca (INRENA, 1996).



**Foto 10.7** Muestra de un herbicida considerado como ligeramente tóxico, el cual es utilizado en los sembríos de caña de azúcar, en la cuenca baja del río Huaura, sector Andahuasi (Sayán).

Siendo el recurso suelo el sustento de la actividad agropecuaria en la cuenca, es importante mencionar que un 40% de los suelos agrícolas de la región Lima (que enmarca a la cuenca) están afectados por procesos de salinización, mal drenaje, crecidas anuales de los ríos y erosión y remoción en masa (capítulo VII). Se suman a estos problemas la falta de obras de protección y remediación que no permite controlar la pérdida de importantes superficies de tierras agrícolas (INRENA, 1996).



**Foto 10.8** Aguas termales de Huanchahuasi, margen izquierda del río Checras, en la localidad del mismo nombre.



**Foto 10.9** De derecha a izquierda: confluencia de las quebradas Yuracyacu y Cochaquillo. La última, muestra precipitados de hidróxidos de hierro en el material del cauce correspondiente a pirita diseminada de las areniscas cuarzosas de la formación Farrat y a flujos de agua subterránea en la margen izquierda de dicha quebrada.

### ***Drenaje de Aguas Residuales***

En la parte baja y media de la cuenca, el constante uso de herbicidas y pesticidas que contienen iones metálicos, conlleva a eventuales impactos negativos sobre el ecosistema como se observó en la localidad de Andahuasi, cerca a la irrigación Santa Rosa (foto 10.7).

### **EFFECTOS DE LAS ACTIVIDADES URBANAS E INDUSTRIALES**

El riesgo de contaminación debido a actividades urbanas e industriales es muy grande si no se toman las medidas de protección y prevención adecuadas. Las actividades urbanas e industriales consideradas como capaces de producir contaminación en la cuenca son:

- Recreación (centros turísticos, etc)
- Industria (refinerías, refrigeración, fabricación de acero, etc.)
- Construcción de infraestructura vial
- Disposición de residuos sólidos (industriales hospitalarios, domésticos, etc.)
- Disposición de aguas residuales (efluentes domésticos, industriales, agricultura, etc.)

### ***Consecuencias de las Actividades de Recreación***

En la cuenca del río Huaura, las actividades recreativas, específicamente las asociadas a los centros balneológicos de Churín, Viroc, Chiuchín y Huancahuasi (foto 10.8) donde se explotan aguas termomedicinales constituyen un importante aporte de iones metálicos disueltos como hierro y manganeso (DGAA,

1998). Cabe resaltar que en este caso, esta es una fuente natural de contaminación, dado que el material contaminante proviene directamente de afloramientos rocosos que, al contactar con las aguas de escorrentía superficial, aportan iones metálicos a las mismas. En ese sentido, es pertinente mencionar que cada unidad litológica se diferencia por su contenido geoquímico, de manera que algunos tipos de roca aportarán más iones metálicos que otros, dependiendo también del ambiente geoquímico gobernante (foto 10.9).

### ***Consecuencias de las Actividades Industriales***

En la cuenca del río Huaura, el sector industrial se circunscribe a la parte baja, destacan la fabricación de azúcar, sal, bebidas y pulpa de madera (capítulo II). Este tipo de industrias, al utilizar metales como materia prima, produce la liberación de algunos iones metálicos como subproductos, los cuales son arrojados a los cursos de agua, produciendo la contaminación de los mismos.

### ***Consecuencias de la Construcción de Infraestructura Vial***

La construcción de redes viales abarca todo tipo de carreteras y caminos públicos dentro y fuera de zonas edificadas, los cuales están destinados al transporte de pasajeros y mercancías. Según la finalidad, el volumen de tráfico, las condiciones morfológicas naturales del terreno que debe atravesarse, condiciones climáticas e hidrográficas, tipo de suelo y vegetación, se debe planificar la construcción de las vías. Es importante, además, considerar que toda infraestructura vial requiere un mantenimiento permanente y adecuado al servicio que prestan (ESTRUCPLAN, 2007).



**Foto 10.10** Sector de la carretera Sayán-Churín, donde constantemente se producen derrumbes en tiempos de lluvias.

En la cuenca del río Huaura, el desarrollo de la infraestructura vial sin un debido planeamiento y diseño técnico ha causado impactos en el medio ambiente, los cuales se describirán a continuación.

#### · Deterioro del suelo y de la capa vegetal

Una vía ocupa una franja de terreno limitada por el terraplén y por el corte. Es habitual extraer el material necesario para la construcción del terraplén directamente del terreno aledaño a la vía, utilizando excavadoras para formar hondonadas planas. Este método facilita el transporte de material, pero aumenta considerablemente el deterioro del terreno y deja, en muchos casos, una serie de cortes longitudinales que pueden verse afectados por la erosión o retener aguas estancadas donde se reproduzcan fácilmente gérmenes patógenos.

Para evitar estos impactos es importante dejar el terreno, una vez finalizadas las obras, en una situación lo más parecida posible a su estado natural. Asimismo, los restos de material de construcción que no hayan sido utilizados, así como los residuos de las obras, deben eliminarse sin dañar el medio ambiente.

#### · Erosión del terreno e inestabilidad del mismo

La deforestación del terreno con fines de construcción, sin considerar la estabilidad de los taludes del terraplén y del corte, da lugar a un deterioro progresivo de la estructura de la vía y de su entorno inmediato. Cuando las condiciones meteorológicas son

adversas —como en el caso de muchas zonas de la cuenca alta del río Huaura, como por ejemplo la carretera Sayán-Churín (foto 10.10)—, este deterioro puede llegar a ocasionar la intransitabilidad o hasta la destrucción total de las vías. Para evitar la erosión e inestabilidad relacionadas a la construcción de vías, en la planificación de su construcción se deberá considerar una serie de aspectos, tales como estabilidad de taludes, tratamiento adecuado de la vegetación (especialmente de la arbórea), conservación de las márgenes de bosques o de árboles aislados, reforestación de las superficies de suelo que queden al descubierto con plantas autóctonas a fin de estabilizar la vida vegetal del lugar con especies de raíces profundas. Asimismo, es imprescindible el mantenimiento de la vía y de su entorno a largo plazo.

#### · Deterioro de las vías

La falta de mantenimiento lleva indefectiblemente al deterioro de una vía. Una correcta concepción técnica del camino y una ejecución adecuada de las obras sin restricciones de calidad reducen considerablemente los costos de mantenimiento, al menos en los primeros años.

En la cuenca del río Huaura se ha observado una falta de mantenimiento y deterioro en vías como la carretera Huaura-Oyón que se emplaza a lo largo del río Huaura y a través de la cual circulan diariamente vehículos de transporte público y de carga diversa (combustibles, lubricantes, insumos químicos).



**Foto 10.11** Carretera Sayán-Churín, vía afirmada en la que se genera elevada cantidad de material particulado que finalmente llega al río.

#### · Emisión de material particulado

Las vías no asfaltadas, constituyen una potencial fuente de contaminación producto de la emisión de material particulado asociado al paso de los vehículos. Esto se pudo observar en vías como Sayán-Churín (foto 10.11), Choques-Yarucaya o Sayán-Santa Cruz donde el material particulado producido es importante.

#### · Disposición inadecuada del material proveniente del corte de talud

Generalmente, el material proveniente del corte de talud es echado en el talud inferior.

Este material suelto es fácilmente removible en una ladera con pendiente moderada a fuerte y ocasiona flujos o avalanchas de detritos durante las épocas de lluvias. Esta práctica se debe desechar con el desarrollo de estudios geotécnicos para la ubicación adecuada de botaderos.

### **Consecuencias de la Disposición de Residuos Sólidos**

La disposición adecuada de residuos sólidos (rellenos sanitarios) es un problema que aqueja y condiciona la calidad de vida de las personas en el Perú y con mucha más frecuencia en las localidades más alejadas del centro de una ciudad, debido a que no cuentan con un espacio para el vertimiento de sus desechos.

La disposición de residuos sólidos en general (industriales, hospitalarios y domésticos) en la cuenca del río Huaura se realizan ilegalmente en botaderos clandestinos, ubicados en márgenes de quebradas, terrazas de ríos, laderas de cerros, entre otros, debido al desconocimiento de las autoridades y población en general de la contaminación y deterioro que ocasiona al medio ambiente; para ello es recomendable contar, aunque sea en el mejor de los casos, con rellenos sanitarios controlados.

Un relleno sanitario es un lugar destinado a la disposición final de desechos, para cuya construcción se toman múltiples medidas que tienen como objetivo disminuir los impactos y evitar riesgos ambientales, económicos y sociales desde la planeación y elección del lugar hasta la posterior vigilancia del relleno en toda su duración. Se debe tener en cuenta en su construcción la topografía, el nivel de las aguas subterráneas, la disponibilidad de material para cubrir los residuos sólidos, el control de los líquidos y gases que se producen en el relleno sanitario, la precipitación.

Existen tres tipos principales de relleno: de área, de zanja y combinado o rampa, estos se diferencian por las técnicas de operación y pueden combinarse de acuerdo a las características del terreno (Núñez y otros, 2006).

Las principales fuentes contaminantes de un botadero son los líquidos lixiviados, que pueden contaminar los acuíferos; el biogás, producto de la descomposición anaeróbica de los residuos; los



**Foto 10.12** Margen derecha río Huaura, aguas abajo de Sayán. Obsérvese desagües que vierten desechos directamente al río.

barros compostados y los residuos livianos, que pueden desprenderse por acción del viento, además, del impacto visual negativo durante la operación, el cual puede ser mejorado con la aplicación de rellenos sanitarios.

### ***Consecuencias de la Disposición de Aguas Residuales***

Las aguas residuales son aquellas que se encuentran alteradas por el uso doméstico, industrial, agrícola u otro. Constituyen un importante foco de contaminación de los sistemas acuáticos, debido a que del total de vertido residual generado sólo una parte será recogida en redes de saneamiento, mientras que el resto será

evacuado directamente a sistemas naturales. Por ello, es necesaria la depuración de las aguas residuales antes de evacuarlas, como medida importante para la conservación de dichos sistemas. La disposición de aguas residuales comprende esencialmente la recolección, evacuación, tratamiento y eliminación de aguas residuales.

En la cuenca del río Huaura se ha registrado la liberación de efluentes domésticos en los cauces de río y quebradas, en poblados como Oyón, Churín, Sayán, Andahuasi, Andajes, Naván, Cochamarca y Chiuchín, que vierten sus aguas residuales directamente a las fuentes de escorrentía de la cuenca (fotos 10.12 y 10.13).



**Foto 10.13** Margen izquierda río Huaura, desechos inorgánicos arrojados aguas abajo de Sayán.

# CAPÍTULO XI

## PROBLEMÁTICA SOCIAL Y ACCIONES DE DIFUSIÓN

La problemática social en la zona de estudio reside principalmente en dos grandes temas: los problemas en el sector agroindustrial y la influencia de actividades extractivas de recursos minerales sobre el medio ambiente. En este capítulo se tratarán estos temas y luego se verán que trabajos son desarrollados por instituciones para aplicar la información geocientífica en pro del desarrollo de la cuenca.

### PROBLEMAS EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL

Los problemas en el sector agroindustrial tienen ya varios años y están presentes no sólo en la cuenca, sino en toda la región Lima y a nivel nacional (foto 11.1). En estos últimos años, esta problemática se acentuó con la ratificación del Tratado de Libre Comercio (TLC) del Perú con los Estados Unidos, dado que los agricultores consideraron que el ingreso de productos agrícolas norteamericanos subsidiados les perjudicaría, ya que estos productos ingresarán sin el pago de aranceles. Esto ha causado diversas protestas, como la más reciente: el paro agrario de febrero de 2008, donde grupos de campesinos comandados por la

Convención Nacional del Agro (CONVEAGRO) y la Junta Nacional de Regantes se movilizaron y paralizaron por varios días el tránsito vehicular en varios departamentos; en Lima las provincias más afectadas fueron Huaura, Huaral y Barranca. Las exigencias de los campesinos se centran en que el gobierno les otorgue compensaciones económicas frente a las pérdidas que les traerá el TLC, la reducción en el precio de los fertilizantes y que se evite el remate de sus terrenos a causa de las deudas que no han podido pagar debido a la crisis en el sector y la promulgación de la nueva ley de Agrobanco.

### INFLUENCIA DE ACTIVIDADES EXTRACTIVAS DE RECURSOS MINERALES SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

La problemática asociada a la actividad minera en la cuenca del río Huaura se limita a la cuenca alta, que es donde se desarrollan la mayoría de actividades mineras.

Así por ejemplo, se sabe que diversas comunidades han denunciado una posible contaminación de las aguas del río Huaura



**Foto 11.1** Protagonistas del paro agrario 2008. Se acató en diferentes departamentos, incluyendo Lima (Enlace Nacional, 2008).



a causa de la explotación de recursos minerales por parte de las compañías mineras que operan en la cuenca. Como ejemplo, se puede citar la denuncia de la Asociación de Campesinos de Lacsaura contra la compañía minera Los Queñuales S.A. en el año 2004. Cabe mencionar, de acuerdo a los resultados de este estudio, que actualmente no se evidencia contaminación en dicho sector de la cuenca.

A raíz de esta problemática, se realizaron entre noviembre de 2004 y marzo de 2007 una serie de mesas de diálogo en las que han participado representantes de las compañías mineras, de los campesinos, del Gobierno Regional de Lima, del Consejo Nacional del Ambiente y de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

Entre los acuerdos a los que se ha llegado en dichas reuniones, uno de los avances más importantes es que las empresas que operen en la cuenca deben presentar a las comunidades sus estudios de impacto ambiental, exponiendo las medidas que tomaran para evitar la contaminación minera (Yupari, 2004).

## ORGANIZACIÓN DE LA POBLACIÓN

El grado de organización de la población en el ámbito de la cuenca del río Huaura es variado, por ejemplo, según datos del INEI (2000), en la cuenca alta, la organización es limitada y con escasa capacidad de acción de los gobiernos locales y principales organizaciones sociales, mientras que en la cuenca baja la población se encuentra mejor organizada.

Las principales organizaciones en la cuenca se han clasificado en tres grupos: organizaciones políticas y de defensa, organizaciones agrarias y organizaciones de asistencia social.

Entre las organizaciones políticas y de defensa destacan el gobierno político, las municipalidades, autoridades judiciales, comunidades campesinas, comités de desarrollo, rondas campesinas y los comités de defensa de la ecología.

Se debe destacar de las anteriores a las rondas campesinas, que están destinadas a la autodefensa de los centros poblados rurales, cuyas bases locales se agrupan en federaciones zonales y provinciales (estas organizaciones han decrecido en su vigencia: actualmente son muy débiles y funcionan en forma eventual), y los comités de defensa de la ecología, que son organizaciones recientemente surgidas que responden a los problemas de contaminación de aguas y aire provocados por la actividad minera. Son parte de un movimiento de alcance regional impulsado por las rondas campesinas y algunas municipalidades. En la cuenca tienen mayor presencia, especialmente en los distritos de las zonas altas.

Las organizaciones agrarias en la cuenca agrupan a las asociaciones de productores, organizaciones de riego, grupos de conservación de suelos, asociaciones de ganaderos,

organizaciones para la conservación de los bosques y organizaciones de sanidad agraria.

Las organizaciones asistenciales están constituidas por los clubes de madres, los comedores populares, el programa Vaso de Leche, la administración del agua potable, los promotores de salud y la Organización Provincial de Jóvenes-Oyón.

## TRABAJOS DE INSTITUCIONES EN PRO DEL DESARROLLO DE LA CUENCA

Diversas instituciones estatales así como organizaciones no gubernamentales (ONG) han realizado innumerables esfuerzos destinados a promover el desarrollo de las localidades que abarcan el ámbito de la cuenca. Esto se ha visto principalmente en la provincia de Huaura, por ejemplo, en la organización en el año 2003 del Comité Interinstitucional de Gestión Social del Agua y Ambiente en la Cuenca del río Huaura (GSAAC-Huaura), el cual se instituyó con la finalidad de contribuir a mejorar la calidad de vida de la población y la preservación del medio ambiente, así como impulsar y fortalecer la institucionalidad y confianza entre los diversos actores relacionados al manejo y gestión del agua en la cuenca. Dicho comité está integrado por 12 instituciones públicas y privadas: la Junta de Usuarios Distrito de Riego Huaura (JUDRH), la Empresa Municipal de Agua y Alcantarillado (EMAPA-Huacho), la Agencia Agraria Huacho/Promoción Agraria Huacho, el MINSA/DIGESA Huacho, el Instituto del Mar del Perú (IMARPE-Huacho), el Instituto Tierra y Mar (ITM), el Proyecto Subsectorial de Irrigación (PSI), la UGEL N.º 09-Huaura, la Dirección Regional de Agricultura-Lima, la Junta de Agua Potable y Sanidad (JAPS) La Perilita, la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión y la Municipalidad Provincial de Huaura.

Otros logros importantes han sido los del Ministerio de Agricultura, a través del Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHS), que viene promoviendo desde hace más de 5 años la aplicación de técnicas de agricultura sostenible en la cuenca. En este mismo sentido, el Gobierno Regional de Lima, trabaja a través de su Dirección Regional de Agricultura, promoviendo el fortalecimiento de las Cadenas Agroproductivas y el desarrollo de la ganadería en la región Lima, mediante la organización de ferias agropecuarias como la realizada en el 2007 (foto 11.2).

Otra institución que ha tenido una labor destacable en la cuenca es el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura a través de su Oficina en Perú (IICA-Perú), que ejecutó el proyecto «Red de Pueblos: fortalecimiento de capacidades económico-productivas locales en la provincia de Huaura», con el objetivo de crear capacidades locales para la gestión del desarrollo, mediante la construcción de un modelo de autogestión y autoinstitución bajo

los principios de la cooperación local en los distritos de Huaura, Vegueta, Santa María y Paccho. Esta iniciativa se ejecutó bajo el marco del Convenio IICA-Corporación Andina de Fomento (CAF), celebrado el 25 de febrero de 2004. El IICA-Perú fue responsable de la dirección y coordinación, mientras que el ejecutor local fue el Centro de Servicios para el Desarrollo (CSD). Las acciones desarrolladas entre el 2004 y el 2006 lograron constituir cuatro redes de cooperación local, integradas por 47 organizaciones civiles locales, cada una de las cuales cuenta con un portafolio de proyectos y un fondo de financiación local de US\$ 22 250. La CAF seguirá apoyando la propuesta por tres años más, dados los buenos resultados obtenidos (IICA, 2005).

Destaca, asimismo, la labor continua del Instituto Superior Tecnológico Oyón, que desde su creación en 1991, anualmente viene realizando eventos donde se congrega gran parte de la comunidad organizada de la provincia de Oyón, para capacitar en diferentes técnicas agroindustriales. Así, por ejemplo en el 2008 ésta institución organizó el IV Forum Internacional y VI Foro Nacional de Agrominería (foto 11.3).

### Actividades realizadas por INGEMMET

INGEMMET, en el marco del *Estudio geoambiental de la cuenca del río Huaura*, realizó actividades de comunicación con comunidades (COM COM) con el objetivo de sensibilizar, comunicar y fomentar, en la población de la cuenca, una cultura de prevención de desastres y de protección al medio ambiente, en especial a los recursos hídricos. A continuación se describirá en qué consisten las actividades de COM COM.

### COMUNICACIÓN CON COMUNIDADES

Es un trabajo multidisciplinario que involucra una serie de actividades destinadas a la aplicación del conocimiento científico en los procesos de desarrollo humano, social, territorial y sectorial (Muñoz & Ellerbeck, 2005). La metodología aplicada por INGEMMET en materia de COM COM ha sido la difundida por el «Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas» (PMA-GCA).

Este proyecto se ejecutó entre el 2002 y el 2007, su meta era contribuir a mejorar la calidad de vida de los habitantes en las regiones andinas en base a la reducción del impacto negativo producido por los desastres. En él participaron los Servicios Geológicos de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, con el apoyo económico de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional y la asesoría del Servicio Geológico de Canadá.

Sus principales actividades incluyeron generar, transferir conocimiento geocientífico, integrado y actualizado, sobre peligros naturales y buscar su aplicación en el planeamiento del uso del



Foto 11.2 Afiche de la IV Feria Regional Agropecuaria organizada por la Dirección Regional de Agricultura del Gobierno Regional de Lima (MINAG, 2007).



Foto 11.3 Afiche del IV Forum Internacional y VI Foro Nacional de Agrominería: «Actividad Minera Industrial respetando la Biodiversidad y Responsabilidad Social», organizado por el Instituto Superior Tecnológico Oyón en el 2008 (Instituto Superior Tecnológico Oyón, 2008).

territorio y en prevención, atención y mitigación de desastres. Asimismo, el proyecto colaboró en la formación de especialistas para ayudar a crear comunidades mejor capacitadas para enfrentar eventuales efectos de amenazas geológicas.

### ***Etapas del COM COM durante el desarrollo de un proyecto***

Durante la ejecución de un proyecto se desarrollan cuatro etapas de COM COM: una primera de sensibilización, la segunda de capacitación, la tercera de participación y la cuarta de concertación.

La etapa de sensibilización tiene como objetivo la difusión, a la población involucrada en el área de un proyecto, de las temáticas del mismo, tratando de generar conciencia crítica y favoreciendo la movilización social. Para ello se informa a la población acerca de las actividades y cronograma del proyecto, las experiencias de otros similares que se hayan ejecutado. En esta etapa se realiza una evaluación previa a la comunidad involucrada en el proceso de COM COM, para definir cuáles serían los mejores medios de difusión.

En la etapa de capacitación, se pretende instruir a la población en las temáticas involucradas en el proyecto demostrándoles la importancia del mismo. Asimismo, se promueve el intercambio de opiniones, el cual ayuda a conocer la percepción de la comunidad en relación al proyecto y sus temáticas; de esta manera, podremos sacar información útil sobre temas que debemos explicar o ideas que debemos aclarar.

En la etapa de participación, una vez que la población se encuentra informada, se debe trabajar en la integración de la población al trabajo a efectuar por el equipo técnico que asume las actividades de COM COM. La interacción con la comunidad posibilita una producción colectiva y no individual y hace sentir a cada poblador parte del trabajo.

En la etapa de concertación, se promueve la negociación permanente de acciones a ejecutar. En esta tarea debe participar la comunidad, las instituciones generadoras de conocimiento (entidades que proponen soluciones) y los entes ejecutores (autoridades, instituciones públicas y privadas, etc.; foto 11.4). Es necesario aquí conformar grupos de discusión que proporcionarán conclusiones y compromisos.

### Medios de difusión

Se trata de mecanismos que permiten la diseminación de información, facilitando la construcción de consensos sociales y la interacción entre la comunidad, autoridades y el equipo técnico. En COM COM, el medio es principalmente el audio visual, efectuado a través de conferencias, charlas, exposiciones, talleres y cursos, sobre todo en las primeras etapas. Otro medio usado es el gráfico como por ejemplo: boletines, revistas, seminarios, afiches, gigantografías, etc., los cuales sirven para documentar y afianzar las temáticas desarrolladas. Finalmente se usan los medios de comunicación masiva como la radio y la televisión, en los casos que se cuente con mayor población o presupuesto.



**Foto 11.4** El diálogo con las autoridades es imprescindible en COM COM. Se observa en la fotografía personal de INGEMMET entregando el informe de zonas críticas de la cuenca del río Huaura a autoridades de la provincia de Huaura.

### **Aplicación del COM COM en la Cuenca del Río Huaura**

Con el objetivo de hacer participar a los diferentes actores de las comunidades en la cuenca, se realizaron charlas, talleres y presentaciones, con el apoyo de diversos municipios locales, provinciales e instituciones educativas en diversas localidades de la cuenca. Las más importantes fueron las actividades de COM COM en Churín, Rapaz, Caujul y Huacho.

#### Com Com en Churín

En la localidad de Churín se realizaron varias actividades de COM COM, entre mayo y noviembre de 2007. En mayo, se realizó la presentación oficial del proyecto a las autoridades del distrito de Pachangara, en la localidad de Churín, donde se les informó acerca de los objetivos y actividades a realizar y se coordinó las acciones de apoyo por parte del municipio y centros educativos en labores de difusión. En julio, se realizó un taller sobre problemas geoambientales en Churín para las autoridades. El 22 de agosto, se llevó a cabo un taller sobre prevención de desastres dirigido a alumnos y maestros del colegio secundario Raúl Porras Barrenechea de Churín (foto 11.5), para concientizarlos sobre la temática de prevención de desastres e intruirlos con una serie de medidas a tomar en cuenta durante la ocurrencia de desastres naturales. En octubre, el Equipo de Hidrogeología presentó ante las autoridades el resultado de los estudios hidrogeológicos realizados en dicha localidad.

#### Presentaciones en el distrito de Caujul

Con apoyo del municipio local, en octubre de 2007, se realizó un evento de COM COM para las autoridades y población en general en el distrito de Caujul (Oyón). Allí se presentó el proyecto *Estudio geoambiental de la cuenca del río Huaura*. Se mostraron en primer lugar los avances en la temática de los estudios de peligros geológicos e hidrogeología en la localidad de Caujul. En segundo lugar, se les brindó orientaciones técnicas para prevenir los posibles desastres en su localidad y recomendaciones sobre el cuidado de los recursos hídricos.

#### Presentaciones en la localidad de Rapaz

Estas presentaciones se dieron en octubre de 2007 con el objetivo de informar, a la población y autoridades de Rapaz, las actividades del proyecto y mostrar los peligros geológicos que podrían afectar a su localidad y cómo prevenirlos (foto 11.6). Además, a pedido de las autoridades se realizó un taller sobre prevención de desastres dirigido a alumnos y maestros del colegio secundario de dicha localidad.

#### COM COM en Huacho

En mayo de 2007, se realizaron reuniones con autoridades del distrito de Huacho, donde se informó del contenido y el cronograma de actividades a ejecutar en el marco del proyecto y se coordinaron las acciones siguientes:



**Foto 11.5** Alumnos del colegio secundario Raúl Porras Barnechea de Churín aprendiendo sobre peligros geológicos y su prevención.

- Visitas al campo con personal de INDECI, a las zonas críticas por peligros geológicos ubicadas en Huacho
  - Realización del informe de zonas críticas en la cuenca
  - Realización del «2.º Curso-Taller de Capacitación en Prevención y Atención de Desastres Naturales», dirigido a los integrantes del comité provincial de Defensa Civil de la provincia de Huaura.
- Estas actividades se realizaron entre agosto y diciembre de 2007, y fueron muy provechosas para los objetivos perseguidos en el proyecto en materia de comunicación con comunidades.



**Foto 11.6** El presidente de la comunidad de Rapaz, resaltando la utilidad de la información presentada por INGEMMET, en la prevención de los peligros en su localidad.

## CAPÍTULO XII

### ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Conociendo la susceptibilidad a los procesos que causan desastres en la cuenca del río Huaura (capítulo VIII), en este capítulo se presentan las zonas críticas afectadas por dichos procesos y se proponen alternativas que contribuyan a la prevención o tratamiento de las mismas.

#### ZONAS CRÍTICAS

La identificación de zonas críticas se llevó a cabo luego del análisis de la susceptibilidad a los procesos identificados y la vulnerabilidad

a la que están expuestas obras de infraestructura y centros poblados. Se considera que un sector es una zona crítica cuando es altamente susceptible a la generación de peligros geológicos, donde se necesita ejecutar obras de prevención y/o mitigación, o en algunos casos las medidas adoptadas anteriormente necesitan ampliarse o mejorarse (Fidel y otros, 2006).

En los cuadros 12.1, 12.2 y 12.3 se presentan los peligros naturales identificados y las medidas recomendadas en las zonas críticas de la cuenca del río Huaura, separadas por provincias.

**Cuadro 12.1**  
**Zonas críticas en la provincia de Oyón**

Distrito	Sector	Tipo de Problema	Medidas Propuestas
Andajes	Cabracancha (Baños de Fierro)	Erosión fluvial	Se observa arrimado de material en la margen derecha. Se recomienda construir gaviones o muro de concreto para proteger baños termales. Limpiar el cauce.
	Confluencia de los ríos Checras y Huaura	Erosión fluvial	La dinámica fluvial en la margen derecha del río Checras, erosiona la base de la carretera. Se recomienda construir gaviones o banquetas a base de sacos de arena y sembrar pastizales en la llanura de inundación.
	Cerro Rupaicoto	Erosión de laderas	Se recomienda la instalación de drenes y revegetar las laderas con sembríos de pastizales.
Caujul	Pumahuain	Flujo de detritos, erosión fluvial	Los detritos o conos de talud impactan siempre en la carretera y las viviendas aledañas. Existe badén, pero se recomienda desquinche de material acumulado en el talud.
	Chilcarragra	Flujo de detritos	El material acumulado en el talud, puede desplazarse en épocas de lluvias y obstaculizar el tránsito en la carretera. Se recomienda desquinche, limpieza de talud y mejora de badenes.
	Quebrada Huancoy	Flujo de detritos, erosión fluvial	La erosión de ladera y desborde en ambas márgenes de la quebrada revelan temporadas de precipitaciones intensas. Se recomienda construir defensa ribereñas para evitar erosiones fluviales.
	Aguar	Erosión de laderas	Se recomienda implementación de drenes y sembrío a modo de andenes.
	Quebrada Tancan	Erosión de laderas, derrumbes, flujos	Se recomienda la implementación de drenes en laderas y construcción de defensa ribereña para evitar colmatación de cauce.
	Recu/ Mayapampa	Erosión de laderas	Erosión de ladera, que conduce flujos de detritos talud abajo, afecta pastos y terrenos de cultivo.

Distrito	Sector	Tipo de Problema	Medidas Propuestas
Checras	Quebrada Churicocha	Erosión de laderas	Se recomienda controlar las incisiones a través de revegetación de las laderas con pastos que intercepten las aguas de lluvia.
	Maray	Deslizamiento rotacional	Se recomienda implementar drenes subterráneos, estabilizar el ángulo de talud, a través de bermas revegetadas con pastos naturales.
	Quebrada Jausha	Erosión de laderas, derrumbes, flujos	Se recomienda limpiar el cauce de la quebrada, y canalizarla con sacos de arena o enrocado.
	Cerro Antaicoto	Caída de rocas	Se recomienda desquinche de bloques sueltos e inestables, echar el ángulo del talud de la carretera y construir muros de concreto para retener los bloques rodados.
Naván	Incha Cuyo	Deslizamiento	De ser posible cambiar el trazo de la carretera, de lo contrario construir drenes subhorizontales en la parte alta del deslizamiento.
	Sector Mirahuay	Erosión fluvial	Construir muros de gaviones en la margen derecha del río Huaura para evitar socavamiento de base de la carretera a Churín y limpieza de cauce en temporadas de lluvia.
Oyón	Chagapata	Flujo de detritos	Se recomienda canalizar la quebrada con enrocado.
	Oda. Morococha	Flujo de detritos	Para estabilizar los flujos de detritos, se recomienda revegetar ambas márgenes de la quebrada.
	Sector Ucruzchaca	Erosión fluvial	Se recomienda la construcción de muros de gaviones o enrocados para encauzar el río y proteger la infraestructura de ese sector.
	Pampahuay / quebrada Chichahua	Erosión fluvial	Se recomienda la construcción de muros de concreto para evitar desborde e inundación.
	Puente Viroc	Erosión fluvial	Se recomienda proteger las bases del puente con muros de gaviones o enrocados.
	Cerro Potrero/ Pucayacu	Caída de rocas	Se recomienda desquinche de bloques sueltos e inestables en el talud y construcción de muros de contención que detengan el avance del material suelto.
	Yanamina / Baños de Viroc	Caída de rocas	Se recomienda limpiar el talud de escombros y colocar cunetas al pie de los taludes.
	Viroc (Callanhura)	Caída de rocas	Se observa caída de rocas y bloques grandes de hasta 1,5 m de diámetro. Se recomienda limpiar el talud de escombros y estabilizar el ángulo de talud para aminorar la velocidad de caída de las rocas.
	Cerro Carhuashuayta	Caída de rocas	Se observa caída de rocas y bloques sueltos de hasta 2 m de diámetro en las laderas del Cerro Carhuashuayta, margen izquierda de la quebrada Pirihuayacuta. Se recomienda desquinche de bloques sueltos y construcción de muros de pircas para evitar avance de los detritos.
	Cerro Golgue	Caída de rocas	Se recomienda limpiar el talud de escombros y desquinche de bloques sueltos e inestables.
	Cerro Huacracocho	Caída de rocas	Se recomienda limpiar el talud de escombros y desquinche de bloques sueltos e inestables.
	Rapaz	Deslizamiento rotacional	Se recomienda la instalación de drenes, sembrío a modo de andenes y evitar riego en el cuerpo del deslizamiento.

Distrito	Sector	Tipo de Problema	Medidas Propuestas
Oyón	Erapata	Erosión fluvial	Se recomienda implementar defensas ribereñas en base a muros de gaviones y limpieza del cauce.
	Tectahuayin	Flujo de detritos, deslizamiento	Se recomienda canalizar la quebrada Tectahuayin con enrocado y construir badén en la carretera. Para el deslizamiento se debe retirar el material inestable y construir drenajes en la parte alta del deslizamiento.
Pachangara	Taucur	Caída de rocas	Se recomienda fragmentar los bloques más grandes y limpieza de escombros.
	Cerro Inguejirca	Caída de rocas	Se recomienda desquinche de bloques sueltos e inestables y estabilizar el ángulo del talud.
	Churín	Erosión fluvial	Se recomienda construir muros de gaviones en la margen derecha del río Huaura y revegetar terrazas fluviales.
	Aguen	Erosión fluvial	Se observa erosión fluvial en la margen derecha del río Checras. Con lluvias fuertes el río crece y afecta terrenos de cultivo y pastos. Se recomienda construcción de defensas ribereñas en ambas márgenes del río.
	Frente a Lagsaura	Erosión de laderas	Revegetar las laderas con pastos que intercepten las aguas de lluvia.
	Quebrada Yuraccasha	Erosión de laderas	Se recomienda instalación de drenes y revegetación de las laderas.
	Cerro Pumarigrin / Huauullupampa	Caída de rocas	Se recomienda desquinche de bloques sueltos e inestables, estabilizar ángulo del talud y construcción de muros de gaviones para minimizar los daños a la carretera Huancahuasi-Rapaz.
Paccho	Uchicaca	Derrumbe, caída de rocas	No ubicar terrenos de cultivo en esta zona.
	Loma Condorccayan	Deslizamiento rotacional	Se recomienda implementar drenes subhorizontales y revegetar la zona con pastos nativos.
	Quebrada Puruluma	Derrumbe	Estabilizar el ángulo del talud y colocar muros de gaviones al pie de derrumbe.
	Quebrada Huachacan (Quebrada Huayanay)	Flujo de detritos	Canalizar la quebrada y revegetar la parte alta.
Santa Leonor	Piscigranja "Los Delfines"	Erosión fluvial	Se recomienda construir muros de gaviones en la margen derecha del río Checras y revegetar terrazas fluviales.
	Tuntul	Erosión fluvial	Se recomienda colocar sacos de arena en la margen derecha de la quebrada para evitar inundaciones en terrenos de cultivos.
	Quebrada Jucul	Caída de rocas, flujo de detritos	Se recomienda construir muros de contención y revegetar parte alta de la quebrada.
	Liailiau	Flujo de detritos	Revegetar la parte alta de las quebradas y canalizar las más amplias.
	Jujul	Deslizamiento rotacional	Se recomienda la instalación de drenes, sembrío a modo de andenes y evitar mal sistema de riego en las partes altas.
	Oda. Pallca	Flujo de detritos	Se recomienda implementación de drenes y sembríos a modo de andenes en ambas márgenes de la quebrada.
	Tranca	Flujo de detritos	Se recomienda proteger los terrenos de cultivo afectados en este sector con pircas de 1 m de altura como mínimo.
	Pallca Chico	Flujo de detritos	Se recomienda canalizar la quebrada con enrocado.
	Pucayacu	Flujo de detritos	Para estabilizar los conos de flujos de detritos en la ladera se recomienda revegetar la zona.
	Arma	Flujo de detritos	Se recomienda canalizar la quebrada con enrocado.
Obrajes	Flujo de detritos	Se recomienda canalizar la quebrada con enrocado.	



**Cuadro 12.2**  
**Zonas críticas en la provincia de Huaura**

<b>Distrito</b>	<b>Sector</b>	<b>Tipo de Problema</b>	<b>Medidas de Control</b>
<b>Huaura</b>	Caldera	Inundación	Se ha construido muros de piedra para proteger los terrenos de cultivo, pero son insuficientes. Se recomienda colocar enrocado aledaño al muro y, de ser posible, construir gaviones de 3 m de altura.
	San Germán	Inundación	No cultivar. Limpiar el cauce y colocar defensas ribereñas (muro de gaviones).
	Sarope	Inundación	Sería necesario canalizar el río y colocar gaviones de 2 m de altura por lo menos. Encauzar el río Huaura.
	Frente a la cooperativa Humaya	Inundación	Se recomienda construir gaviones de 2 m de altura como mínimo.
	Sector Tres Marías, Altura del Km. 24 Huara-Sayán y San José	Inundación	Mantener las defensas ribereñas y limpiar el cauce del río.
	Cerro San Isidro	Caída-flujo de detritos	Se recomienda cubrir ese tramo del canal en un aproximado de 25 m de longitud. Construir contrafuerte de 1 m de altura para proteger el canal de riego.
	Vilcahuara	Caida de rocas, erosión fluvial, inundación, flujo de detritos	Se recomienda el peinado de los taludes inestables (desquinche de bloques sueltos). Construir defensas ribereñas de al menos 2 m de altura en la margen derecha del río Huaura. Limpieza del cauce de la quebrada Vilcahuara.
	Acaray	Inundación	Construir defensas ribereñas de al menos 2 m de altura en la margen derecha del río Huaura. Limpieza del cauce en este sector.
	Prolongación Santa Ana	Inundación	Construir defensas ribereñas de al menos 2 m de altura en la margen derecha del río Huaura. Limpieza del cauce en este sector.
	Oda. Loreto (margen izq. carretera Santa Ines)	Flujo de detritos, erosión de laderas	Revegetar la zona de andenes y realizar el revestimiento del canal ubicado en ese sector.
San Isidro	Vuelco de rocas, movimiento complejo (caída-flujo)	Para estabilizar el vuelco se debe cambiar el ángulo del talud de la carretera en el sector de mayor pendiente. Para estabilizar el movimiento complejo es necesario desquincar los bloques sueltos.	
<b>Hualmay</b>	Fundo Carquín Chico	Inundación	Construir defensas ribereñas de al menos 2 m de altura en la margen derecha del río Huaura. Limpieza del cauce en este sector.
<b>Santa María</b>	Sector San Juan	Inundación	Construir defensas ribereñas de al menos 2 m de altura en la margen derecha del río Huaura. Limpieza del cauce en este sector.
	La Chonta	Erosión fluvial	A 150 m del puente aguas arriba y abajo se construyeron gaviones de 3,5 m de altura en ambas márgenes, se recomienda encauzar y mantener limpio el cauce del río (se observó botadero de basura).
<b>Huacho</b>	El Tauca A.H. Atalaya	Deslizamiento traslacional	Considerado el punto mas crítico de la zona de estudio por presentar una posible falla local o asentamiento considerable, se recomienda reubicar al A.H. Atalaya (600 familias), debido a un inminente colapso de la zona.
	Cerro Gambo: A.H. 9 de Octubre	Caída de rocas	Se recomienda hacer una limpieza de taludes en la ladera desquinchando los bloques sueltos e inestables, caso contrario reubicar el A.H. en mención.
	Cerro Humaya	Movimiento complejo (caída-derrumbe)	Se recomienda, por la pendiente muy fuerte y el tamaño de bloques, que se hallan en la ladera, limpiar los taludes de la ladera desquinchando los bloques sueltos.

Distrito	Sector	Tipo de Problema	Medidas de Control
Sayán	Sector puente colgante-Topaya	Erosión fluvial, flujo de detritos	Para controlar el flujo de rocas en este sector sería necesario desquincar los bloques más grandes. Para controlar la erosión fluvial hace falta colocar muros de gaviones que sobrepasen las terrazas fluviales aledañas al río.
	Malecón turístico	Erosión fluvial	Colocar enrocado en ambas márgenes del río y no acumular desmonte en la ribera del río.
	Sector puente colgante-cerro Blanco-Piedra Partida	Erosión fluvial, flujo de detritos, caída de rocas	Se recomienda la reforestación de las laderas y canalizar las quebradas secas en ambas márgenes del río Huaura así como un peinado de talud de las mismas. Para controlar la erosión fluvial hace falta colocar muros de gaviones que sobrepasen las terrazas fluviales aledañas al río.
	Sector puente Pampa Grande	Erosión fluvial	Teniendo como antecedente la inundación en la margen derecha del río Huanangue y el ingreso de agua, hasta 100 m tierra adentro, se recomienda ampliar y repotenciar el enrocado hasta los 400 m, así como la limpieza (descolmatación) del cauce del río de dicha zona.
	Sector puente Canal de Acueducto ISR	Erosión fluvial	Lo recomendable es limpiar el cauce del río.
	Sector Casa Vieja	Erosión fluvial	En la margen en que se halla la carretera, se recomienda la construcción de gaviones en forma escalonada convenientemente para que no exista espacio entre la pared del talud y el gavión, o de lo contrario, cambiar el trazo de carretera en este sector, hacia el pie de la montaña.
	Sector Bocatoma Repartición	Erosión fluvial, erosión de laderas	Para controlar la erosión fluvial hace falta colocar muros de gaviones que sobrepasen las terrazas fluviales aledañas al río. Se recomienda la reforestación en las partes erosionadas del cerro Chihuacay.
	Sector Bocatoma Cuchuchín	Erosión fluvial, flujo de detritos	Para controlar la erosión fluvial hace falta colocar muros de gaviones que sobrepasen las terrazas fluviales aledañas al río. Lo recomendable es canalizar el flujo y no construir viviendas en el cauce de la quebrada.
	Sector Bocatoma Casa Vieja	Erosión fluvial, flujo de detritos	Para controlar la erosión fluvial hace falta colocar muros de gaviones que sobrepasen las terrazas fluviales aledañas al río. Lo recomendable es canalizar el cauce del flujo delimitándolo con enrocados en ambas márgenes.
	Piedra Gacha (garita de control SENASA)	Erosión fluvial	Colocar enrocado o muros de gaviones de 2 m de altura como mínimo para proteger la carretera de la erosión fluvial.
	Quinches Alto-Bocatoma Quinches Km. 5,9	Erosión fluvial, flujo de lodo	Canalizar la quebrada Canguay porque puede reactivarse en un evento del Fenómeno El Niño. Para controlar la erosión fluvial hace falta colocar muros de gaviones que sobrepasen las terrazas fluviales aledañas al río.
	Sector Bocatoma Lule Alto	Erosión fluvial	Para controlar la erosión fluvial hace falta colocar muros de gaviones que sobrepasen las terrazas fluviales aledañas al río. Se recomienda limpiar el cauce del río.
	Sector Acueducto Canal	Erosión fluvial	Para controlar la erosión fluvial hace falta colocar muros de gaviones que sobrepasen las terrazas fluviales aledañas al río. Se recomienda limpiar el cauce del río.
Cerro Frejolito	Caída de rocas	Se recomienda reubicar la vivienda de esteras, revestir y cubrir el canal ubicado en ese sector, limpieza de talud y fragmentación de bloques grandes, muros a base de pircas en la margen del canal y la ladera del cerro Mina.	

Distrito	Sector	Tipo de	Medidas de Control
Sayán	Chambará	Flujo de detritos, inundación	Debido a eventos antes ocurridos en esta zona, como el huaico de la quebrada Chambará (1988) y considerando que actualmente algunos pobladores tienen sus viviendas en pleno cauce de la quebrada, esta se debe canalizar desde la parte alta hasta la desembocadura. En las riberas del río Huaura, para evitar la inundación es necesario construir defensas ribereñas con gaviones de 2 m de altura como mínimo.
	Puente Balta	Erosión fluvial	Se recomienda proteger las bases del puente con gaviones o enrocados.
	Casa Blanca a la altura del Camal Municipal	Erosión fluvial	Limpiar cauce y colocar con enrocado o muros de gaviones de 2 m de altura como mínimo.
	Coto	Erosión fluvial, flujo de detritos	Completar el tramo afectado por erosión fluvial con enrocado o muros de gaviones para proteger la carretera Sayán-Churín.
	San Miguel	Arenamiento	Reforestar la zona para fijar las dunas móviles.
Leoncio Prado	Acopara	Movimiento complejo (deslizamiento-flujo)	Se recomienda evitar la infiltración en el cuerpo del deslizamiento con drenaje superficial en la parte alta del deslizamiento.

Cuadro 12.3

## Zonas críticas en la provincia de Huaral

Distrito	Sector	Tipo de Problema	Medidas de Control
Ihuari	Cerro Tunaspata	Caída de Rocas	Se recomienda desquincar bloques sueltos e inestables y estabilizar el ángulo de talud.
	Sector Caldera/Poblado de Acotama	Erosión Fluvial	Se recomienda reforzar las terrazas naturales con sembríos de pastos y muros de gaviones. Limpieza del cauce.
	Sector Laccamate	Erosión Fluvial	Se recomienda colocar muros de gaviones o enrocado y limpieza del cauce.
	Añanpay	Deslizamiento traslacional, caída de rocas, derrumbes	Se recomienda estabilizar el cuerpo de deslizamiento a través de instalación de drenes, revegetar formando andenes y sembrar pastos naturales y construir muros de gaviones en la base del deslizamiento.
	Buena Vista-Yauringa	Erosión fluvial	Se recomienda reforzar las terrazas naturales con muros de gaviones o enrocado, limpieza del cauce y revegetar las terrazas con pastos de la zona.
	Acotama	Caída de rocas, flujo de detritos	Canalizar cauce de la quebrada y desquincar bloques sueltos e inestables en ambas márgenes.
	Sector Chinca	Derrumbe, caída de rocas	Desquincar los taludes críticos de la zona y revegetar con andenes.
	Quishuan	Erosión fluvial, flujo, caída	Construir defensas ribereñas como gaviones en forma escalonada conformado el talud convenientemente para que no exista espacio entre la pared del talud y el gavión. Desquinche y limpiado del talud crítico.
	Sector Cochatoma-Aracoto-Chirimoyo	Erosión fluvial, caída de rocas, flujo, derrumbe	Construcción de gaviones en forma escalonada (no menor a 2,5 m) para detener la erosión fluvial y el derrumbe. Desquinche de bloques sueltos e inestables en el talud de la carretera.

## MEDIDAS PROPUESTAS

Las siguientes medidas se proponen de acuerdo al tipo de problema presentado:

- Medidas para zonas con caídas
- Medidas para zonas con cárcavas
- Medidas para zonas con deslizamientos
- Medidas para huaicos
- Medidas para inundaciones y erosión fluvial
- Medidas para zonas con arenamiento

### Medidas para zonas con caídas

La aplicación de medidas correctivas en zonas con caídas se puede realizar sobre taludes que tienen pendientes más fuertes que las necesarias para su estabilización, para tener un factor de seguridad predeterminado y para estabilizar fenómenos de rotura. A continuación se muestran algunos de los diferentes tipos de solución empleado en la corrección y tratamiento de zonas con caídas:

- Corrección por modificación de la geometría del talud. Consiste en estabilizar el ángulo del talud ya sea por corte del talud, escalonamiento de taludes en terrazas (figura 12.1), etc.
- Corrección por drenaje. Las medidas de corrección por drenaje son de dos tipos: *drenaje superficial*, por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no, y *drenaje*

*profundo*, que tiene como finalidad deprimir el nivel freático del afloramiento. En ambos casos es necesaria la participación de un hidrogeólogo para el diseño de los drenes.

- Corrección por elementos resistentes como anclajes, muros (de gaviones, de concreto), bandas de refuerzo etc.
- Correcciones superficiales. Consisten en técnicas ligeras que se usan cuando el problema no es tan crítico. En esta categoría se tiene, por ejemplo, el uso de mallas metálicas, capa de hormigón que cubra el talud inestable, sembrado de cobertura vegetal y el dejar un margen de seguridad al pie del talud frente a caídas y vuelcos con el fin de no destruir infraestructuras instaladas al pie.

### Medidas para zonas con cárcavas

En zonas donde la erosión de laderas es aguda con presencia de cárcavas de gran amplitud, se debe aplicar prácticas de conservación y manejo agrícola como:

- Regeneración de la cobertura vegetal, de preferencia nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ellas, para asegurar su estabilidad.
- Empleo de zanjas de infiltración y desviación entre las principales.
- Construcción de diques o trinchos transversales constituidos con materiales propios de la región, como troncos, ramas, etc. (figura 12.2).

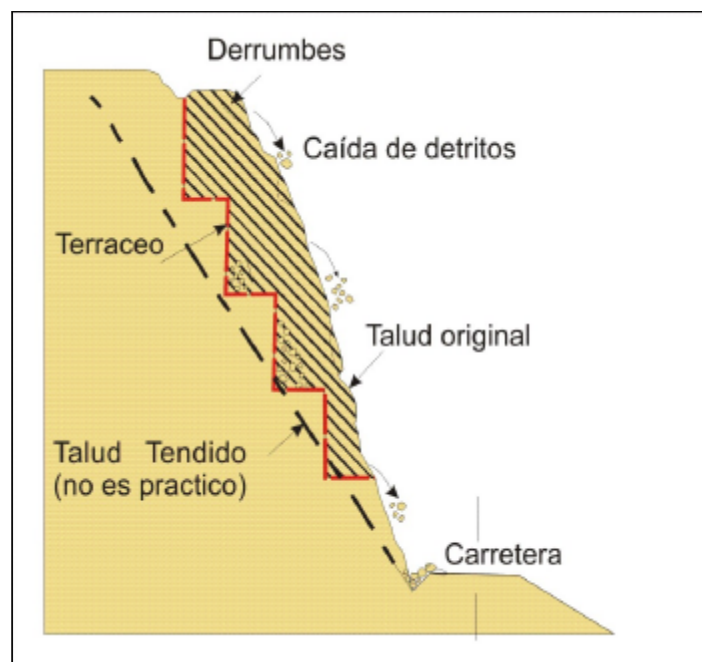


Figura 12.1 Escalonamiento de taludes en terrazas para corregir un talud inestable.

- Zanjas de infiltración articuladas.
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal conformada por pastos, malezas y arbustos, con fines de estabilizar el terreno y controlar la erosión. En la selección de árboles a utilizarse debe

contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos. Se recomienda además que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración construidas paralelas a las curvas de nivel.

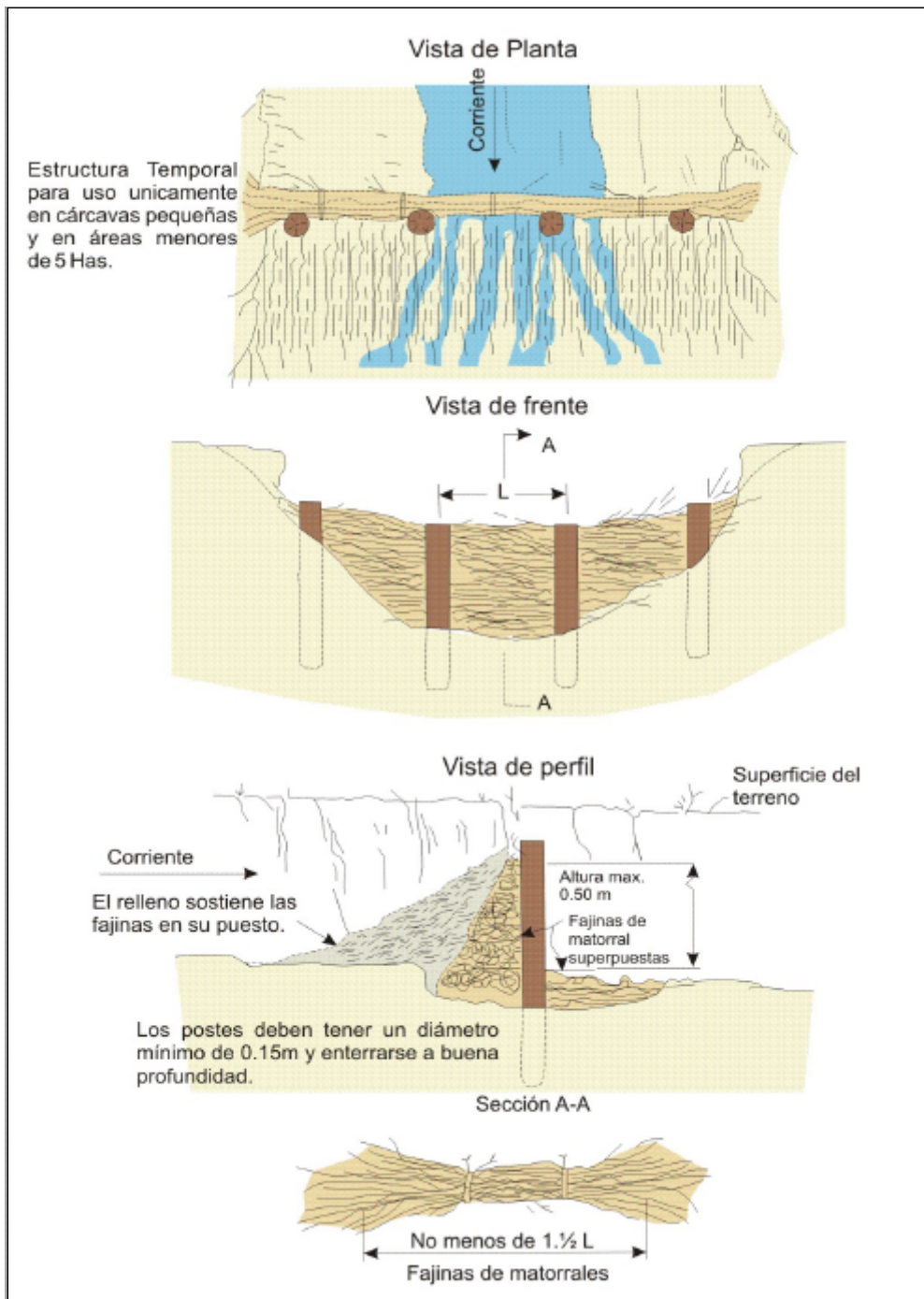


Figura 12.2 Trincheros transversales de troncos y fajinas de matorrales para proteger áreas de la erosión de laderas (modificado de Valderrama y otros, 1964).

### Medidas para zonas de deslizamientos

**Preventivas.** En zonas susceptibles, donde aún no se ha desencadenado el proceso, se recomienda lo siguiente:

- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal (pastos, malezas y arbustos), con el fin de estabilizar el terreno (figura 12.3). En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y alturas que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos. Se recomienda además que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de zanjas de infiltración construidas paralelas a las curvas de nivel.
- Evitar el sobre pastoreo y la quema de pastos, debido a que producen deterioro y destrucción de la cobertura vegetal.
- Instalación de canales perimetrales de drenaje y recogida de escorrentía.
- En terrenos de cultivo, se debe evitar el riego en exceso, utilizar reservorios y/o canales revestidos y procurar que la remoción de la tierra sea superficial para limitar la infiltración, la retención en la capa superficial de suelo en contacto con los cultivos y evitar la saturación del terreno.
- Antes de construir una obra de infraestructura en una ladera susceptible a remoción, se debe hacer la caracterización del talud y análisis de riesgos, incluyendo estudios geotécnicos para determinar los materiales y definir los factores que pueden afectar su estabilidad. El

diseño de la altura y pendiente del talud se debe hacer en función a la geología e hidrogeología del terreno, dejando un margen de seguridad suficiente al pie del talud. Tales estudios deben ser supervisados por profesionales entendidos en el caso, quienes determinaran las medidas de prevención y control adecuadas.

**Correctivas.** En zonas susceptibles, donde el proceso ya se empezó y el riesgo de rotura del talud por un deslizamiento es alto, pueden aplicarse una serie de medidas correctivas, destinadas a impedir el movimiento del talud o su caída tales como:

- Realizar estudios geotécnicos de evaluación del estado del deslizamiento que incluya la modelización del comportamiento del terreno para determinar las medidas correctivas adecuadas.
- Rectificación de la pendiente del talud, que permita lograr una pendiente menor a la existente, proporcionando mayor estabilidad al conjunto.
- Afianzar el pie de los taludes, mediante la instalación de gaviones o escolleras permeables que permitan incrementar su peso a la vez que favorezcan su drenaje. Es muy importante que estos muros tengan un drenaje adecuado, con el fin de evitar «la acumulación de agua tras de sí, que incrementen su carga hidráulica. En definitiva, deben diseñarse como «muros drenantes» (figura 12.4). Por otro lado, el material usado en la construcción de dichos muros debe ser estable frente al paso del tiempo, intemperie y reacción con la roca y pesados para ejercer carga al pie del talud (Baquero, 2005).

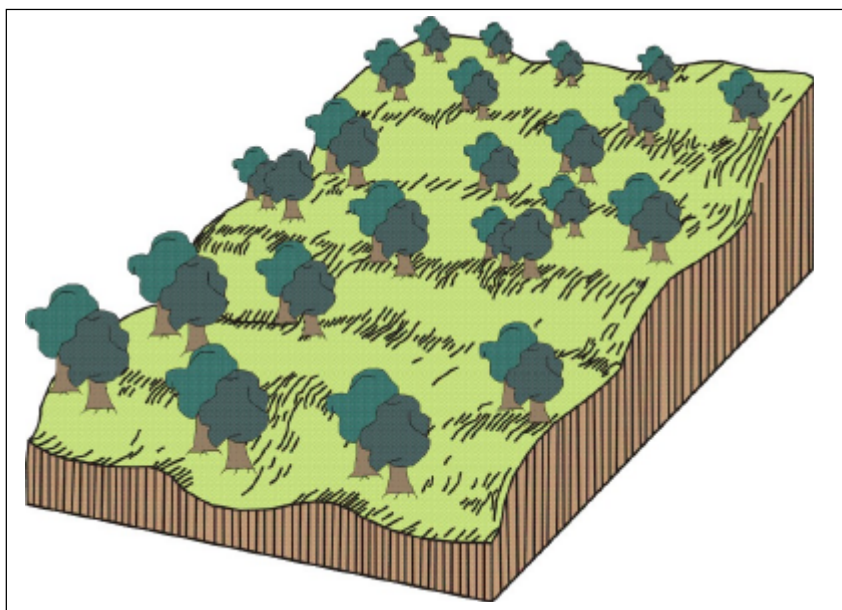


Figura 12.3 Revegetación de una ladera susceptible a deslizamiento formando terrazas.

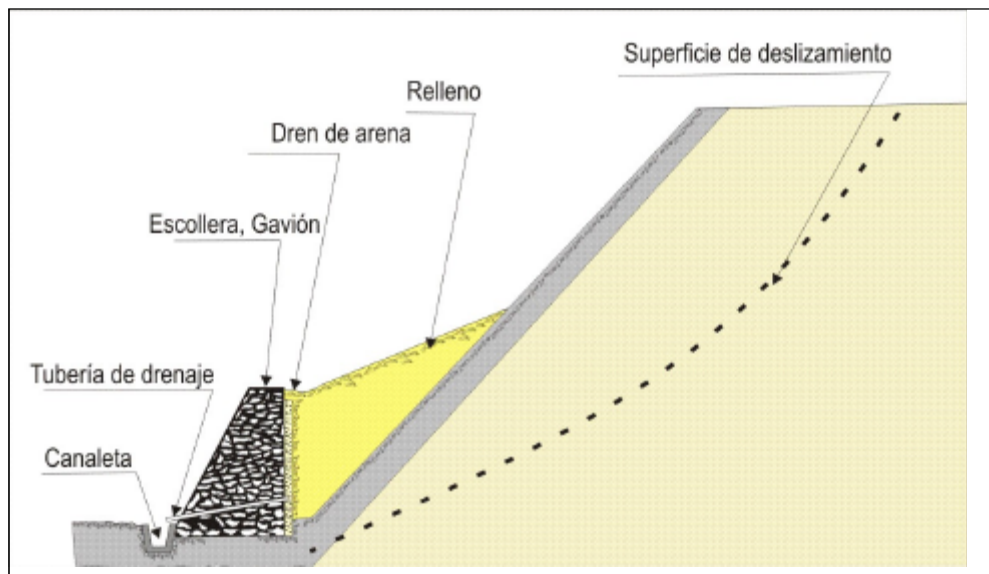


Figura 12.4 Muro permeable al pie del talud de una zona con deslizamiento.

- Instalación de mallas, barreras correas de contención o bulonado de bloques frente a caída de materiales.
- Señalización del sector crítico en cabecera y diseño del ancho de berma suficiente como para que la circulación de vehículos pesados no se desarrolle sobre el sector crítico de carga (dentro del círculo de rotura).
- Construcción de cunetas a cierta distancia del pie de talud, con bermas drenantes hacia ellas, con el fin de retirar el agua de cualquier grieta que pueda existir en la corona, así como en el pie del talud (doble pendiente).
- Cuando el riesgo de deslizamiento es extremo y casi seguro, debe instalarse instrumental que permitan evaluar la evolución temporal del deslizamiento, y evaluar el movimiento del terreno, así como avisar de fuertes incrementos o superación de los márgenes de seguridad establecidos, con el fin de evacuar su base o tomar las medidas oportunas.

### Medidas para huaicos

En la cuenca media y baja del río Huaura existen lechos fluviales y quebradas secas que corresponden a quebradas de régimen temporal, donde se producen huaicos periódicos a excepcionales que pueden alcanzar grandes extensiones y pueden transportar grandes volúmenes de sedimentos gruesos y finos. Con el propósito de propiciar la fijación de los sedimentos en tránsito y de minimizar el transporte fluvial, es preciso aplicar, en los casos que sea posible, las medidas que se proponen a continuación:

- Encauzar el cauce principal de los lechos aluviales secos,

retirando los bloques rocosos en el lecho y seleccionando los que pueden ser utilizados para la construcción de enrocados, espigones o diques transversales artesanales, siempre y cuando dichos materiales sean de buenas características geotécnicas. Considerar siempre que estos lechos aluviales secos se pueden activar durante periodos de lluvia excepcional caso del fenómeno El Niño.

- Propiciar la formación y desarrollo de bosques ribereños con especies nativas para estabilizar los lechos.
- Las obras de infraestructuras que atraviesen estos cauces secos deben construirse con diseños que tengan en cuenta las máximas crecidas registradas, que permitan el libre discurrir de crecidas violentas provenientes de la cuenca media y alta, evitándose obstrucciones y represamientos violentos.
- Construir presas transversales de sedimentación escalonada para controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas que acarrear grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional, cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos (figura 12.5).

### Medidas para inundaciones y erosión fluvial

Para disminuir los daños por inundaciones en la zona de estudio, se hace necesario aplicar las siguientes medidas:

- Encauzamiento del lecho principal, ríos y quebradas afluentes, en zonas donde se produzcan socavamientos laterales de las terrazas alledañas. Para ello se debe construir espigones laterales, enrocado o gaviones (figura

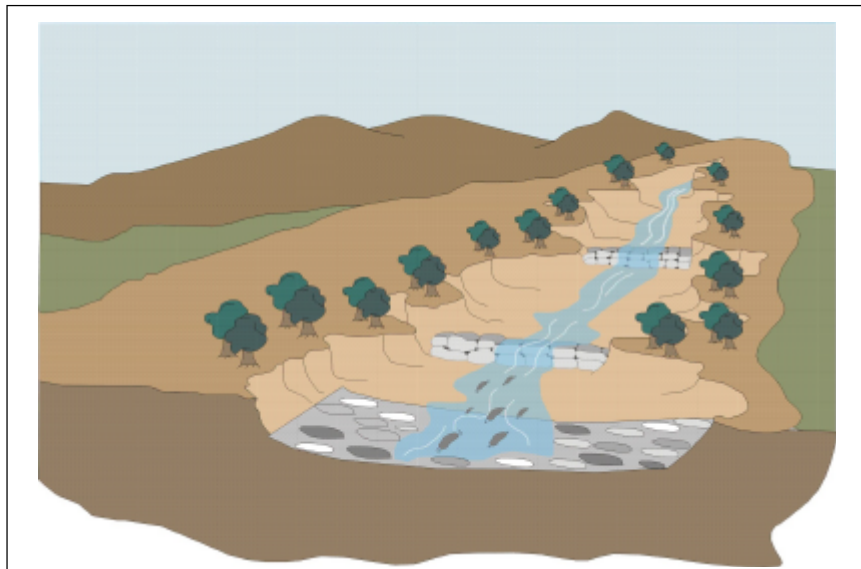
12.6), con el fin de aumentar la capacidad de tránsito en el cauce de la carga sólida y líquida durante las crecidas y limpiar el cauce.

- Protección de las terrazas fluviales de los procesos de erosión fluvial por medio diques de defensa o espigones (figura 12.7), que ayudan a disminuir el proceso de arranque y desestabilización.
- Realizar trabajos que propicien el crecimiento de bosques ribereños con especies nativas (molle, sauce, carrizos, caña brava), pero evitar la implantación de cultivos en el lecho fluvial para que no interrumpa el libre discurrir de los flujos hídricos.
- Contra la erosión fluvial en la parte media de la cuenca del

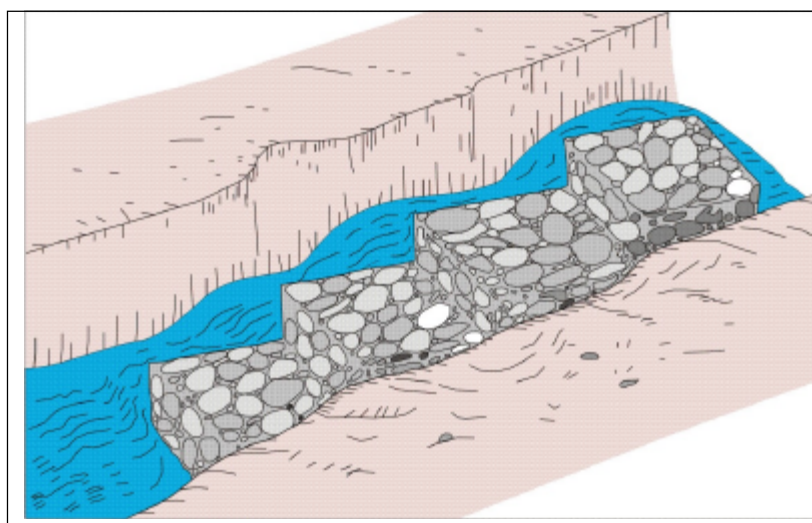
río Huaura, en las áreas donde se incrementa la pendiente, como por ejemplo el sector comprendido entre Churín y Oyón, se deberá intentar disminuir la velocidad y la energía de los cursos de agua mediante la construcción de barreras, cultivos de cobertura y zanjas de infiltración para proteger las riberas y las vías ubicadas cerca de ellas.

### **Medidas para zonas con arenamientos**

Para detener el avance de los depósitos eólicos hacia terrenos agrícolas, obras de infraestructura y poblados es necesario diseñar cortinas rompevientos y barreras de fijación de dunas, integradas a plantaciones forestales (figura 12.8), las cuales después de un proceso gradual de reemplazo irán dejando paso al bosque denso sobre los depósitos eólicos ya fijados.



**Figura 12.5** Presas de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaicos.



**Figura 12.6** Gaviones para encauzar el lecho del río.



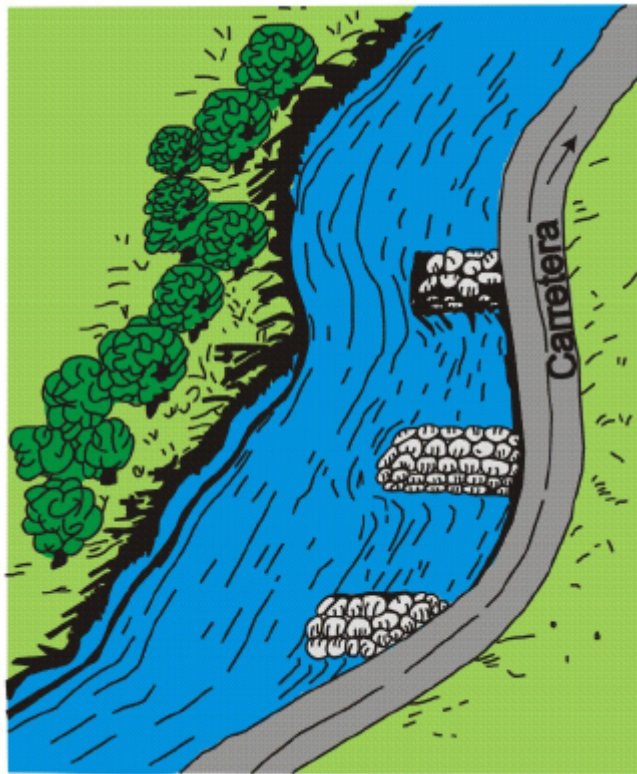


Figura 12.7 Espigones para proteger las terrazas fluviales.

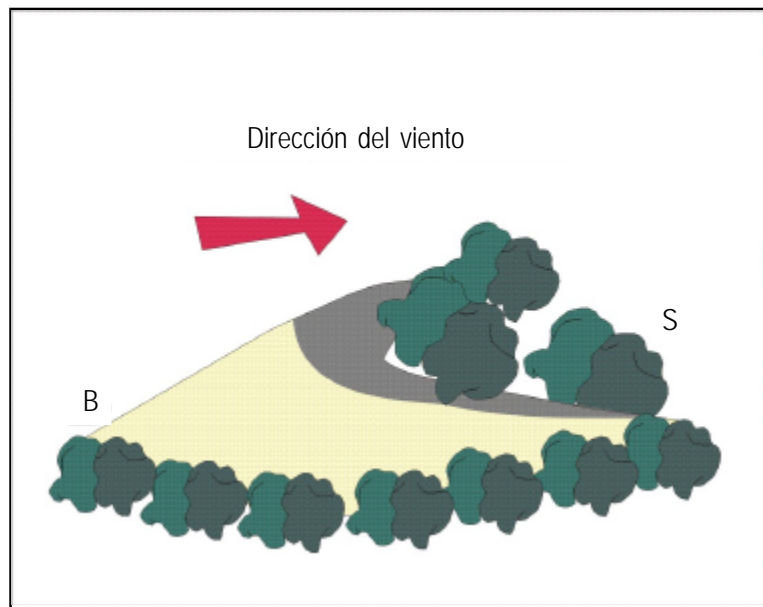


Figura 12.8 Fijación de dunas a través de plantaciones forestales.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

- De la evaluación hidrológica de la cuenca del río Huaura, se estableció que, del volumen promedio de agua que se precipita sobre la cuenca, el 54% se pierde por evapotranspiración y el 31% por escorrentía superficial. Un 15 % restante se infiltra y queda retenido en los acuíferos de la cuenca media y alta. Existe un desequilibrio hídrico positivo y un exceso de recurso hídrico superficial promedio anual del orden de 175 MMC/año, el cual representa las condiciones actuales de alimentación o recarga del acuífero del valle de Huaura.
- De las características hidrogeoquímicas de las aguas subterráneas se concluye que el 80 % de las muestras analizadas tienen concentraciones de sólidos totales disueltos (TDS) menores a 600 mg/l y conductividad eléctrica (CE) menor a 800  $\mu$ S/cm. El 20% de las muestras analizadas, que corresponden a las fuentes termales, son altamente mineralizadas con valores de TDS y CE mayores a 600 mg/l y 800  $\mu$ S/cm, respectivamente. Las familias hidroquímicas son del tipo bicarbonatadas cálcico-magnésicas y en menor proporción son sulfatadas cálcico-magnésicas, las fuentes termales se clasifican como sulfatadas cálcicas a cloruradas sódicas y las muestras de agua tomadas de los pozos y los sondeos del valle del río Huaura son del tipo sulfatadas cálcicas con una ligera tendencia a cloruradas sódicas.
- De la calidad del agua subterránea muestreada se ha comprobado que el 77% de las muestras están por debajo del MCL (Nivel Máximo de Contaminantes) marcado por la OMS y el D.L. N.° 17752 (D.S. N.° 044-2001-A.G) de la Ley General de Aguas del Perú, para la aptitud de un agua para consumo humano vigente hasta el 2008. Las muestras procedentes de fuentes termales no son aptas para consumo humano porque superan el límite admisible de CE, TDS, Ni, As, Na, SO<sub>4</sub>, Cl y pH. Aproximadamente un 79% de las muestras de fuentes termales son del tipo C3-S1, C4-S1, C4-S2 y C4-S3, que corresponden a aguas salinas y no pueden utilizarse en suelos con drenaje deficiente, existe peligro de salinización aun con drenaje adecuado. El 81% de las muestras de agua subterránea pertenecen a las categorías C1-S1 y C2-S1, es decir, se trata de aguas de buena calidad y aptas para riego. El 19% de las muestras corresponden al tipo C3-S1, lo que sugiere que se trata de un agua aplicable para riego, pero tomando las precauciones pertinentes para evitar la salinización del suelo.
- De la clasificación hidrogeológica, se concluye que los acuíferos más importantes del valle de Huaura son los sedimentos cuaternarios seguidos de las rocas sedimentarias plegadas y falladas de la cuenca alta que conforman acuíferos de extensión regional y sobrepasan los límites de la cuenca hidrográfica.
- Del inventario de peligros geológicos y geohidrológicos en la cuenca, el mayor porcentaje corresponde a flujos, caídas y erosión, seguidos de movimientos complejos, deslizamientos e inundaciones. Respecto a la actividad de los procesos, la mayoría de ellos se encuentran en estado inactivo-joven y activo.
- Respecto a las unidades litológicas, la V3 y la IV (areniscas, cuarcitas y lutitas, y areniscas, calizas y lutitas intercaladas con tobas) serían las más propensas a generar tales procesos, dado que el mayor número de peligros geológicos se ha registrado en dichas litologías.
- Según el estudio sísmico probabilístico de las ocurrencias de sismos en la cuenca del río Huaura, esta es susceptible a los sismos de alta intensidad, así como a la generación de tsunamis. Para un periodo de 30 años se esperan aceleraciones máximas de 278 a 319 gal; para un periodo de 50 años, de 332 a 384 gal, y para un periodo de 100 años, de 380 a 435 gales.
- De acuerdo al mapa de susceptibilidad a las inundaciones y erosión fluvial de la cuenca del río Huaura, las zonas más expuestas a dichos eventos son las áreas aledañas al río Huaura, entre Huaura y la desembocadura, pasando por los poblados de San Germán, Humaya, Sarope, Carquín, Acaray y Santa Ana en el distrito de Huaura, y

- Vizquira, Sayán, Chambara, Quipico y Vilcahuara, en Sayán.
- De acuerdo al mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa en la cuenca del río Huaura, las zonas con mayor susceptibilidad se ubican en los distritos de Sayán (Cerro Maní, sector puente colgante Topaya-Cerro Blanco-Piedra Partida, sector Cuchichín-Casa Vieja, sector Quinchés Alto-Bocatoma Quinchés, Cerro Frejolito, Chambará, anterior fundo Coto, Cerro Raniahuanco, Bellavista); Navan (Cerro Cochacancha, Quebrada Ishpa, Navan, Inchacuyo); Paccho (margen derecha de la quebrada Paccho, quebrada Puruluma, Uchicaca, loma Condorccayan, quebrada Huachacan); Andajes (Cerro Ventanilla, parte baja de la quebrada Puyachay); Pachangara (confluencia de las quebradas Pucayacu, Pachangara y el río Huaura, parte alta de Cerros Ocshapata y Saquicocha a la altura de Tocrac, Cerro Carapico a la altura de Huancahuasi, Taucur, Cerro Inguejirca, Cerro Pumarigrin, Huallupampa); Oyón (sector Chiosincalla, Cerro Lamapaca, cerro Aguascocha margen izq. río Ushpa, cerro Condorsenja, cerro Calle, sector Chagapata, quebrada Morococha, cerro Potrero a la altura de Pucayacu, Yanamina a la altura de los Baños de Viroc, Viroc, cerro Carhuashuayta, cerro Golque, cerro Huacracocho, Rapaz, quebrada Tectahuayin); Maray (Maray, quebrada Jausha, cerro Antaicoto, sector Incha Cuyo); Santa Leonor (cerro Chogo, quebrada Jucul, Liauliau, Jujul, quebrada Pallca, Tranca, Pallca Chico, sector Pucayacu, Arma, Obrajes); Caujul (Pumahuain, Chilcarragra, quebrada Huancoy, quebrada Tancan, cerro Tauripallanca); Huaura (cerro San Isidro, Vilcahuara, quebrada Loreto, San Isidro); Huacho (C° Gambo: A.H. 9 de Octubre, C° Humaya, El Tauca AAHH. Atalaya); Leoncio Prado (Acopara, sector Chinca); Ihuarí (cerro Tunaspata, Añanpay, Acotama, Quishuan, sector Cochatoma-Aracoto-Chirimoyo).
  - La mayoría de procesos se encuentra asociado a los derrames andesíticos y dacíticos de la unidad III (22%); los depósitos de tipo aluvial (19%, unidad I-2); las lutitas, areniscas y cuarcitas fracturadas de la unidad V-3 (17%), y los depósitos de tipo fluvial (14%, unidad I-1). El porcentaje restante se asocia a las dioritas y tonalitas de la unidad II-2 (8%), los depósitos de tipo glaciar (unidad I-4, 7%), las calizas, lutitas y limoarcillitas de la unidad V-1 (5%), las lutitas, margas y calizas de la unidad V-2 (3%), las tobas intercaladas sedimentos clásticos de la unidad IV (2%), las adamelitas y granodioritas de la unidad II-1 (2%) y las calizas macizas de la unidad V-5 (1%).
  - El análisis de la curva de peligro anual (curva de probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud), para el poblado de Atalaya-Tauca se producirá una aceleración de 448 gal con una probabilidad de 0,002%; el periodo medio de retorno del sismo que produce dicha aceleración será de 900 años. Aceleraciones del orden de 245 gal se producirían con un porcentaje de 0,05% con periodos de retorno de 60 años.
  - En cuanto al carácter geoquímico de las aguas de la cuenca del río Huaura, se concluye que están caracterizadas generalmente como bicarbonatadas sulfatadas cálcicas.
  - El peligro de sodificación en las aguas de la cuenca es bajo, sin embargo, el peligro de salinidad es de bajo a medio, salvo en los casos del río Checras y la laguna Añilcocha, donde la salinidad es alta.
  - Salvo el pH, ningún otro parámetro supera los límites de calidad de aguas establecidos por la normatividad peruana; sin embargo el arsénico, manganeso y plomo exceden los límites establecidos por la OMS para aguas de uso doméstico; en la cuenca media y para el caso de las aguas de uso pecuario, el parámetro arsénico supera la norma canadiense en la cuenca alta. Respecto a las aguas para uso agrícola, el manganeso, el zinc y el TDS exceden los límites de calidad de la norma canadiense.
  - En cuanto a la calidad química de los sedimentos, el arsénico es el elemento que en la mayoría de casos excede el límite de intervención principalmente en muestras de la cuenca alta, aunque dicho umbral es aparentemente bajo para aplicarlo en nuestro país.
  - El zinc también excede el nivel de intervención hasta en once casos, relacionados principalmente a la ocurrencia mineral en los sectores Iscaycruz, Uchucchacua, Anamaray y Santa Rita. Otros elementos que exceden los niveles de intervención son el plomo, el cadmio, el mercurio y el talio.
  - Los mayores valores de plomo se ubican en la quebrada Lloclla de la cuenca baja, donde se emplazan intrusivos del Batolito de la Costa.
  - Respecto a impactos ambientales, se ha comprobado que los efluentes más contaminantes en la cuenca del río Huaura están relacionados a la mina inactiva Santa Rita. Asimismo, los pasivos ambientales más concurrentes en la cuenca corresponden a botaderos de basura dispuestos a la intemperie.

- La problemática social en la zona de estudio reside principalmente en dos grandes temas: los problemas en el sector agroindustrial y la influencia de actividades extractivas de recursos minerales sobre el medio ambiente.
- Además de los trabajos de otras instituciones para promover el desarrollo de la cuenca, INGEMMET ha realizado un trabajo eficaz de comunicación con comunidades con el objetivo de sensibilizar, comunicar y fomentar en la población de la cuenca, una cultura de prevención de desastres y de protección al medio ambiente, en especial los recursos hídricos.

## RECOMENDACIONES

- Las zonas inundables por tsunamis en la costa de la cuenca y áreas adyacentes deben manejarse de acuerdo a un plan de uso de suelo cuidadoso e integral para evitar la nueva generación de dichos desastres.
- Es necesario que la vía Sayán-Oyón permanezca en buen estado para un óptimo desenvolvimiento de las actividades socio-económicas de la cuenca, por lo que se recomienda asfaltarla. Asimismo, se recomienda con urgencia el mantenimiento de otras vías para facilitar el acceso y conexión entre centros poblados.
- En necesario realizar trabajos de encauzamiento y limpieza de los cauces de zonas donde se hayan producido huaycos de manera excepcional, y ampliar y mejorar las ya existentes, dado los cambios climáticos que predicen un nuevo fenómeno del niño.
- Debido a los valores obtenidos por los análisis químicos de aguas, en cuanto a la sodificación y salinidad, es recomendable adoptar medidas de precaución en los sectores donde se observaron dichos valores, si se quiere usar esta agua.
- Actualizar la Ley General de Aguas, toda vez que al compararla con normas internacionales en la mayoría de los casos resulta ser muy permisiva.
- Es necesario el establecimiento de una normatividad para sedimentos y suelos, comparable con los estándares internacionales.
- Es recomendable que las municipalidades en coordinación con instituciones educativas de la cuenca, eduquen a la población en relación al tratamiento adecuado de sus desechos domésticos y aguas residuales. En tal sentido, es responsabilidad de las autoridades municipales y regionales, plantear programas de manejo adecuado de los residuos sólidos, tanto municipales como de empresas privadas (minera, industrial, agrícola, establecimientos de salud, etc.), con el fin de erradicar problemas de salud y la proliferación de focos infecciosos.
- Se recomienda realizar estudios geológicos dirigidos a la identificación de áreas a ser utilizadas en la construcción de rellenos sanitarios, pozas de tratamiento de aguas residuales, entre otras, en toda la cuenca. Asimismo, estos rellenos deben ser controlados y monitoreados, para lo cual es necesaria la colaboración entre autoridades locales y la comunidad.
- La utilización de tierras con potencial agrícola requiere de moderadas medidas de manejo y conservación de suelos mediante la aplicación racional y balanceada de fertilizantes químicos.
- Para afrontar los problemas entre agricultores y ganaderos de la clase alta y baja es necesaria la creación de un ente regulador que esté constituido por el Estado, la industria láctea y los representantes de la ganadería nacional, para que negocien los precios de los productos según los costos de producción.
- Para zanjar los conflictos entre las grandes empresas agroindustriales y las comunidades campesinas es necesaria una comunicación efectiva que incluya la participación activa de la población.
- Se recomienda la difusión de este trabajo, a fin de contribuir con la creación de una cultura de prevención de desastres naturales y de cuidado al medio ambiente. Para ello se debe considerar que las medidas planteadas en este estudio son de carácter orientativo y permiten tomar medidas prioritarias a escala general; sin embargo, es necesaria la realización de estudios geológico-geotécnicos a escala de detalle, por ejemplo, en el caso de una expansión urbana local, en la corrección de problemas geológicos o en el diseño de las obras a efectuar.
- Es necesario que las autoridades locales tengan en cuenta, dentro de sus gestiones, el diseño e implementación de un adecuado plan de reforestación para la cuenca media y alta, cuya dirección debe estar a cargo de entidades del estado como PRONAMACHS, y los trabajos coordinados con las comunidades.
- En los planes de desarrollo territorial de la cuenca, es importante fomentar la conservación y asimilación del patrimonio arqueológico y cultural existente, así como su adecuada promoción y aprovechamiento como recurso turístico.



# BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, V. & MENDOZA, D. (2002) - *Aproximación a un modelo de susceptibilidad a movimientos de masa en el eje cafetero, Colombia*. Tesis Ingeniero Civil, Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Cali, 214 p.
- AGUIRRE, M. (1998) - *Estudio hidrológico de la cuenca del río Huaura*. Lima: Dirección General de Aguas y Suelos.
- ALEMANIA. MINISTERIO FEDERAL DE COOPERACIÓN ECONÓMICA Y DESARROLLO, ED. (1996) - Guía de protección ambiental: Material auxiliar para la identificación y evaluación de impactos ambientales. T. I: introducción, planificación suprasectorial, infraestructura. Eschborn: Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, 587 p. También disponible en: <<http://144.16.93.203/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/begin.htm>>
- ALVA, J.E.; MENESES, J. & GUZMÁN, V. (1984) - *Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú*. Ponencia presentada en el V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, 12-18 noviembre 1984. Lima: CISMID, 11 p., también disponible en Web: [http://www.cismid-uni.org/p\\_acelerograf/descargas/dmi.pdf](http://www.cismid-uni.org/p_acelerograf/descargas/dmi.pdf)
- APAZA, D. (1990). *Estudio hidrogeológico de la cuenca de la ciudad del Cusco*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, 141 p.
- AQUATEST & INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO (2007) - *Estudio de factibilidad de las construcciones balneológicas en las localidades de Cajamarca y Churín*. Lima: Aquatest, 249 p
- ASKEW, B. & ALGERMISSEN, S.T., eds. (1985) - Catálogo de Terremotos para América del Sur. Perú: Datos de hipocentros e intensidades. En: Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS), *Proyecto SISRA*, Lima, CERESIS, vol. 7, 3 t.
- ATKINS, D., et al. (2005) - *Evaluación de la calidad del agua en Cajamarca, Perú. Informe anual de monitoreo 2004-2005*. Cajamarca, 47 p. Preparado para: Compliance Advisor/Ombudsman (CAO) y La Mesa de Diálogo y Consenso CAO-Cajamarca., también disponible en Web: <http://www.cao-ombudsman.org/html-english/documents/EvaluaciondeLaCalidaddelAgua2004-2005.pdf>
- AYALA, F.J. & OLCINA, J. (2002) - *Riesgos naturales*. Barcelona: Ariel, 1512 p.
- BAQUERO, J. (2007) - *Hidrogeología minera y ambiental: síntesis de conceptos fundamentales*. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos, 233 p.
- BERNAL, I. & TAVERA, H. (2002) - *Geodinámica, sismicidad y energía sísmica en Perú*. Lima: Instituto Geofísico del Perú, 70 p.
- BERTONA, A. (2002) - Evaluación del pasivo ambiental: el costo de la oportunidad. *Ambiente Ecológico* (en línea), n. 83, mar-abr 2002. Disponible en: <[http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/2002/083\\_03.2002/083\\_Columnistas\\_AlbertoBertona.php3](http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/2002/083_03.2002/083_Columnistas_AlbertoBertona.php3)>
- B Y F CONSULTORES AMBIENTALES (2006) - *Evaluación Ambiental del Proyecto Mallay*, informe inédito. Lima: Cía. de Minas Buenaventura.
- BOHN, H.I.; MCNEAL, B.L. & O'CONNOR, G.A. (1985) - *Soil chemistry*. 2a. ed. New York: Wiley Interscience,
- BORENSTEIN, S. (2007) - There goes El Niño, here comes La Niña. *CBS News* (en línea), Feb. 28, 2007. (Consulta: 10 marzo 2008). Disponible en: <<http://www.cbsnews.com/stories/2007/02/28/tech/main2523483.shtml>>
- BUSSELL, M.A., et al. (1990) - The Ag-Mn-Pb-Zn vein replacement, and skarn deposits of Uchucchacua, Peru: studies of structure, mineralogy, metal zoning, Sr isotopes, and fluid inclusions. *Economic Geology*, 85 (7): 1348-1383.
- CAHILL, T.A. & ISACKS, B.L. (1991) - Seismicity and shape of the subducted Nazca plate. *Journal of Geophysical Research*, 97(B12): 17503-17529.
- CARRARA, A.; CARDINALI, M.; GUZZETTI, F. & REICHENBACH, P. (1995) - GIS technology in mapping

- landslide hazard. En: Carrara, A. & Guzzetti, F., eds. *Geographical information systems in assessing natural hazards*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 135-175.
- CASAVARDE, L. & VARGAS, J. (1980) - *Zonificación sísmica del Perú*. Lima: Pont. Univ. Católica del Perú, 32 p., PUC Serie Difusión, trabajo presentado en el II Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo Resistente, Lima, 1980.
- CASTANY, G. (1975) - *Prospección y explotación de las aguas subterráneas*. Barcelona: Ediciones Omega, 738 p.
- CASTANY, G. (1971) - *Tratado práctico de las aguas subterráneas*. Barcelona: Ediciones Omega, 672 p.
- CASTILLO, J. (1993) - *Peligro sísmico en el Perú*. Tesis, Fac. Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- CHIRA, J. (2007) - Calidad de aguas y sedimentos de la cuenca Jequetepeque. En: Estudio geoambiental de la cuenca de los ríos Jequetepeque y Loco de Chaman. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 36: 103-131.
- CHU, A. (2006) - La aldea precolombina de Bandurria, Huacho, Perú. *Apachita*, Boletín del Área de Arqueología (Quito-Ecuador), 5: 7-8. Escuela de Antropología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- CINYDE (2004) - *Estudio de impacto ambiental: Central Hidroeléctrica Santa Rosa I y II. Eléctrica Santa Rosa S.A.C.*, informe inédito (en línea). Lima: CYNIDE, 100 p., [Consulta: 8 febrero 2008]. Disponible en: <<http://www.bvcooperacion.pe:8080/biblioteca/handle/123456789/1261>>
- COBBING, E.J., PITCHER, W.S. & GARAYAR, J. (1973) - Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta. *Servicio de Geología y Minería, Boletín*, 26, 172 p.
- COLAS, G. & PILOT, G. (1976) - Description et classification des glissements de terrain. *Bulletin des Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, Numéro Spécial II, p. 21.30.
- CORPORACION ANDINA DE FOMENTO (2000) - *El Fenómeno El Niño 1997-1998: memoria, retos y soluciones. Volumen V: Perú* (en línea). s.l.: CAF, CEPAL, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Colombia), 293 p. (Consulta: 2 enero 2008). Disponible en: <<http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc15910/doc15910.htm>>
- CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO (2000) - El fenómeno El Niño 1997 - 1998: Memoria, retos y soluciones. Volumen V: Perú. (en línea). [s.l.]: CAF, 293 p. Prevención y Mitigación de Desastres Naturales, 5. (consulta: 06 enero 2009). Disponible en: <<http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc15910/doc15910.htm>>
- CRUDEN, D.M. (1991) - A simple definition of a landslide. *Bulletin International Association of Engineering Geology*, 43: 27-29.
- DÁVILA, S.; FIDEL, L.; OLIVARES, P. (1990) - Estudio geodinámico de la cuenca del río Huaura (Departamento: Lima). *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 14, 254 p.
- EDELNOR (2007) - *Estudio de impacto ambiental línea de transmisión 66 kv Huacho REP-Huacho. Capítulo IV: Situación ambiental del área del proyecto* (en línea). Lima: EDELNOR, 23 p. (Consulta: 13 enero 2008). Disponible en: <<http://www.minem.gob.pe/archivos/dgaae/publicaciones/resumen/documentos/Capt.%201,2,3,4,6,7,8..pdf>>
- ESTRUCPLAN (2007) - Impactos ambientales y actividades productivas. Construcción y mantenimiento de redes viales; construcción de caminos rurales (en línea). En: Estructplan On Line, *Salud, seguridad y medio ambiente en la industria*. Buenos Aires: Estructplan Consultora. (consulta: 13 enero 2009). Disponible en: <[www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=450](http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=450)>
- FALCÓN, V. & SALOMÓN, F. (2005) - San Cristóbal de Rapaz: su potencial turístico y problemática (en línea). En: Encuentro Nacional de Comunidades, Municipios y Turismo, 1, Lima, 2005. *Ponencias*. Lima: Arqueostudio. (Consulta: 13 enero 2008). Disponible en: <<http://www.arqueostudio.com/comunytur.html#ponencias>>
- FAO (1970) - *Reconocimiento sobre el uso de aguas y tierras para el desarrollo de la cuenca del río Huaura, Perú, informe final. Vol. III: Hidrología y climatología, e hidrogeología y geología aplicada a la ingeniería*. Roma: FAO, 207 p.
- FIDEL, L.; ZAVALA, B; NÚÑEZ, S.; VALENZUELA, G. (2006) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No. 4. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 29. 383 p.

- FUNG, R. (2004) - Reseña del salvamento arqueológico en Bandurria. Período Precerámico Tardío. En: Fung, R. *Quehaceres de la arqueología peruana: compilación de escritos*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Arqueología y Antropología, p. 325-334.
- GÓMEZ, A.; ALARCÓN, H. & GRISALES, A. (1975) - *Manual de conservación de suelos de ladera*. Chinchiná, Caldas: CENICAFÉ, 267 p.
- GONZÁLEZ, C. (2007) - Conservando nuestros recursos naturales: Quema de pastos (en línea). (Consulta: 11 de marzo de 2008). Disponible en: <<http://academic.uprm.edu/gonzalezclid17.htm>>
- GOODMAN, R.E. & BRAY, J.W. (1976) - Toppling of rocks slopes. En: Specialty Conference on Rock Engineering for Foundations and Slopes. *Proceedings*, Boulder, CO: American Society of Civil Engineers, vol. 2, p. 201-234
- GUEVARA, E. & CARTAYA, H. (2002). *Hidrología ambiental*. Valencia: Universidad de Carabobo.
- INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (2005) - Datos de intensidades sísmicas del Perú entre los años 1500 y 2005. Lima: Instituto Geofísico del Perú, Centro Nacional de Datos Geofísicos.
- INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA (2005) - El Proyecto Red de Pueblos en Perú finalizó su primera fase. *IICA Conexión* (en línea), n. 9, 29 jul. - 15 ago. 2005. (Consulta: 1 marzo 2008). Disponible en: <http://webiica.iica.ac.cr/prensa/IICAconexion/2005/n9/n9-2005.html>
- INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (2003) - *Atlas de Peligros Naturales del Perú*. Lima: INDECI, 327 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (1994a) - *Censos nacionales 1993, IX de población y IV de vivienda: Departamento de Lima, perfil demográfico*. Lima: INEI, Análisis Censal, 19.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (1994b) - Huaura: superficie agrícola bajo riego y en seco y superficie no agrícola y sus componentes, según tamaño de las unidades agropecuarias. En: *III Censo Nacional Agropecuario* (en línea). Lima: INEI. (Consulta: 12 de febrero de 2008). Disponible en: <<http://www.inei.gob.pe/BancoCuadros/cuadros.asp?bco=03&dep=15&pro=09&dis=00&cua=15090030>>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (1997) - *Infraestructura socioeconómica distrital 1997: características del departamento de Lima* (en línea). (Consulta: 20 enero 2008). Disponible en: <<http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0359/index.htm>>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (2000) - *Conociendo Lima* (en línea). Lima: INEI. (Consulta: 5 febrero 2008). Disponible en: <<http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0266/INDICE.HTM>>
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES (1996) - *Diagnóstico de la calidad del agua de la Vertiente del Pacífico. Cuenca del río Huaura* (en línea). Lima: INRENA, t. 1, p. 281-302. (Consulta: 2 enero 2008). Disponible en: <[http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/diagnostico\\_calidad\\_agua-tomo1/diagnostico\\_calidad\\_agua\\_cuenca\\_rio\\_huaura.pdf](http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/diagnostico_calidad_agua-tomo1/diagnostico_calidad_agua_cuenca_rio_huaura.pdf)>
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES (1996) - *Mapas del Perú Ambiental: 10 mapas a escala 1:250 000* (en línea). Lima: INRENA. (Consulta: 6 enero 2008). Disponible en: <[http://www.inrena.gob.pe/biblioteca/biblio\\_peru\\_ambiental.htm](http://www.inrena.gob.pe/biblioteca/biblio_peru_ambiental.htm)>
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES (2005) - *Administración Técnica del Distrito de Riego-Huaura* (en línea). Lima: INRENA. (Consulta: 6 enero 2008). Disponible en: <[www.inrena.gob.pe/irh/irh\\_infinteres\\_atdr\\_huaura.htm](http://www.inrena.gob.pe/irh/irh_infinteres_atdr_huaura.htm)>
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES (2005) - *Inventario y monitoreo de las aguas subterráneas en el valle Huaura*. Lima: INRENA, Intendencia de Recursos Hídricos, 90 p.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2008) - *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: working group II contribution to the fourth assessment report of the IPCC*. Cambridge: Cambridge University Press, 986 p.
- ISACKS, B.; OLIVER, J. & SYKES, L.R. (1968) - Seismology and the new global tectonics. *Journal of Geophysical Research*, 73(18): 5855-5899.
- JUNTA DE ANDALUCÍA. CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE (1999) - *Los criterios y estándares para declarar un suelo contaminado en Andalucía y la metodología y técnicas de toma de muestra y análisis para su investigación* (en línea). (Consulta: 2 de abril de 2008). Disponible en: <<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/menuitem.a5664a214f73c3df81d8899661525ea0/?vgnnextoid=47d8bb45c8bab010VgnVCM1000000624e50aRCRD&vgnnextchannel>>



=86e8185968f04010VgnVCM1000001625e50aRCRD  
&l=lang\_es>.

LANGMUIR, D. (1997) - *Aqueous environmental geochemistry*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 602 p.

LIMA. GOBIERNO REGIONAL (2003) - *Plan de desarrollo concertado de la Región Lima 2004-2006 (versión preliminar)*, (en línea). (Consulta: 28 enero 2008). Disponible en: <[http://www.mesadeconcertacion.org.pe/documentos/regional/2004\\_0304.pdf](http://www.mesadeconcertacion.org.pe/documentos/regional/2004_0304.pdf)>

MCCALPIN, J. (1984) - Preliminary age classification of landslides for inventory mapping. En: Symposium on Engineering Geology and Soils Engineering, 21st Annual, *Proceedings*. Moscow, ID: University of Idaho, p. 99-111.

MCGUIRE, R.K. (1974) - Seismic structural response risk analysis incorporating peak response regressions on earthquake magnitude and distance. MIT Report R74-51, Cambridge, Mass.

MCGUIRE, R.K. (1976) - Fortran computer program for seismic risk analysis. *U.S. Geological Survey, Open-File Report 76-67*, 68 p.

MEDRANO, W. (2001) - *Evaluación de la calidad de aguas residuales de la planta de tratamiento de Alba Rancho (SEMAPA) con fines de riego*. Tesis Maestría, Universidad Mayor de San Andrés, Cochabamba, 42p.

MEINZER, O.E. (1923) - Outline of ground-water hydrology, with definitions. *U.S. Geological Survey Water Supply Paper 494*, 71 p.

MENESES, J. (1985) - *Evaluación de acelerogramas y determinación de espectros de respuesta en Lima*. Tesis, Fac. de Ingeniería Civil, Univ. Nacional de Ingeniería, Lima.

MUÑOZ, F. & ELLERBECK, M. (2005) - Plan de acción subproyecto comunicación Proyecto MAP:GAC (CD-ROM). En: Congreso Latinoamericano de Geología, 12, Quito, 2005. *Resúmenes extendidos*. Quito: Colegio de Ingenieros Geólogos, de Minas, Petróleos y Ambiental, 10 p.

NACIONES UNIDAS. DEPARTAMENTO DE ASUNTOS HUMANITARIOS (1994). Tsunamis: evacuación de la población y planes de uso del suelo para mitigar sus efectos, localidades estudiadas en el Perú entre 1981 y 1994. Lima: INDECI, Marina de Guerra del Perú, 16 p.

NACIONES UNIDAS. ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES (2004) - *Vivir con el*

*riesgo: informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres*. Ginebra: Naciones Unidas, EIRD, 2 vols.

NÚÑEZ, S.; VILLACORTA, S.; CHIRA, J. & RIVERA, R. (2006) - Estudio geoambiental de la cuenca del río Chancay, Lambayeque. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 33, 139 p.

OBSERVATORIO DE LA DEUDA EN LA GLOBALIZACIÓN (2002) - *El pasivo ambiental: colectivo para la difusión de la deuda ecológica* (en línea). ODG. Julio de 2002. (Consulta: 8 marzo 2008). Disponible en: <[http://www.odg.cat/documents/enprofunditat/Deute\\_ecologic/3\\_pasivos\\_cast.pdf](http://www.odg.cat/documents/enprofunditat/Deute_ecologic/3_pasivos_cast.pdf)>

OEA & USAID (1993) - *Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado*. Washington, D.C.: Dpto. Desarrollo Regional y Medio Ambiente, OEA y USAID, 569 p. (Consulta: 7 marzo 2008). Disponible en: <<http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea65s/begin.htm>>

PALOMINO, U. (2007) - *Minado por sub-niveles con taladros largos en cuerpos y vetas, Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. en la unidad de producción Uchucchacua*. Tesis, Univ. Nac. San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil, Ayacucho, 91 p.

PEÑA, F., (2001) - *Estudio hidrogeológico del acuífero poroso no consolidado entre Saylla y Choquepata*. Tesis, Univ. Nac. San Antonio Abad del Cusco, 170 p.

PERÚ. LEYES (1969) - *Decreto Ley 17752: Ley general de aguas* (en línea). Lima: MINSA, 63 p. (Consulta: 12 febrero 2008). Disponible en: <[http://www.digesa.minsa.gob.pe/normas\\_legales/Aguas\\_Ecolog%C3%ADa%20Protecci%C3%B3n%20del%20Ambiente/DS17752.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/normas_legales/Aguas_Ecolog%C3%ADa%20Protecci%C3%B3n%20del%20Ambiente/DS17752.pdf)>

PERÚ. LEYES (1997) - Ley 26834: Ley de Áreas Naturales Protegidas (en Línea). Lima: Congreso de la República. (Consulta: 8 enero 2008). Disponible en: <<http://www.congreso.gob.pe/comisiones/1996/ambiente/lib05/LEY26834.HTM>>

PERÚ. MINISTERIO DE AGRICULTURA; INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES & DIRECCIÓN GENERAL DE AGUA Y SUELOS (1996) - *Mapa de suelos del Perú, escala 1: 5'000, 000*. Lima: INRENA, 61 p.

PERÚ. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES

- ENERGÉTICOS (2004) - *Guía para la elaboración de Programas de Adecuación y Manejo Ambiental* (en línea). Lima: MINEM, 19 p. (Consulta: 2 abril 2008). Disponible en: <<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/elaprograduacion.PDF>>
- PERÚ. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES (1998) - *Estudio de evaluación ambiental territorial y de planteamientos para reducción o eliminación de la contaminación de origen minero en la cuenca del río Huaura* (en línea). Lima: MINEM, DGAA, 51 p. (Consulta: 13 diciembre 2007). Disponible en: <<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgaam/publicaciones/evats/huaura/huaura.PDF>>
- PERÚ. MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN (2007) - Mapa de catastro acuícola (en línea). (Consulta: 10 febrero 2008). Lima: PRODUCE. Disponible en: <[http://www.produce.gob.pe/mipe/catastro/map\\_peru.php](http://www.produce.gob.pe/mipe/catastro/map_peru.php)>
- PIPER, A.M. (1944) - A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis. *Eos, Transactions, Am. Geophysical Union*, 25: 914-923.
- PROYECTO DE CONSERVACIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE DE LOS HUMEDALES DE LA COSTA CENTRAL (2006) - *Albufera de Medio Mundo: Un espejo natural, de vital importancia para la recreación y el turismo a nivel local y regional* (en línea). Lima: PROCOMHCC. (Consulta: 15 febrero 2008). Disponible en: <[http://www.prohumedales.com.pe/medio\\_mundo.html](http://www.prohumedales.com.pe/medio_mundo.html)>
- PRUEB, A. (1997) - *Action values for mobile (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-extractable) trace elements in soils based on the German national standard DIN 19730*. En: Prost R., ed. Contaminated soils. Paris: INRA editions, p. 415-423.
- ROMERO, D. (2007) - *La cuenca Cretácico Superior-Paleoceno del Perú central: un metalotecto para la exploración del SMV, ejemplo mina María Teresa*. Tesis Maestría, Universidad Politécnica de Madrid, Red DESIR, 100p.
- SALAS, E. (2000) - Yacimiento polimetálico Iscaycruz. En: Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, 1, Lima, 1999. *Primer volumen de monografías de yacimientos minerales peruanos: historia, exploración y geología*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, p. 275-300.
- SALOMÓN, F; BREZINE, C.; DE LAS CASAS, G. & FALCÓN, V. (2006) - Los khipus de Rapaz en casa: un complejo administrativo-ceremonial centroperuano (en línea). *Revista Andina*, Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas, Cusco, 43, 2 p. (Consulta: 15 marzo 2008). Disponible en: <<http://revistandina.perucultural.org.pe/textos/43salomon.doc>>
- SANDERS, L.L. (1998) - *A manual of field hydrogeology*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 381 p.
- SÉBRIER, M., et al. (1982) - *Observaciones acerca de la neotectónica del Perú*. Lima: Instituto Geofísico del Perú, 107 p.
- SEED, H.B.; UGAS, C. & LYSMER, J. (1976) - Site-dependent spectra for earthquake-resistant design. *Bull. Seismological Soc. America*, 66(1):221-243.
- SILGADO, E. (1992) - *Investigaciones de sismicidad histórica en la América del Sur en los siglos XVI, XVII, XVIII y XIX*. Lima: Centro Regional de Sismología para América del Sur, CONCYTEC, 108 p.
- SILGADO, E. (1969) - Sismicidad de la región occidental de la América del Sur entre los paralelos 2° y 18° Latitud Sur. En: Congreso Nacional de Sismología e Ingeniería Antisísmica, 1, Lima, Universidad Nacional de Ingeniería, p. 33-44.
- 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, 130p.
- SILGADO, E. (1973) - Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú 1955-1970. *Geofísica Panamericana*, 2 (1): 179-243.
- STIFF, H.A. (1951) - The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. *Journal of Petroleum Technology*, 3(10): 15-17.
- STRUCKMEIER, W.F. & MARGAT, J. (1995) - *Hydrogeological maps a guide and a standard legend*. Hannover: International Association of Hydrogeologists, Contributions to Hydrogeology, 17, 193 p.
- TAVERA, H. & BUFORN, E. (2001) - Source mechanism of earthquakes in Peru. *Journal of Seismology*, 5(4): 519-539
- TURNER, B.L., et al. (2003) - Illustrating the coupled human-environment system for vulnerability analysis: Three case studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 100(14): 8080-8085.

- VARNES, D.J. (1978) - Slope movement types and processes. En: Schuster, R.L. & Krizek, R.J., eds., *Landslides: analysis and control*. Washington, DC: Transportation Research Board, National Research Council Special Report 176, p. 11-33.
- VÁSQUEZ, C. (1999) - *Estudio de fuentes de agua para la localidad de Huacho*. Huacho, Lima: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, 45 p.
- VERA, C. (1975) - *Estudio hidrogeológico del valle de Huaura. Prov. Chancay, Dpto. Lima*. Tesis Bach., Univ. Nac. Mayor de San Marcos, Lima, 60 p.
- VERSTAPPEN, H.T. & VAN ZUIDAM, R.A. (1991) - *El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos: Una base para la evaluación de recursos y riesgos naturales*. Enschede (Holanda): ITC, 89 p. ITC Publication, 10.
- VÍLCHEZ, M. CHIRA, J.; VILLACORTA, S.; PEÑA, F. & PARI, W. (2007) - Estudio geoambiental de la cuenca de los ríos Jequetepeque y Loco de Chaman. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica*, 36, 294 p.
- VILLACORTA, S. (2007) - *Análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera en la cuenca del río Llaminchán (Cajamarca, Perú)*. Tesis Maestría, Universidad Politécnica de Madrid, Red DESIR,
- WILCOX, L.V. (1955) - Classification and use of irrigation water. *U.S. Department of Agriculture Circular 969*, 19 p.
- WIEGEL, R.L., ed. (1970) - *Earthquake engineering*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 518 p.
- YUPARI, A. (2004) - Taller Nacional para Autoridades de Localidades Mineras en el Perú. Informe (en línea). Elaborado para CEPAL & UNCTAD, 28 p. (Consulta: 10 de febrero de 2008). Disponible en: <<http://www.eclac.cl/drni/noticias/noticias/5/15185/InformeTaller.pdf>>

# **ANEXO 1**

## **GLOSARIO**



## GLOSARIO

Para aclarar el significado de términos que, por pertenecer al campo especializado de las temáticas abarcadas en este estudio, pueden causar confusión para quien no los emplea de forma habitual, es necesario conocer las definiciones básicas que se mostrará a continuación.

Es importante indicar que, en este glosario, se muestran solo las definiciones adecuadas al contexto de la presente publicación, mas si se quiere profundizar en otras acepciones y términos no contemplados aquí, en el apartado Bibliografía se recogen algunos documentos donde se amplían y complementan los conceptos del presente apartado.

**Adaptación.** Ajuste de los sistemas humanos o naturales en respuesta a los peligros geológicos o a sus efectos actuales o esperados (IPCC, 2007). No solo está relacionada a la exposición, sino también a la sensibilidad de los recursos y al accionar de las poblaciones. De esta manera, la adaptación eficaz depende del capital social y biofísico, los cuales tienen influencia en la forma en que las poblaciones hacen frente a los peligros. Los mecanismos generados en este proceso pueden ajustarse —o crearse otros— en base a la experiencia (Turner *et al.*, 2003).

**Balance hídrico.** Se emplea para evaluar los aportes y pérdidas de agua en una cuenca hidrográfica.

**Cuenca hidrográfica.** Porción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural. Una cuenca hidrográfica se define por la sección del río al cual se hace referencia y es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada «divisoria de aguas».

**Cambio climático.** Alteración del clima, en un lugar o región, detectada cuando se produce un cambio estadístico significativo en las mediciones promedio o variabilidad del clima de ese lugar. Los cambios de clima pueden generarse debido a procesos naturales o antropogénicos persistentes (IPCC, 2001).

**Contaminación ambiental.** Significa todo cambio indeseable en algunas características del ambiente que afecta negativamente a todos los seres vivos del planeta. Estos cambios se generan en forma natural o por acción del ser humano (IPES, 2005).

**COMCOM.** Comunicación con comunidades. Estrategia de comunicación, información y diálogo con la población, específicamente con las autoridades distritales, locales, provinciales y regionales, con el fin de hacerlas partícipes de las labores emprendidas por INGEMMET, para analizar e identificar zonas críticas y así plantear planes de prevención y mitigación ante la ocurrencia de fenómenos naturales.

**Desarrollo sostenible.** Desarrollo que cubre las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de cubrir sus propias necesidades. Incluye dos conceptos

fundamentales: «necesidades», en particular aquellas inherentes a los pobres, a quienes se debe dar prioridad, y la idea de «limitaciones» de la capacidad del ambiente para resolver necesidades presentes y futuras, las cuales están impuestas por el estado de la tecnología y la organización social (Comisión Brundtland, 1987).

**Estudio de Riesgos.** Tiene por objetivo analizar e identificar los probables escenarios de emergencia que pueden presentarse en el medio donde vivimos, teniendo en cuenta los elementos en riesgo: población, infraestructura y su respuesta ante la ocurrencia de fenómenos naturales.

**El Niño-Oscilación del Sur (ENSO).** Interacción compleja del océano pacífico tropical y la atmósfera global que origina episodios de repetición variable de cambio en los patrones oceánicos y meteorológicos en diversas partes del mundo. Frecuentemente, causa impactos significativos, como la alteración en los hábitats marinos; cambios en los niveles de precipitación, como inundaciones o sequías, y cambios en patrones de tormenta. Se le asocia a temperaturas oceánicas por encima de la media a lo largo de las costas de Ecuador, Perú y el norte de Chile, así como a lo largo del océano Pacífico, en su zona ecuatorial este. La Oscilación del Sur se refiere a los patrones mundiales de cambios en las precipitaciones y presión atmosférica (EIRD/ONU, 2004).

**Fauna silvestre.** Especies animales no domesticadas que viven libremente, y los ejemplares de especies domesticadas que por abandono u otras causas se asimilan a la vida silvestre, con excepción de las especies diferentes a los anfibios que nacen en las aguas marinas y continentales, las cuales se rigen por sus propias leyes (Ley N.º 27308, Ley Forestal y de Fauna Silvestre).

**La Niña.** Se refiere a patrones o condiciones aproximadamente inversas a El Niño. Estos fenómenos pueden durar varias temporadas (EIRD/ONU, 2004).

**Medidas de control.** Todas aquellas medidas tomadas para contrarrestar y/o reducir el riesgo de desastres. Frecuentemente

comprenden medidas de ingeniería (estructurales), pero pueden también incluir medidas no estructurales y herramientas diseñadas y empleadas para evitar o limitar el impacto adverso de amenazas naturales y de desastres ambientales y tecnológicos consecuentes (EIRD/ONU, 2004).

**Medidas estructurales y no estructurales.** Medidas de ingeniería y de construcción tales como protección de estructuras e infraestructuras para reducir o evitar el posible impacto de amenazas. Las medidas no estructurales se refieren a políticas, concientización, desarrollo del conocimiento, compromiso público y métodos o prácticas operativas, incluyendo mecanismos participativos y suministro de información, los cuales pueden reducir el riesgo y su consecuente impacto (EIRD/ONU, 2004).

**Medio Ambiente.** Todo aquello que nos rodea y que debemos cuidar para mantener limpia nuestra ciudad, colegio, hogar, etc.; es decir, todo lugar donde podamos estar que sea saludable e ideal para vivir (Tablero H, 2003).

**Mitigación.** Medidas estructurales y no estructurales emprendidas para limitar el impacto adverso de la degradación ambiental y de las amenazas naturales y tecnológicas (EIRD/ONU, 2004).

**Movimientos en masa.** Movimiento, ladera abajo, de material terrestre debido a la fuerza de gravedad (INGEOMINAS; 2001).

**PAMA.** Programa de Adecuación y Manejo Ambiental. Programa que contiene acciones, políticas e inversiones necesarias para reducir prioritariamente la cantidad de sustancias peligrosas o contaminantes que ingresan al sistema, o la infraestructura de disposición de residuos que se viertan o emitan al ambiente. Incluye acciones de reciclaje y reutilización de bienes como medio para reducir los niveles de acumulación de desechos, prevenir la contaminación ambiental y reducir o eliminar las emisiones y vertimientos para cumplir con los patrones ambientales establecidos por la autoridad competente (DGAA, 1999).

**Petroglifos.** Representaciones gráficas grabadas en rocas hechas por nuestros antepasados prehistóricos, sobre todo a partir del Neolítico. Constituyen antecedentes de los símbolos previos a la escritura, cuyo uso en la comunicación data del 10 000 a.C. y llega a los tiempos modernos, dependiendo de la cultura y el lugar. La palabra proviene de los términos griegos *petros* (piedra) y *glyphein* (tallar), lo cuales fueron acuñados en francés como *pétroglyphe*. No deben confundirse con pictografías (dibujos pintados sobre las rocas), aunque ambos pertenecen al arte rupestre.

**Peligro / Peligrosidad / Amenaza.** Evento físico potencialmente perjudicial, fenómeno y/o actividad humana que puede causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental (EIRD/ONU, 2004).

**Peligros Geológicos / Amenazas Geológicas.** Procesos o fenómenos naturales terrestres que puedan causar pérdida de vida o daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Incluyen procesos terrestres internos (endógenos) o de origen tectónico, tales como terremotos, tsunamis, actividad de fallas geológicas, actividad y emisiones volcánicas, así como procesos externos (exógenos), tales como movimientos en masa (deslizamientos, caídas de rocas, avalanchas, colapsos superficiales, licuefacción, suelos expansivos, deslizamientos marinos y subsidencias). Las amenazas geológicas pueden ser de naturaleza simple, secuencial o combinada, en su origen y efectos. (EIRD/ONU, 2004).

**Planificación territorial:** Rama de la planificación física y socio-económica que determina los medios y evalúa el potencial o limitaciones de varias opciones de uso del suelo. Incluye estudios, mapeo, análisis de información ambiental y sobre peligros, así como formulación de decisiones alternativas sobre el uso del suelo y el diseño de un plan de gran alcance a diferentes escalas geográficas y administrativas. La planificación territorial puede ayudar a mitigar desastres y reducir riesgos, así como a favorecer el control de la densidad poblacional y su expansión, el adecuado trazado de vías de comunicación, conducción energética, agua, alcantarillado y otros servicios vitales (EIRD/ONU, 2004).

**Prevención.** Conjunto de actividades y medios relacionados a evitar o minimizar el impacto adverso de amenazas, desastres ambientales, tecnológicos y biológicos relacionados con dichas amenazas.

La elaboración y ejecución de planes de prevención dependen de la viabilidad social y técnica, consideraciones de costo/beneficio e inversión en medidas preventivas que se justifica en áreas afectadas frecuentemente por desastres (EIRD/ONU, 2004).

**Riesgo.** Probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental), resultado de interacciones entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad. Convencionalmente el riesgo es expresado por la expresión Riesgo = Amenazas x vulnerabilidad.

Algunas disciplinas también incluyen el concepto de exposición para referirse principalmente a los aspectos físicos de la vulnerabilidad. Más allá de expresar una posibilidad de daño físico, es crucial reconocer que los riesgos pueden ser inherentes, ya que aparecen o existen dentro de sistemas sociales (EIRD/ONU, 2004).

**Recursos naturales.** Materiales de la naturaleza que los seres humanos pueden aprovechar para satisfacer sus necesidades

(alimento, vestido, vivienda, educación, cultura, recreación, etc.). Los recursos naturales son la fuente de las materias primas (madera, minerales, petróleo, gas, carbón, etc.) que transformadas sirven para producir bienes diversos (Brack. A. y Mendiola C., 2007).

**Sensibilización.** Información a la población en general, con el propósito de incrementar sus niveles de respecto a riesgos potenciales y sobre acciones a tomar para reducir su exposición a los peligros. Promueve el cambio de comportamiento que conduce a una cultura de reducción del riesgo, lo cual implica información pública, difusión, educación, así como la promoción del establecimiento futuro de centros, redes de información y acciones comunitarias participativas (EIRD/ONU, 2004).

**Susceptibilidad.** Grado de propensión que tiene una zona a

que allí se genere —o resulte afectada— por un movimiento en masa debido a sus condiciones intrínsecas, las cuales pueden ser la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, las condiciones de drenaje superficial y subsuperficial, la cobertura del terreno y la trayectoria de la masa en movimiento (INGEOMINAS, 2001).

**Talud.** Inclinação artificial que se le da a un terreno luego de efectuar un corte de carretera.

**Vulnerabilidad.** Condición determinada por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, los cuales aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de amenazas. El grado de habilidad de las personas o comunidad para hacer frente con eficacia a los peligros geológicos puede disminuir la vulnerabilidad (EIRD/ONU, 2004).





## **ANEXO 2**

**CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS DE LAS FUENTES  
MUESTREADAS, POTABILIDAD Y VALORES QUE SUPERAN EL  
NIVEL MÁXIMO DE CONTAMINANTES (MCL)**



**Características Hidroquímicas de las Fuentes Muestreadas,  
Potabilidad y Valores que superan el Nivel Máximo de Contaminantes (Mcl)**

Código	Nombre	Ph	Tds mg/l	Ce uS/cm	Hg ug/l	Cd ug/l	Cr ug/l	Ni ug/l	Cu ug/l	Pb ug/l	Zn ug/l	As ug/l	No3 mg/l	So4 mg/l	Na mg/l	Potabilidad
QUm-02	Ucruchaca	8,3	219,0	331,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	9,0	0,5	0,6	48,0	0,7	Aceptable
QUm-03	Yarahuatun	8,6	413,0	587,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	0,3	62,0	1,0	Aceptable
QUm-06	Maeva	4,9	64,1	95,5	0,5	1,0	0,5	5,0	1,5	5,0	307,0	18,0	0,0	29,0	0,8	No aceptable
QUt-09	Cofoc	6,5	134,1	188,9	0,5	0,5	0,5	3,0	1,5	2,0	302,0	16,0	0,1	49,0	0,7	No aceptable
QUm-11	Padre	7,3	234,0	344,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	6,0	0,1	96,0	2,1	Aceptable
QUm-13	Quichas 04	7,5	227,0	334,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	0,7	41,0	0,9	Aceptable
QUm-14	Quichas 02	4,9	45,2	64,7	0,5	0,5	0,5	5,0	1,5	17,0	38,0	0,5	0,0	16,0	0,2	No aceptable
QUm-17	Surucocha	7,0	95,7	103,0	0,5	0,5	0,5	2,0	1,5	2,0	10,0	0,5	0,0	27,0	0,8	Aceptable
QUm-21	Pargocorral	9,0	16,5	28,9	0,5	0,5	0,5	2,0	1,5	2,0	8,0	0,5	0,1	10,0	0,2	Aceptable
QUm-22	La Rinconada	9,1	26,6	41,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	17,0	0,5	0,1	14,0	1,3	Aceptable
QUs-23	Aguashcocha	9,0	397,0	546,0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	69,0	0,5	0,6	194,0	2,5	Aceptable
QUm-24	Chaco	7,9	531,0	770,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	0,0	247,0	1,5	Aceptable
QUm-26	Suerococha	8,9	238,0	311,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	8,0	0,5	0,1	60,0	2,7	Aceptable
QUm-29	Gayac 03	8,4	144,0	136,2	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	7,0	6,0	0,0	18,0	0,2	Aceptable
QUm-30	Cochapata	6,8	33,1	51,4	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	6,0	0,5	0,0	9,0	2,0	Aceptable
QUm-31	Pucarangra 01	7,0	572,2	1.140,0	0,5	0,5	0,5	2,0	1,5	2,0	14,0	0,5	0,0	29,0	2,3	Aceptable
QUs-34	Chacua 01	8,8	14,2	34,2	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	0,0	5,0	1,0	Aceptable
PPs-01	Ushupata	7,8	781,0	1.090,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	6,0	3,3	237,0	39,5	Aceptable
PPs-02	Huachac	8,5	240,0	353,0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	0,5	0,3	22,0	1,0	Aceptable
PPs-03	Pampacancha	9,2	385,0	530,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	19,0	0,5	0,7	77,0	2,6	Aceptable
PPT-04	Patón	7,6	194,5	280,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5		77,4	5,8	Aceptable
PPm-06	Curupata	7,8	491,0	700,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	9,0	0,5	0,1	179,0	0,6	Aceptable
PPm-07	Yuracorral	7,6	65,1	93,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	5,0	9,0	0,5	0,4	5,0	0,2	Aceptable
PPm-11	Tabladas	7,7	142,0	206,0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	8,0	0,5	0,1	16,0	1,3	Aceptable
PPm-13	Chacua (EU-20)	8,3	204,5	457,0	0,0	2,5	0,5	1,0	2,5	20,0	142,0	20,0			4,6	No aceptable
CQm-02	Pogpaga	7,9	209,0	294,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	6,0	2,5	0,5	0,2	4,0	2,8	Aceptable
CQm-04	Huancahuasi 02	8,6	446,0	627,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	4,0	2,5	0,5	1,2	121,0	7,3	Aceptable

Código	Nombre	Ph	Tds mg/l	Ce uS/cm	Hg ug/l	Cd ug/l	Cr ug/l	Ni ug/l	Cu ug/l	Pb ug/l	Zn ug/l	As ug/l	No3 mg/l	So4 mg/l	Na mg/l	Potabilidad
CQm-05	Huancahuasi 01	7,8	455,0	651,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	1,5	51,0	3,0	Acceptable
CQt-06	Huancahuasi 03	7,9	692,4	1.624,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5		77,4	71,0	Acceptable
CQt-07	Picoy	7,2	1.491,7	1.780,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5		911,9	75,0	No acceptable
COs-08	Huamamarca	8,8	223,0	321,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	0,5	42,0	1,0	Acceptable
CQt-10	Cheyey 02	6,8	1.670,0	2.360,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	0,0	1.196,0	17,2	No acceptable
CQm-13	Naurín	8,2	274,0	394,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	6,0	0,5	0,6	56,0	1,6	Acceptable
CQm-14	Pumpul	8,4	360,0	488,0	0,5	0,5	0,5	7,0	1,5	2,0	13,0	0,5	0,3	62,0	2,9	No acceptable
CQm-15	Rapaz	8,8	216,0	322,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	0,5	31,0	1,5	Acceptable
CQm-19	Poacpuquio	8,3	199,0	297,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	0,4	15,0	0,8	Acceptable
COs-22	Lariac	8,5	28,8	41,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	0,0	2,0	0,2	Acceptable
CQm-24	Tinyag	7,4	501,0	707,0	0,5	12,0	0,5	3,0	1,5	2,0	8.019,0	0,5	0,0	324,0	0,3	No acceptable
COs-27	Huasacocho 02	8,4	132,3	187,0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	7,0	0,5	0,0	20,0	1,9	Acceptable
CQm-30	Yanamachay	8,2	80,7	11,9	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	6,0	14,0	0,5	0,0	15,0	2,0	Acceptable
COs-32	Cochaquillo 02	8,4	163,0	236,0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	8,0	8,0	0,0	25,0	1,4	Acceptable
CQm-34	Parquin 02	8,3	247,0	354,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	11,0	406,0	0,5	0,3	37,0	1,5	No acceptable
HCT-01	Fierro	6,1	1.497,6	2.450,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5		370,8	300,0	No acceptable
HCT-02	Tingo	6,7	2.066,1	3.730,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5		241,7	530,0	No Acceptable
HCT-03	La Juventud	6,7	1.220,0	1.739,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5		492,2	87,0	Acceptable
HCr-06	Chinchicola	7,3	177,0	257,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	4,0	6,0	0,5	1,2	51,0	4,6	Acceptable
HCr-09	Shumay 02	8,1	189,0	283,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	5,0	6,0	0,5	1,1	48,0	6,7	Acceptable
HCr-12	Andajes	8,5	183,0	250,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	11,0	0,3	37,0	5,0	No acceptable
HCr-13	Guagaypallac	8,3	316,0	437,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	0,6	81,0	3,9	Acceptable
HCr-14	Patracra	8,5	296,0	427,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	0,0	74,0	2,3	Acceptable
HCr-15	Pachangara	8,7	144,0	200,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	4,0	6,0	0,5	0,5	7,0	0,8	Acceptable
HCr-16	Matara	8,0	450,0	645,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	13,0	20,0	0,3	145,0	24,7	No acceptable
HCr-18	Tectawayn	8,4	333,0	484,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	5,0	33,0	0,3	73,0	18,5	No acceptable
HCr-20	Mallay	8,4	159,0	230,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	5,0	2,5	0,5	0,3	40,0	2,3	Acceptable
HCr-23	Rautupuntay	8,8	88,2	130,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	0,5	19,0	2,9	Acceptable

Código	Nombre	Ph	Tds mg/l	Ce uS/cm	Hg ug/l	Cd ug/l	Cr ug/l	Ni ug/l	Cu ug/l	Pb ug/l	Zn ug/l	As ug/l	No3 mg/l	So4 mg/l	Na mg/l	Potabilidad
HCm-30	Nava	9,0	179,0	257,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	0,3	30,0	0,6	Aceptable
HCt-33	Rupay 02	6,8	2.610,0	3.780,0	0,0	2,5	5,0	1,0	2,5	5,0	23,0	260,0	0,8	1.013,0	337,0	No aceptable
HCt-35	La Meseta 01	6,8	1.241,6	1.873,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5		477,4	90,0	Aceptable
HCt-36	Viroc	7,1	503,8	688,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5		303,3	17,0	Aceptable
HCm-38	Gachumpati	8,4	338,0	444,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	5,0	2,5	0,5	0,4	50,0	2,7	Aceptable
HCm-40	Tinta	4,7	81,0	129,2	0,5	0,5	0,5	8,0	1,5	5,0	187,0	0,5	0,2	30,0	0,5	No aceptable
HCt-41	Mama Huarmi	7,7	1.226,1	1.753,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5		501,7	85,0	No aceptable
HCt-42	La Verruga	7,1	1.060,5	1.853,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5		431,7	67,0	Aceptable
CHs-01	Checras	8,5	365,0	522,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	10,0	0,5	0,4	146,0	11,6	Aceptable
CHm-02	Tongos	8,2	315,0	445,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	9,7	48,0	11,1	Aceptable
CHm-03	Tulpay	7,9	344,0	485,0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	5,0	0,5	5,0	41,0	11,4	Aceptable
CHm-04	Yuraccasha	8,2	324,0	465,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	6,0	14,0	0,5	0,8	72,0	3,3	Aceptable
CHs-05	Cayash	8,3	371,0	523,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	0,6	133,0	4,0	Aceptable
CHm-07	Yachicocha	7,6	352,0	505,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	8,0	10,0	0,5	8,1	73,0	2,3	Aceptable
CHm-08	Curay	8,2	422,0	600,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	7,0	14,0	0,5	0,3	104,0	1,7	Aceptable
CHm-11	Acain 01	8,1	2.450,0	3.520,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	0,0	2.275,0	38,8	No aceptable
CHm-12	Puñón	8,3	158,0	233,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	7,0	6,0	0,7	16,0	7,3	Aceptable
CHm-15	Maray	6,5	10,0	14,2	0,5	0,5	0,5	2,0	5,0	2,0	10,0	0,5	0,7	6,0	1,2	Aceptable
CHm-16	Acain 02	8,5	189,0	280,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	5,0	9,0	0,5	0,1	31,0	2,9	Aceptable
CHs-18	Juitacocha	8,8	142,0	206,0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	8,0	0,5	0,0	19,0	0,8	Aceptable
CHm-19	Canin 01	5,3	9,8	13,8	0,5	0,5	0,5	7,0	1,5	9,0	52,0	0,5	0,1	11,0	0,7	No aceptable
CHm-21	Chiuchin	7,9	301,0	430,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	0,8	79,0	8,1	Aceptable
CHm-22	Mayobamba	8,2	228,0	326,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	5,0	6,0	0,5	0,4	35,0	4,0	Aceptable
CHt-23	Huancachin	6,1	1.506,5	3.880,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5		74,9	290,0	No aceptable
CHm-24	Jucul	8,1	137,9	196,4	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	12,0	0,5	0,3	35,0	3,3	Aceptable
HPm-01	Liple	7,8	178,0	233,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	5,0	7,0	0,5	2,0	16,0	9,5	Aceptable
HPm-02	Navan	7,9	61,2	87,6	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	0,1	16,0	5,8	Aceptable
HPm-03	San Benito	9,0	114,3	300,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	4,0	5,0	0,5	0,4	23,0	4,0	Aceptable
HSm-01	Campos	9,2	380,0	770,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	2,0	115,0	23,8	Aceptable
HSp-02	IRHS-55	8,5	360,0	720,0	0,5	0,5	0,5	0,5	4,0	6,0	42,0	0,5	2,6	93,0	23,6	Aceptable
RCm-02	Vista Alegre 02	8,8	230,0	460,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	7,0	0,5	3,2	50,0	34,0	Aceptable

Código	Nombre	Ph	Tds mg/l	Ce uS/cm	Hg ug/l	Cd ug/l	Cr ug/l	Ni ug/l	Cu ug/l	Pb ug/l	Zn ug/l	As ug/l	No3 mg/l	So4 mg/l	Na mg/l	Potabilidad
RCs-12	Huari 02	6,4	50,0	110,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	6,0	0,5	0,1	7,0	6,5	Acceptable
RCm-13	Yancao	8,7	27,7	21,9	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	9,0	0,5	0,0	6,0	1,8	Acceptable
RCm-15	Santo Domingo	8,2	70,8	96,7	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	6,0	8,0	5,0	0,3	3,0	3,6	Acceptable
RCm-16	Apache 02	8,2	60,0	86,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	7,0	0,5	0,0	8,0	4,5	Acceptable
RCm-19	Santa Cruz	8,3	38,2	54,7	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	5,0	11,0	0,5	1,0	3,0	3,8	Acceptable
RCm-21	Auquimarca 01	6,9	62,5	92,3	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	4,0	18,0	0,5	1,1	4,0	4,8	Acceptable
Hp-01	IRHS-03	7,5	980,0	1.412,0	0,0	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	15,0	0,5	19,1	239,0	140,0	No acceptable
Hp-02	Hotel Casa Blanca	7,6	959,0	1.411,0	0,0	0,5	1,0	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	4,1	207,0	140,0	Acceptable
Hp-03	Paraiso	7,5	1.940,0	2.860,0	0,0	0,5	0,5	0,5	7,0	2,0	7,0	6,0	2,6	619,0	140,0	No acceptable
SRm-02	Poderosa	9,7	330,0	670,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,5	0,5	4,6	103,0	45,6	Acceptable





### Descripción de las Principales Caídas de Rocas y Derrumbes Inventariados en la Cuenca del Río Huaura

Código	Provincia/ Distrito/ Paraje	Causas o Factores Desencadenantes para su Ocurrencia	Comentario Geodinámico	Daños a la Vida y la Propiedad
154931040	Oyón, Pachangara, cerro Huallarancca	Substrato volcánico con discontinuidades y fallas locales, naturaleza del suelo, morfología, precipitaciones pluviales intensas, sismicidad.	Derrumbes antiguos reactivados en las laderas del cerro en la margen izquierda del río Huaura, involucra roca y material coluvial.	Afecta tramo de carretera Sayán-Churín en un tramo de 200 m y puede afectar postes de luz.
154931055	Huaura, Paccho, Uchicaca	Precipitaciones pluviales intensas, depósitos aluviales y proluviales inestables, pendiente, aguas subterráneas, filtraciones, sismicidad.	Derrumbe en la margen izquierda de la quebrada Paccho, dicho derrumbe ocurrió en el fenómeno de El Niño de 1997-1998 represó la quebrada Paccho; este derrumbe es de grandes dimensiones y es que mayor cantidad de material aporta a la quebrada.	Represó la quebrada Paccho y ocasionó el huayco que afectó al poblado de Pacchotingo.
154911071	Oyón, Pachangara, cerro Toldo Rumi	Depósitos aluviales y proluviales inestables, pendiente, precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial.	Caída de rocas y derrumbes antiguos reactivados en las laderas del cerro Toldo Rumi de hasta 5 m, además de material suelto, compromete rocas y material coluvial.	Podría afectar a la Minicentral Hidroeléctrica de Churín.
154931216	Oyón, Caujul, Huancoy	Substrato volcánico con discontinuidades y fallas locales, pendiente, sismicidad, precipitaciones pluviales intensas.	Antigua caída de bloques en las laderas superiores a Huancoy, reactivada por sectores. Bloques de material proluvial y roca fracturada y alterada podrían caer al pueblo de Huancoy.	Puede afectar viviendas de Huancoy.
154931230	Oyón, Caujul, Tambojirca	Colapso de canal de irrigación, substrato volcánico con discontinuidades y fallas locales, pendiente, aguas subterráneas: filtraciones, precipitaciones pluviales intensas.	Derrumbe reactivado de la margen izquierda de la quebrada Quiscas, filtraciones del canal de irrigación. Laderas con huellas de antiguos derrumbes en depósitos proluviales.	Destrucción de canal de irrigación principal de Caujul.
154931235	Oyón, Checras, Lagsaura	Dinámica fluvial; aguas subterráneas: filtraciones, mal sistema de riego; uso inadecuado del agua; depósitos proluviales erosionados; pendiente; precipitaciones pluviales intensas.	Derrumbe antiguo reactivado en la margen izquierda del río Checras. Abundante material suelto en las laderas. Con lluvias fuertes, el río crece, inunda y erosiona el talud inferior reactivando el derrumbe. Se observan grietas en la carretera de hasta aproximadamente 30 cm de ancho. Se observan filtraciones. Derrumbe del talud inferior por filtraciones.	Afectó tramo de carretera Sayán-Chiuchin en aproximadamente 50m, terrenos de cultivo.

Código	Provincia/ Distrito/ Paraje	Causas o Factores Desencadenantes para su Ocurrencia	Comentario Geodinámico	Daños a la Vida y la Propiedad
154911339	Oyón, Oyón, cerro Potrero	Areniscas intercaladas con lutitas y limoarcillitas de baja calidad, pendiente muy fuerte, precipitaciones pluviales intensas, aguas subterráneas, corte de carretera.	Caída de rocas activada por el corte de la carretera. El talud rocoso presenta rotura mixta, siendo irregular. Se observan bloques inestables a punto de desprenderse hasta de 2 m.	Posible afectación a la carretera Churín-Oyón.
144811189	Huaura, Sayán, Sector Vista alegre	Substrato intrusivo intensamente fracturado e intemperizado, pendiente muy fuerte, sismicidad y precipitaciones pluviales.	Desprendimiento y la caída de rocas reactivadas, con bloques entre 1 a 2 m, materiales deluvio-coluviales.	Viviendas de poblado Vista Alegre, carretera y camino rural.
144811192	Huaura, Sayán, margen izq. de la carretera Sayán-Churín	Depósitos proluviales erosionados, excavaciones, pendiente muy fuerte.	Antiguo desprendimiento de rocas reactivado por sectores, con bloques aislados de 2 a 5 m.	Carretera Sayán-Churín sería afectada.
134811009	Huaura, Sayán, C° Gambo: A.H. 9 de Octubre	Depósitos proluviales erosionados, substrato fracturado e intemperizado, pendiente, sismicidad, excavaciones y ocupación inadecuada.	Antiguos desprendimientos de rocas de material coluvial, reactivados.	Puede afectar viviendas del A.H. 9 de Octubre
154911193	Oyón, Oyón, Yanamina/Viroc	Substrato volcánico intensamente fracturado, cubierto de depósitos proluviales, pendiente, sismicidad, precipitaciones pluviales intensas.	Caída de rocas y bloques grandes de hasta 1,5 m de diámetro.	Puede represar al río Huaura, puede afectar carretera Churín-Oyón.
154931214	Oyón, Pachangara, Taurur	Naturaleza del suelo o regolito, pendiente, sismicidad, precipitaciones pluviales intensas.	Caída de rocas en las laderas del cerro, en la margen izquierda de la quebrada. Bloques sueltos de hasta aproximadamente 3 m de diámetro.	Puede afectar pueblo de Taurur.
134811025	Huaura, Huaura, Vilcahuara	Sismicidad, morfología y rocas muy fracturadas.	Caída de rocas de material coluvial.	Puede afectar a la carretera Huaura-Vilcahuara.
144821116	Huaral, Ihuarí, Sector Chinca	Afloramiento de granodiorita intensamente fracturado y medianamente alterado, cubierto por depósitos coluviales, conformados principalmente por bolones y grava, en menor cantidad, limo, arcilla y arena; pendiente muy fuerte; lluvias intensas; morfología; corte artificial del talud de la carretera	Caída de rocas activa en talud superior de la carretera. Material suelto al pie del talud cae desde alturas hasta de 20 m y en un tramo de 600 m.	Afecta 600 m de la carretera Sayán-Santa Cruz.
144821110	Huaral, Ihuarí, Acotama	Afloramiento de granodiorita intensamente fracturado y medianamente alterado, cubierto por depósitos coluvio-residuales, conformados principalmente por bolones y bloques, en menor cantidad grava, arena y limo. Pendiente fuerte, lluvias intensas, morfología, sismicidad.	Caída de rocas activa en ladera. Material suelto alimenta al río Chico por la margen derecha. Bloques hasta de 3 m de diámetro caen desde alturas hasta de 200 m y en un tramo de 1 km.	Afectó canales de regadío y vías de acceso a plantaciones en el sector.

## **ANEXO 4**

**DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS  
INVENTARIADOS EN LA CUENCA DEL RÍO HUAURA**



### Descripción de los Principales Deslizamientos Inventariados en la Cuenca del Río Huaura

Código	Provincia, Distrito, Paraje	Causas o Factores Desencadenantes para su Ocurrencia	Comentario Geodinámico	Daños a la Vida y la Propiedad
154911072	Oyón, Pachangara, Cerro Alpachaccanan	Substrato intrusivo intensamente fracturado y meteorizado cubierto por depósitos proluviales. Pendiente, canal de agua, precipitaciones pluviales intensas.	Deslizamiento rotacional reactivado en las laderas de la margen izquierda del río Huaura. Se observan canchales en las laderas, involucra material coluvial y roca, asimismo, se observan grietas de hasta 0,70 m de diámetro. Al parecer se encuentra estable.	Afecta canal de la central hidroeléctrica y pastos.
154911117	Oyón, Oyón, Oyón	Calizas fuertemente fracturadas cubiertas por depósitos deluviales. Pendiente, aguas subterráneas: filtraciones, precipitaciones pluviales intensas, cortes artificiales, ruptura de antiguo desagüe.	Deslizamiento reactivado de gran dimensión en las laderas de la margen derecha del río Pampahuay. Abundante material suelto en las laderas. Las caras del deslizamiento presentan cárcavas, se observan agrietamientos. Presencia de intercalaciones de yeso. Las lluvias y los desagües están formando cárcavas aguas arriba y aguas abajo del deslizamiento.	Afecta tramo de carretera Churín- Oyón en aproximadamente 100 m, pastos y terrenos de cultivo.
154931245	Oyón, Checras, Acaín	Terrazas fluviales altas antiguas erosionadas, aguas subterráneas: filtraciones, precipitaciones pluviales intensas, pendiente	Deslizamiento antiguo reactivado por sectores en las laderas de la margen derecha del río Checras. Material suelto en las laderas. Se observan saltos y agrietamientos.	Afecta tramo de carretera a Taurur, pastos, terrenos de cultivo y puede afectar una vivienda.
154931328	Oyón, Pachangara, Tocrac	Depósitos aluviales y proluviales inestables, pendiente del terreno entre 20 y 40°, aguas subterráneas, erosión fluvial.	Deslizamiento rotacional activo con una escarpa de 50 m de longitud y un desnivel de 100 m. La escarpa principal tiene una altura de 10 m, y la secundaria, de 40 m. El material está constituido por un 70% de material fino. Posiblemente, este deslizamiento represso el río.	Puede represar la quebrada Pachangara.

<b>Código</b>	<b>Provincia, Distrito, Paraje</b>	<b>Causas o Factores Desencadenantes para su Ocurrencia</b>	<b>Comentario Geodinámico</b>	<b>Daños a la Vida y la Propiedad</b>
154931466	Oyón, Cochamarca, San Juan de Yarucaya	Substrato volcánico alterado y fracturado, pendiente del terreno precipitación pluvial, infiltración, cortes de talud, mal sistema de riego.	Deslizamiento rotacional antiguo reactivado por sectores. Rocas volcánicas porfiróide con plagioclasas alteradas. Pendiente fuerte.	Puede afectar terrenos de cultivo y carretera de acceso al poblado de Yarucaya.
134811021	Huaura, Huacho, AAHH Manzanares 1ra etapa	Sismicidad, dinámica marina, pendiente, suelo incompetente, rocas volcánicas intercaladas con sedimentarias de mala calidad.	Deslizamiento traslacional producto de falla local. Ayudaron a desencadenarlo sobrecarga y filtración de agua.	300 viviendas podrían ser afectadas si se moviliza el cuerpo del deslizamiento.
154931251	Oyón, Checras, Maray	Litología del substrato, naturaleza del suelo o regolito, precipitaciones pluviales intensas, aguas subterráneas: filtraciones, pendiente.	Zona de deslizamientos activos en la margen izquierda de la quebrada Cacula. Abundante material suelto en las laderas. Se observan agrietamientos y saltos. Derrumbes al pie de los deslizamientos.	Posible afectación a 150 m de la carretera a Checras y 1 ha de cultivo.
144941111	Oyón, Naván, Incha Cuyo	Naturaleza del suelo o regolito, pendiente, precipitaciones pluviales intensas, sismicidad.	Deslizamiento en la margen derecha de la quebrada Chinchaycocha. El material suelto en las laderas aporta material a la quebrada con lluvias fuertes. Se erosionan las bases de las laderas y esto hace caer material.	Afecta terrenos de cultivo, canal de irrigación y aporta material a la quebrada.
154921428	Oyón, Oyón, Rapaz	Suelo incompetente, pendiente del terreno, aguas subterráneas, erosión fluvial.	Deslizamiento rotacional con reactivaciones.	Afecta al poblado de Rapaz.
154931063	Oyón, Paccho, Loma Condorccayan	Precipitaciones pluviales intensas, pendiente, discontinuidades en las rocas, naturaleza del suelo, sismicidad.	Agrietamientos en la cabeza del deslizamiento se manifiestan como derrumbe (este es un antiguo deslizamiento reactivado).	Puede represar la quebrada y malograr bocatomas.
154931412	Oyón, Santa Leonor, Jujul	Pendiente, litología y precipitaciones fluviales.	Deslizamiento rotacional activo.	Afecta terrenos de cultivo.

## **ANEXO 5**

### **DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES FLUJOS INVENTARIADOS EN LA CUENCA DEL RÍO HUAURA**





### Descripción de los Principales Flujos Inventariados en la Cuenca del Río Huaura

Código	Provincia	Causas o Factores Desencadenantes para su Ocurrencia	Comentario Geodinámico	Daños a la Vida y la Propiedad
154931011	Oyón, Pachangara, Ayarpongo	Precipitaciones pluviales intensas, naturaleza del suelo, pendiente.	Material de huayco en el cauce de la quebrada Pachangara. Abundante material suelto en el cauce.	Con una reactivación puede afectar terrenos de cultivo, piscigranja, algunas viviendas (5) y dañar puente en Ayarpongo.
154911074	Oyón, Pachangara, Tectahuayin	Precipitaciones pluviales intensas, naturaleza de depósitos superficiales, pendiente.	Flujo que baja por la quebrada Tectahuayin, abundante material suelto en la quebrada, bloques de hasta 4 m de diámetro. Evento frecuente durante épocas de lluvias.	Afecta terrenos de cultivo, carretera Churín-Oyón, en un tramo de 100 m, y aporta material al río.
154911105	Oyón, Oyón, quebrada Guengue/Hacie nda Quiches	Precipitaciones pluviales intensas, depósitos superficiales inconsolidados, pendiente, dinámica fluvial, mala ubicación del pueblo.	Terrazas de anteriores huaycos en la quebrada Guengue, lo cual afectaría al pueblo de Quiches. Con lluvias fuertes podría ocurrir un huayco, ya que se presentan derrumbes y caída de rocas en las márgenes de la quebrada. En la cuenca alta de la quebrada hay lagunas.	Podría afectar al pueblo de Quiches.
154911184	Oyón, Pachangara, Herapata	Precipitaciones pluviales intensas, pendiente, naturaleza del suelo o regolito.	Abundante material proluvial en el cauce de la quebrada Herapata; principalmente, bloques de hasta 2 m de diámetro con grava y gravilla. En la cuenca media alta de la quebrada se observan derrumbes. Actualmente discurre agua por la quebrada.	Afectó tramo de carretera Churín-Oyón, en un tramo de aproximadamente 200 m, terrenos de cultivo, pastos. Aportó material al río. Puede represar el río Huaura.
154931237	Oyón, Checras, quebrada Puñon	Precipitaciones pluviales intensas, naturaleza del suelo o regolito, pendiente.	Abundante material proluvial en el cauce de la quebrada Puñon. Bloques de hasta aproximadamente 2 m de diámetro y grava. Se observan derrumbes en las márgenes de la quebrada en la cuenca media y alta.	Afecta tramo de carretera a Chiuchin y terrenos de cultivo. Aporta material al río y canal de irrigación a Lacsaura.
154931250	Oyón, Checras, Checras de Maray	Precipitaciones pluviales intensas, naturaleza del suelo o regolito, pendiente.	Huayco que discurre por la quebrada Ccaula. Abundante material suelto en el cauce. Se observan deslizamientos y derrumbes en su cuenca media y alta que aportan material a la quebrada. También se observa una fuerte erosión en la margen izquierda del río Checras a esta altura.	Afecto terrenos de cultivo, pastos, bosque. Puede represar el río y afectar 3 viviendas aledañas.

<b>Código</b>	<b>Provincia</b>	<b>Causas o Factores Desencadenantes para su Ocurrencia</b>	<b>Comentario Geodinámico</b>	<b>Daños a la Vida y la Propiedad</b>
154931259	Huaura, Santa Leonor, quebrada Rihuarco	Precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial, naturaleza del suelo o regolito, pendiente.	Material proluvial en el cauce de la quebrada Rihuarco. Abundante material suelto en el cauce (grava) y bloques de hasta aproximadamente 1 m de diámetro. Se observa derrumbes en la parte alta de la quebrada.	Afectó tramo de carretera a Chiuchin, terrenos de cultivo y viviendas.
154941300	Oyón, Oyón, quebrada Suro Saca	Suelo incompetente, pendiente del terreno, aguas subterráneas, precipitaciones pluviales intensas, excavaciones de carretera.	Ocurrencia reciente de un flujo de lodo que presenta un 90 % de arcilla y limo. El corte de la trocha carrozable ha sido un factor muy importante en su ocurrencia. Presenta formación de cárcavas en la superficie del material removido.	Existe afectación a 20 m de trocha carrozable.
154931437	Oyón, Caujul, Pumahuain	Pendiente, suelo incompetente y precipitaciones pluviales.	Flujo excepcional. Quebrada de amplio cauce. Sobre el lecho de la quebrada se ven materiales gruesos (bloques hasta de 2 m). El poblado de Pumahuain se ubica entre las quebradas Polaca y Rumichaca.	Probable daño de 25 m a la carretera, 3 viviendas afectadas y una destruida. Los detritos o conos de talud impactan siempre en la carretera y viviendas aledañas.
154931056	Huaura, Paccho, quebrada Huachacan (quebrada Huayanay)	Naturaleza del suelo, pendiente, precipitaciones pluviales intensas.	Flujo en la quebrada Huachacan. Material suelto en el cauce que con lluvias fuertes producen flujos que podrían afectar a Colcapampa. Se observa también derrumbes en ambas márgenes de la quebrada.	Aporta material a la quebrada Paccho, puede afectar al poblado de Colcapampa, afectó a la carretera a Paccho.
154931289	Oyón, Caujul, quebrada Huancoy	Precipitaciones pluviales intensas, naturaleza del suelo o regolito, pendiente.	Abundante material proluvial en el cauce de la quebrada Huancoy. Bloques grandes sueltos en la quebrada de hasta aproximadamente 2m de diámetro y grava. Huayco de gran dimensión.	Afecta tramo de carretera Churín-Navan-Caujul, puede represar el río Huaura. Afecta a terrenos de cultivo, afectó a terrenos de cultivo en el cono de deyección.
154921416	Oyón, Oyón, quebrada Morococha	Pendiente, litología y precipitaciones.	Terrazas de anteriores huaycos en la quebrada Morococha.	Puede afectar viviendas de Tomacpampa.
154921421	Oyón, Oyón, Obrajes	Pendiente, litología y precipitaciones.	Abundante material proluvial en el cauce de la quebrada Yuracyacu. Indicios de eventos anteriores.	Puede afectar vías de acceso a poblado de Obrajes.

<b>Código</b>	<b>Provincia</b>	<b>Causas o Factores Desencadenantes para su Ocurrencia</b>	<b>Comentario Geodinámico</b>	<b>Daños a la Vida y la Propiedad</b>
154921423	Huaura, Santa Leonor, Tranca	Pendiente, litología y precipitaciones.	Abundante material proluvial en el cauce de la quebrada Tranca. Bloques grandes sueltos en la quebrada de hasta aproximadamente 2 m de diámetro y grava. Huayco de gran dimensión.	Puede afectar vías de acceso a zona de lagunas Pallca.
154921424	Huaura, Santa Leonor, Pallca Chico	Pendiente, litología y precipitaciones.	Abundante material proluvial en el cauce de la quebrada Pallca Chico.	Puede afectar vías de acceso a zona de lagunas Pallca.
154931438	Oyón, Caujul, Chilcaragra	Pendiente, litología y precipitaciones fluviales.	Flujo excepcional que se activa en épocas de lluvias.	Probable daño a 60 m de la carretera.
144811016	Huaura, Sayán, quebrada Chambara	Depósitos proluviales sueltos a medianamente densos, conformados por grava, bolones y arena; fuertes precipitaciones pluviales, pendiente muy baja.	Flujo excepcional. Quebrada de amplio cauce; sobre el lecho de esta se ven materiales finos como limos y arenas en superficie. El poblado de Chambara se ubica en pleno cauce de la quebrada, a raíz de lo ocurrido en febrero de 1998 (afectó al poblado un flujo) se reubicó a este en una zona más estable. Pero actualmente, una parte de algunos pobladores tienen sus viviendas en pleno cauce de la quebrada, mas aun se pretende desarrollar esta zona. Incluso siguen funcionando los centros educativos. Sería necesario seguir las recomendaciones dadas del estudio que realizó Ingemmet en esta área en el año 1998. Han tratado de canalizar la quebrada, pero esto no daría resultado por ser una quebrada de amplio cauce, lo cual hace más difícil su control. En caso de lluvias excepcionales se daría otro flujo.	En el año 1998, afecto a unas 30 viviendas (26 familias damnificadas), centro educativo y 2 ha de cultivo.
134811012	Huaura, Huaura, quebrada Loreto	Suelo incompetente, con remoción de material, con precipitación pluvial; inadecuada ocupación del suelo y mal sistema de riego.	Depósito de flujo semiestabilizado por sembríos de material proluvial deluvial.	Quebrada Loreto (margen izq. carretera Santa Inés).



**ANEXO 6**  
**DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS MACROSÍSMICOS**  
**DE LA ZONA ESTUDIADA**

### Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
1555-11-15		Lima	VII	Ocurrió en Lima un temblor, el más fuerte desde su fundación, que causó muchos desperfectos en sus edificaciones.
1568-04-04		Lima		Por la tarde, se sintió en Lima un fuerte temblor al comenzar la prédica del padre jesuita Jerónimo Ruiz del Portillo, en el convento de Santo Domingo. Fue tan fuerte y largo el estremecimiento que todos los fieles allí congregados salieron despavoridamente. No ha quedado registro de daños materiales. Polo, anota que el sismo se sintió en Ica y otros puntos.
1581		Lima		Según la versión de los antiguos vecinos de Lima —que recogiera años más tarde el virrey Conde del Villar— hubo por este año un gran temblor que maltrató las casas de la ciudad. La fecha exacta es desconocida. En la crónica de Charcas, Fray Diego de Mendoza menciona otro terremoto que hizo hundir con todos sus habitantes al pueblo de Yanaoca, situado a unas 24 leguas del Cuzco.
1582-08		Lima		Fuerte temblor durante la celebración del Concilio Provincial, cuya apertura tuvo lugar el 15-08-1582.
1584		Lima		Gran temblor en Lima, el cual averió edificios. El cabildo acordó que debían evaluarse los edificios dañados, repararse los que tenían necesidad y apuntalarse los que ofrecían peligro de desplome.
				En el Callao, quedó dañado el edificio de Casas Reales.
				Por espacio de dos días quedó temblando la tierra y se contaron de 8 a 9 movimientos.
1586-07-09	19:00:00	Lima-Ica-Trujillo	VI-IX	En el interior, el movimiento fue sentido en Huánuco, Cuzco y posiblemente en otros lugares intermedios. Por 60 días continuos quedó temblando la tierra.
				Intensidades: Lima IX, Ica VI y Trujillo III.
1609- 10-19	20:00:00	Lima	VII	Violento temblor que derribó y arruinó muchas de sus edificaciones. La catedral en construcción quedó tan maltratada que hubo necesidad de demoler sus bóvedas de ladrillo y labrar otras de crucería.
1630-11-27	11:30:00	Lima	VII	Ocurrió cuando la población de Lima estaba congregada en la Plaza de Armas, observando una corrida de toros. Se trató de un fortísimo movimiento de tierra que causó varios muertos y contusos. El diario de Lima estimaba los daños causados a los edificios en más de un millón de pesos y anotaba "muy pocas son las casas cuyas paredes no han sido abiertas".
1655-11-13	14:38:00	Lima-Callao	VIII-IX	Fuerte movimiento de tierra que derribó muchas casas y edificios en Lima, abriéndose grietas en la Plaza Mayor y cerca del convento de Guadalupe. Graves daños en el presidio de la isla San Lorenzo.

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
1678-06-17	19:45:00	Lima-Callao	VII	Fortísimo temblor averió muchas edificaciones en Lima, entre ellas, el Palacio del Virrey. Reparaciones en el orden de tres millones de pesos. Estragos en el Callao. 9 muertos en Lima, Callao y Chancay. Ocurrieron dos terremotos en Lima.
1687- 10-20	4:15:00 y 5:30:00	Lima-Callao- Ica- Cañete	VII-VIII-IX	El puerto de Pisco, destruido en el terremoto, sufrió gran inundación y ruina con el embravecido oleaje que siguió. Los terremotos se sintieron en toda la extensión del reino. En Trujillo, se los percibió como ruidos sin conmoción. La tierra quedó temblando en Lima, hasta el 12 de diciembre de ese año.
1690-11-20	14:30:00	Lima		Gran temblor. Según el escribano Don Diego Fernández Montaña, acabó de arruinar los edificios y templos de la ciudad que habían quedado en pie luego del terremoto de 1687. El acuerdo del cabildo fue que se derribasen todas las paredes que amenazaban desplome y de hacer un reconocimiento de los daños causados.
1699-07-14	4:00:00	Lima	VII	Fuerte temblor en Lima. Derribó algunas casas.
1725-01-06	23:25:00	Huaura	VIII	Notable movimiento sísmico que afectó la región norte de Lima. Ocasiónó la rotura de una laguna glaciara, la cual se desbordó y arrasó un pueblo cercano a Yungay, donde murieron 1500 personas.
1732-12-02	1:00:00	Lima		Recia sacudida de tierra en Lima, maltrató muchos edificios.
1746-10-28	22:30:00	Lima-Callao	X-XI	Terremoto en Lima y tsunami en el Callao.
				En Lima, de las 3000 casas existentes distribuidas en 150 manzanas, sólo 25 quedaron en pie. Cayeron a tierra los principales y más sólidos edificios, la Catedral, monasterios, conventos, hospitales y otros. El movimiento, según Llano y Zapata, fue de 3 a 4 minutos. Según el relato oficial, perecieron en Lima 1141 de un total de 60 000 personas; otros cronistas suben estas cifras por diversas causas y por las epidemias que luego se desataron.
				En el puerto del Callao quedaron arruinadas casi la totalidad de las edificaciones, sólo resistieron algunas torres y parte de las murallas; media hora después de que se habían recuperado los ánimos sus habitantes, el mar se erizó y elevándose a gran altura irrumpió sobre la población ahogando a gran parte de ella, llevando la vaciante mar adentro, todo lo que encontró a su paso. De 4 000 habitantes de que se componía la población del Callao, sólo se salvaron unos 200. Del puerto no quedó sino vestigios, cascajos y arenas se depositaron sobre sus escombros. Fueron arrasadas por el tsunami en la costa, las pequeñas poblaciones de Guañape y Pta. Caballas.
				En algunos parajes de Lucanas (Ayacucho) ocurrieron agrietamientos del terreno y deslizamientos. La conmoción sísmica se llegó a sentir en Cuzco, en pueblos aledaños y en Tacna. Las irrupciones del mar fueron continuas en casi todo el litoral peruano. En las 24 horas que siguieron se contaron en Lima 200 temblores

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
1828-03-30	7:35:00	Lima		Terremoto causó grandes daños en los edificios y viviendas. Las pérdidas se calcularon en 6 millones de pesos. Hubo 30 muertos y numerosos heridos. Sufrieron el puerto del Callao, Chorrillos, Chancay, Huarochirí y el pueblo de San Jerónimo. Se sintió fuerte en Trujillo y Huancayo. Fue leve en Arequipa.
1897-09-20	11:25:00	Lima		Fuerte sismo que causó destrucción en Lima y Callao. En el interior, sufrieron las edificaciones de Huarochirí y hubo derrumbes de las partes altas. El movimiento se sintió más allá de Ancón por el norte y hasta Pisco por el sur.
04/03/1904	5:17:00	Lima	VII-VIII	La intensidad máxima se estima con el grado VI. El profesor Antonio Alvarado (1909), del estudio de los efectos macrosísmicos, fijó el epicentro en una región de los andes del NE de Lima.
19/01/1932	21:33:00	Lima	V-VII	Violento temblor que hizo caer cornisas, tapias y paredes viejas. En el puerto del Callao, el temblor fue tan fuerte como en la capital y ocasionó diversos daños en las edificaciones. Se sintió fuerte en Huacho, ligeramente en Cañete, Chincha, Ica, Pisco, Trujillo y Chiclayo. En la ciudad de Huaraz, en Callejón de Huaylas, el temblor fue recio.
05/08/1933	21:55:00	Lima		La ciudad de Lima y poblaciones cercanas fueron sacudidas por un terremoto; se extendió hasta el puerto de Guayaquil, Ecuador, al norte, y el puerto de Arica, Chile, al sur. Ocasionó la destrucción de muchas edificaciones en Lima, Callao, Chorrillos, Barranco, Chancay y Lurín.
				El sismo dejó un saldo de 179 muertos y 3500 heridos, los daños materiales se estimaron en unos 3 600 000 soles de oro. Las estadísticas oficiales consignaban que sufrieron daños un 38% de las viviendas de quincha, 23% de las de adobe; 20% de las casas de ladrillo; 9% de cemento, y 10% de las casas construidas de diversos materiales.
				El puerto del Callao, que sufrió ruina considerable, está edificado sobre terreno arenoso, saturado de agua, y el balneario de Chorrillos está situado en una zona próxima a barrancos de terreno aluvial incoherente. Las construcciones cercanas a los cerros que bordean el abanico fluvial del valle también fueron afectadas.
24/05/1940	11:35:00	Lima	VII-VIII	En Ancón el mar se retiró unos 150 m. Dejó en seco el muelle y se llenó lentamente, luego inundó la tierra y pasó por encima del muro de defensa del malecón, anegando los hangares de la Base Aérea. El fenómeno de retroceso del mar se observó en la Punta (Callao) y en Pisco.
15/06/1945	4:10:00	Lima		Temblor muy fuerte. Causó cuarteaduras en las construcciones modernas del barrio obrero del Rímac. Sentido desde Supe hasta Pisco por la costa. En el interior, en Canta, Matucana, Morococha, Casapalca y Huaitará. Área aproximada de percepción de 1 300.000 km <sup>2</sup> .



Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
15/06/1945	4:10:00	Lima		En la merced quedaron inhabitables las casas de adobe; en Satipo se desplomaron las gruesas paredes de ladrillo reforzado con varillas de fierro de la iglesia en construcción, así como también muchos edificios recientes de ese material. Hubo derrumbes en San Ramón y Satipo, los cuales causaron represamientos.
31/01/1951	11:39:00	Lima	VI-VII	Fuerte temblor comenzó con un ruido sordo, segundos después, hubo un fuerte remezón que hizo crujir paredes. Ocasionó una fina rajadura vertical en la fachada de un edificio de concreto armado de la plaza San Martín. El Observatorio de Lima, registró aceleraciones máximas de $68 \text{ cm/seg}^2$ , con periodos de 0,1 segundos en las componentes horizontales. El movimiento fue sentido desde el paralelo $10^\circ$ hasta el $14^\circ$ de latitud sur. El Observatorio de Huancayo inscribió este movimiento a una distancia de 220 km. El foco, posiblemente, estuvo localizado en el Océano, cerca de la costa.
03/08/1952	8:19:00	Lima-Callao	V-VI	Fuerte sismo sentido en casi todo el Departamento de Lima; el área de percepción fue unos $26\ 000 \text{ km}^2$ . Se registró una aceleración máxima de $21 \text{ cm/seg}^2$ , con período de 0,2 segundos en sus componentes horizontales.
21/04/1954		Lima	VI	Movimiento ligeramente destructor en el sur del departamento de Lima. El área de percepción estuvo confinada entre los paralelos $9^\circ$ y $5^\circ$ de latitud sur, a lo largo de la costa, y hasta Tarma y Huancayo, hacia el interior. En la costa ocurrieron ligeros desperfectos en las antiguas construcciones de adobe en Mala, Cañete y San Antonio. En la ciudad de Lima fue fuerte; se registró una aceleración máxima de $25 \text{ cm/seg}^2$ , con periodos de 0,1 segundos. Derrumbe en el sector Pacasmayo y en el talud de falla de Jahuay (Km. 184 de la Carretera Sur).
09/02/1955	11:06:00	Lima		Temblor fuerte, resultaron accidentadas 10 personas. Aceleración promedio $27 \text{ cm/seg}^2$ con periodos de 0,2 segundos. Desprendimiento del material suelto en los barrancos de los balnearios y en el sector de Pasamayo, al norte de Lima. Fue ligeramente destructor para los edificios y viviendas de la ciudad de Cañete. Sentido en Huaraz.
18/02/1957	18:50:00	Huarmey-Chincha	IV-V	Movimiento sentido a lo largo de la costa. En las cercanías del pueblo de Sayán, en el río Huaura, los deslizamientos de grandes bloques de piedras rompieron el muro de contención de un canal de irrigación. Derrumbes de arena en los acantilados de Pasamayo. En la ciudad de Canta la intensidad fue ligeramente superior al grado V, lo mismo que en la ciudad de Huacho. En Lima, el movimiento fue precedido de un fuerte ruido y su intensidad fue de IV-V. El epicentro de este sismo estaría localizado en las nacientes del río Chancay. El desplome de una pared causó una muerte en Malvas. Destrucción de Viviendas contiguas de adobe en el puente y ciudad de Huarmey.

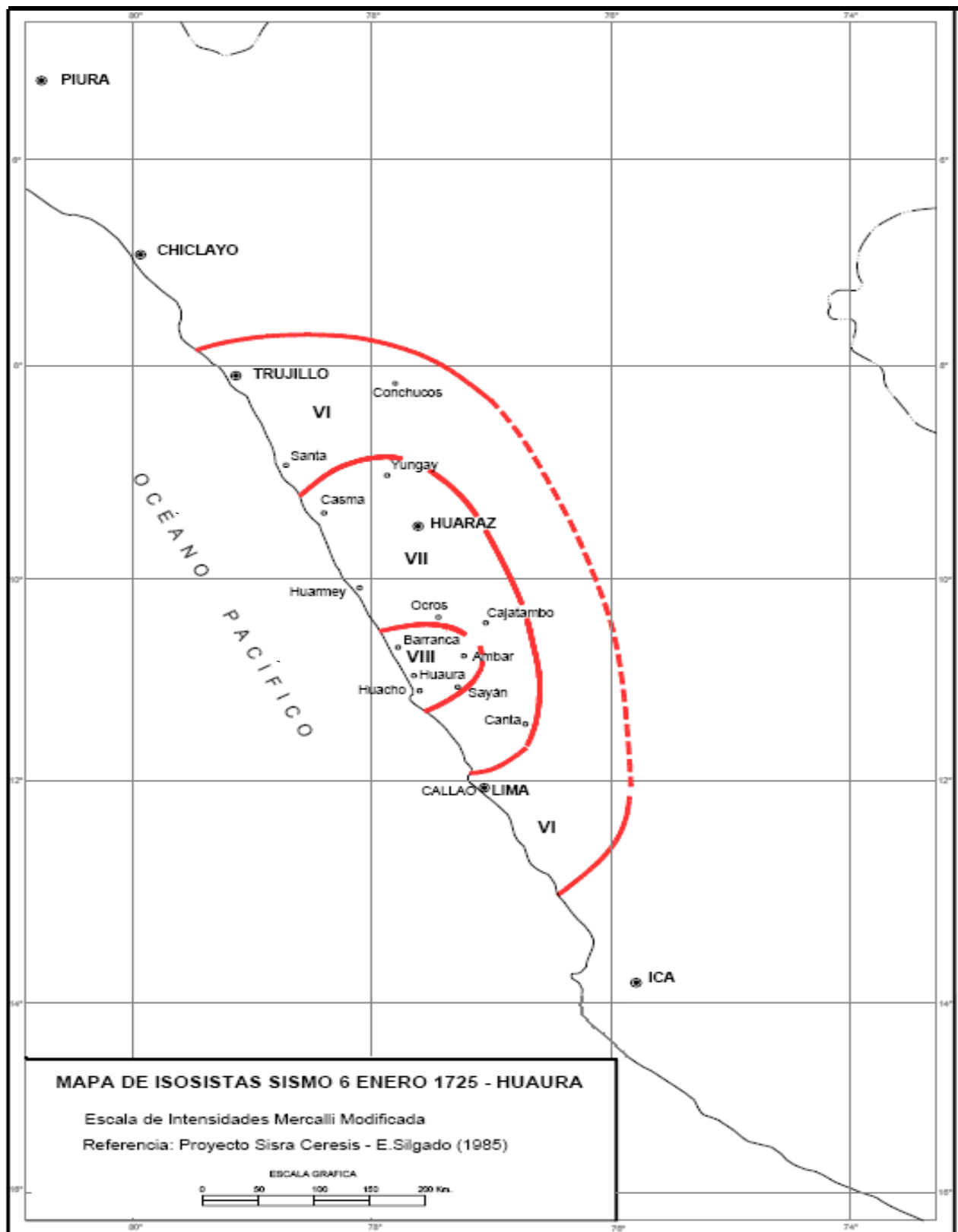
Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
18/02/1957	18:50:00	Huarmey-Chincha	IV-V	En Huaraz fueron dañadas varias construcciones. La caída de tejas y cornisas accidentó a varias personas. Algunas rajaduras en inmuebles vetustos situados al norte de la ciudad de Lima. Sentido con fuerte intensidad en Chimbote y Salaverry.
17/10/1966	16:41:00	Lima	VIII	Uno de los sismos más intensos desde 1940. Dejó un saldo de 100 muertos y daños materiales ascendentes a mil millones de soles de oro. El área de percepción cubrió aproximadamente 524 000 km <sup>2</sup> y fue destructor a lo largo de la franja litoral comprendida entre Lima y Supe. La aceleración registrada en Lima estuvo acompañada de periodos dominantes del orden de un décimo de segundo. La amplitud máxima fue de 0,4 g, entre ondas de aceleraciones menores de 0,2 g. Rotura de vidrios por doquier y ruidos intensos. En el centro de Lima y en algunos sectores, se veían caídas de cornisas y enlucidos. En la hacienda San Nicolás a unos 156 km al norte de Lima, aparecieron numerosas grietas y de varias de ellas surgió agua de color amarillo; en el tramo 169 de la carretera Panamericana Norte se observaron otras. El Km. 51 y el Km. 22 de la carretera Central quedaron bloqueados a consecuencia de los derrumbes. En la costa hubo deslizamientos de material suelto de los acantilados de Chorrillos, Miraflores y Magdalena.
				<p>En general, los efectos destructores fueron importantes en las construcciones de adobe, en estructuras que adolecían de defectos de diseño y de pobre construcción, y en viviendas antiguas, ya debilitadas por otros sismos y por la consistencia del suelo. Dentro de la zona metropolitana de Lima, se produjeron diversos deterioros (grado VII), estos se acentuaron en el Callao por la antigüedad de sus construcciones y la consistencia del suelo. Otros daños se observaron en La Planicie (La Molina), lugar situado al este de la ciudad. Debido a los periodos largos de oscilación comparados con los periodos dominantes del sismo y a la lejanía del foco, los edificios altos, a pesar de la aparente falta de resistencia lateral, en su mayoría no sufrieron daños de consideración.</p> <p>A unos 50 minutos después del terremoto se produjo un tsunami moderado; la primera onda se registró en los mareógrafos de La Punta, Chimbote y San Juan. En Casma y Tortugas hubo inundación, con lo cual sufrieron grandes pérdidas varias fábricas pesqueras.</p>
31/05/1970	15:23:00	Costa de Lima-Ica	V-VI	Uno de los más catastróficos terremotos en la historia del Perú, se sintió en casi toda la costa del país hasta las cordilleras, con diferentes intensidades. Al sur y este fue de grado VI, MM en Lima. Fuerte en Pisco e Ica.
19/06/1972	10:51:00	Lima		Fuerte temblor que causó ligeros desperfectos en el centro de Lima. Alarma en Mala y Cañete. Por el norte se sintió en Chancay y Huacho. Los remezones en Ica fueron casi imperceptibles.

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
03/10/1974	09:21:00	Lima	VII-VIII	Lima fue sacudida por un largo y recio temblor que ocasionó 78 muertos, unos 2500 heridos y pérdidas materiales estimadas en unos 2700 millones de soles. Duración de más de minuto y medio del movimiento, contribuyó a acentuar la destrucción de muchas casas antiguas de adobe y quincha en el área litoral, comprendida entre 12° y 14° de latitud sur.
03/10/1974	09:21:00	Lima	VII-VIII	En Lima Metropolitana sufrieron daños, entre leves a considerables, las iglesias y monumentos históricos, los edificios públicos y privados, las viviendas antiguas de adobe de Barrios Altos, El Rímac, el Cercado, Callao, Barranco y Chorrillos. Los efectos destructores del sismo se extendieron a Mala, Chincha, Cañete, Pisco y otras poblaciones con saldo de 13 muertos y numerosos heridos. Se observaron derrumbes de material aluvial en los acantilados situados entre Magdalena y Chorrillos, y agrietamientos de la plataforma de la carretera Panamericana en el tramo III. A los pocos minutos del sismo, se observó en las playas cercanas a Lima una retirada del mar, que en Agua Dulce alcanzó unos 120 m para luego volver las aguas a su cauce de manera gradual. En Pisco después del retroceso, el mar inundó algunas casas del puerto próximo a la orilla. El mareógrafo de La Punta registró un máximo de ola de 5 pies, mientras que en el puerto San Juan alcanzó 4 pies. Después del sismo principal, y durante 7 días, el IGP informó haber registrado 1317 réplicas.

Fuente: IGP (2005).

## **ANEXO 7**

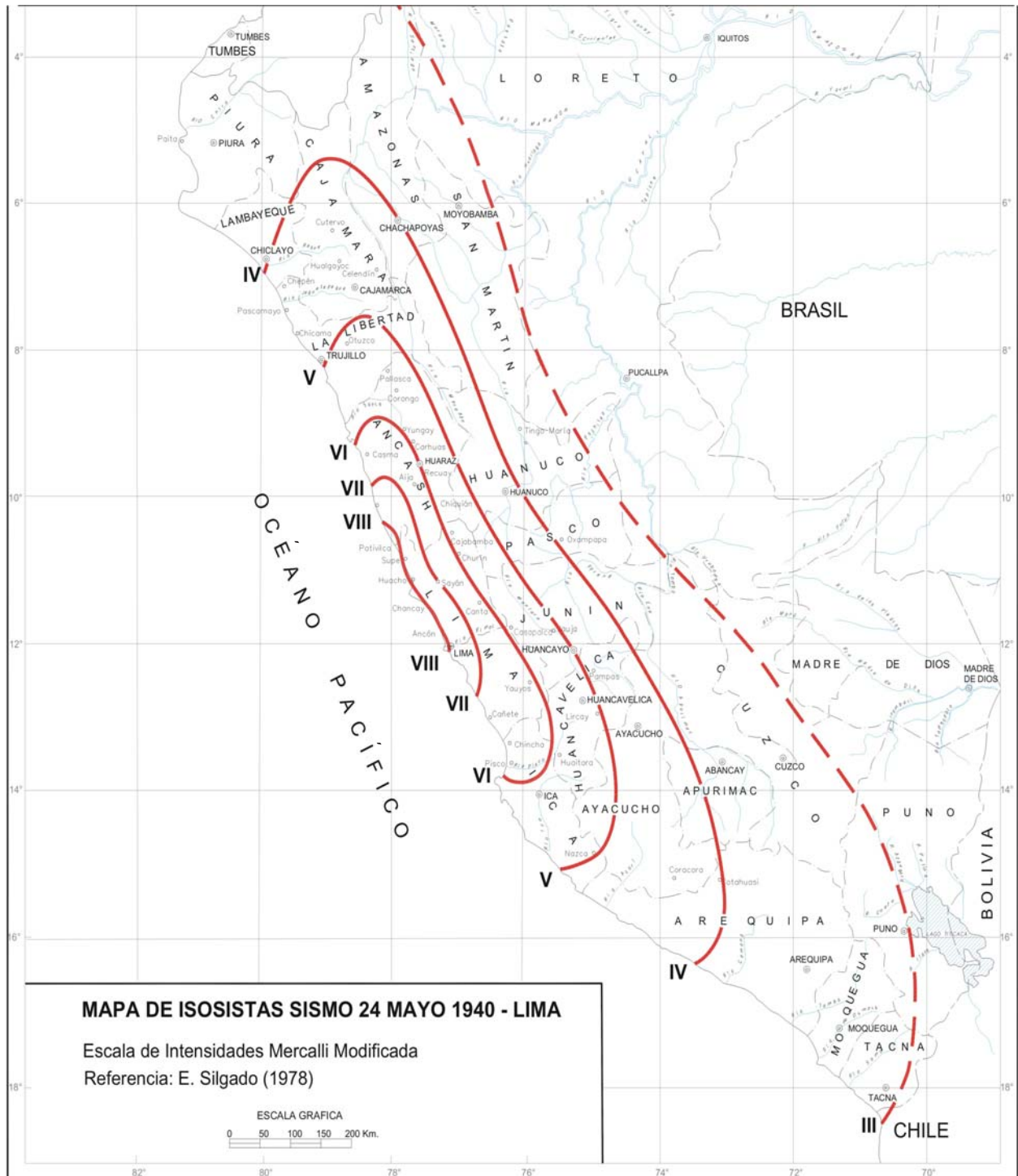
**MAPA DE ISOSISTAS DEL SISMO DEL 6 DE ENERO DE 1725**





## **ANEXO 8**

**MAPA DE ISOSISTAS DEL SISMO DEL 24 DE MAYO DE 1940**

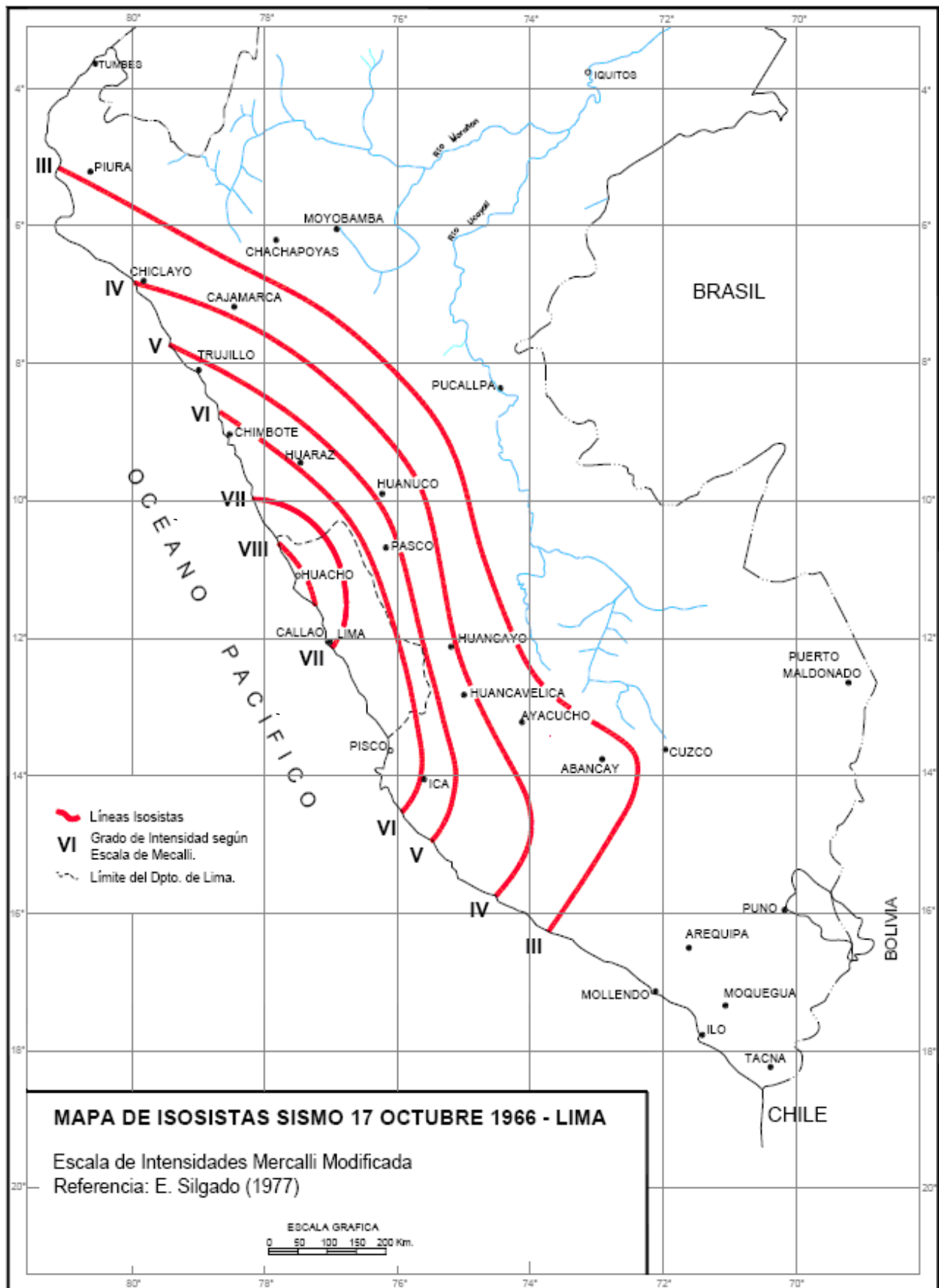






## **ANEXO 9**

**MAPA DE ISOSISTAS DEL SISMO DEL 17 DE OCTUBRE DE 1966**





## **ANEXO 10**

### **MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE INTENSIDADES SÍSMICAS MÁXIMAS**





## **ANEXO 11**

**DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES PROCESOS DE EROSIÓN  
FLUVIAL INVENTARIADOS EN LA CUENCA DEL RÍO HUAURA**





**Descripción de los Principales Procesos de Erosión Fluvial  
Inventariados en la Cuenca del Río Huaura**

<b>Código</b>	<b>Provincia, Distrito, Paraje</b>	<b>Causas o Factores Desencadenantes para su Ocurrencia</b>	<b>Comentario Geodinámico</b>	<b>Daños a la Vida y la Propiedad</b>
154811046	Huaral, Leoncio Prado, Cochaure	Depósitos aluviales medianamente densos, conformados principalmente por grava y arena, en menor proporción limos y arcillas; pendiente muy baja; precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial.	Erosión fluvial en la margen derecha del río Auquimarca, en un terraza aluvial que tiene una altura de 10 a 15 m. Presenta un tramo erosionado mayor de 100 m.	Puede afectar carretera afirmada Sayán-Santa Cruz en un tramo de 100m.
154811047	Huaral, Ihuarí, Huaycho	Depósitos aluviales medianamente densos, conformados principalmente por grava y arena, en menor proporción limos y arcillas; pendiente muy baja; precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial.	Erosión fluvial en la margen izquierda del río Auquimarca, en un terraza aluvial que tiene una altura de 7 a 15 m. Presenta un tramo erosionado mayor de 100 m.	Puede afectar carretera afirmada Sayán-Ihuarí en un tramo de 300m.
154931004	Huaura, Paccho, Antiguo Km86 carretera a Churín	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, pendiente.	Erosión fluvial en la margen izquierda del río Huaura.	Afecta bases de la carretera Huaura-Churín.
154931006	Oyón, Pachangará, Ayapon. Aguas abajo del puente a Andajes	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, pendiente.	Erosión fluvial en la margen derecha del río Huaura.	Puede afectar terrenos de cultivo y bases de la carretera a Andajes, así como cargar al río.
154931008	Oyón, Pachangará, Churín	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, pendiente.	Zonas de erosión en la margen izquierda del río Huaura. Se observan zonas de inundación a causa de la erosión fluvial en la margen izquierda del río Huaura, cuando el río carga, erosiona fuertemente. Se han colocado defensas con enrocados por sectores.	Afectó en el año 1997-98 la carretera de tránsito pesado, viviendas aledañas y la central hidroeléctrica.
154931009	Oyón, Andajes, Ayarpongo	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, pendiente.	Zonas de erosión fluvial en la margen izquierda del río Huaura. Se observan zonas de inundación debido a la erosión fluvial en la margen izquierda.	Afecta zonas de recreación, escuela, terrenos de cultivo y viviendas.

<b>Código</b>	<b>Provincia, Distrito, Paraje</b>	<b>Causas o Factores Desencadenantes para su Ocurrencia</b>	<b>Comentario Geodinámico</b>	<b>Daños a la Vida y la Propiedad</b>
154931010	Oyón, Pachangará, quebrada Pachangará/Cortelano	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, pendiente.	Erosión fluvial en ambas márgenes de la quebrada Pachangará. Se observa material de huayco en ambas márgenes. Se han colocado defensas de arrimado de material en ambas márgenes.	Afecta terrenos de cultivo y algunas viviendas. Afectó piscigranja y centro recreacional.
154931020	Oyón, Pachangará, Churín	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, pendiente.	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Huaura, debido a la erosión, cuando crece el río, inunda zonas de ambas márgenes. Se observan restos de la antigua central hidroeléctrica de Churín. En la actualidad la Central Hidroeléctrica de Churín se encuentra aguas arriba en la localidad de Moro. Se han hecho defensas de arrimado de material en ambas márgenes.	En el año 1997-98 se llevó Central Hidroeléctrica, terrenos de cultivo y 3 viviendas. Puede afectar viviendas y carretera de tránsito pesado.
154931029	Oyón, Pachangará, Pachangará	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, naturaleza del suelo o regolito, pendiente.	Erosión fluvial en ambas márgenes de la quebrada Pachangará. Con lluvias fuertes (1997-98), se produjo un Huayco que bajo por la quebrada. Los salones de la escuela presentan rajaduras en el suelo y las paredes se inclinaron hacia la margen izquierda del río. Se han colocado defensas con enrocados en la margen izquierda.	Afectó escuela secundaria en la margen izquierda.
154931032	Oyón, Andajes, Baños de Fierro de Cabracancha	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, pendiente.	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Huaura, se observan zonas de inundación; con lluvias excepcionales, el río podría desbordar. Se ha colocado protección con el arrimado de material en la margen derecha para proteger el complejo turístico.	En el año de 1997-98 afectó el complejo turístico de Baños de Fierro, con lluvias excepcionales podría afectarlo nuevamente.
154931035	Oyón, Andajes, Confluencia de los ríos Checas y Huaura	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas; pendiente.	Erosión fluvial en la margen derecha del río Checas, el río erosiona la base del cerro se observa zonas de inundación y erosión en la margen izquierda.	Con lluvias excepcionales puede afectar las bases de la carretera a Churín en la margen izquierda.

Código	Provincia, Distrito, Paraje	Causas o Factores Desencadenantes para su Ocurrencia	Comentario Geodinámico	Daños a la Vida y la Propiedad
154931037	Oyón, Pachangará, Tingo	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, pendiente.	Erosión fluvial en la margen izquierda de río Huaura; cuando el río crece, erosiona la margen izquierda afectando las bases de la carretera. Se ha colocado un muro de contención el cual está mal ubicado por sectores.	Afecta tramo de carretera a Churín en aproximadamente 500m.
154931042	Oyón, Caujul, Totoc	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, pendiente.	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Huaura, más fuerte en la margen izquierda. El río erosiona las bases de la carretera en época de crecida. Los muros de contención se encuentran destruidos posiblemente por el huayco de 1997-98.	Afecta tramo de carretera a Churín en aproximadamente 500m.
154931047	Oyón, Naván, Sector Mirahuay	Precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial, pendiente.	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Huaura, material proluvial en el cauce del río; con lluvias fuertes, el río crece y erosiona ambas márgenes, también se observan zonas de inundación.	Puede afectar bases de la carretera a Churín en un tramo de 1000m aproximadamente aguas abajo, y terrenos de cultivo en la margen derecha.
154931048	Oyón, Naván	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, pendiente.	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Huaura, también existen zonas de inundación en ambas márgenes.	Con lluvias fuertes, el río crece y erosiona las bases de la carretera en la margen izquierda en un tramo de 400m.
154931050	Oyón, Naván, Paccho Tingo	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, pendiente.	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Huaura y zonas de inundación en ambas márgenes que afectan la carretera en la margen izquierda, zona de huaycos, caída de rocas y derrumbes.	Afecta tramo de carretera a Churín en un tramo de 600m.
154931070	Oyón, Pachangará, Pisquillo	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, pendiente, morfología.	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Huaura; con lluvias excepcionales, el río crece, inunda y erosiona ambas márgenes. También recibe aportes de las quebradas y flujos-cárcavas que hacen que el río se desborde. El río trae huayco que ocasiona la erosión fluvial. Se debe poner protección en la margen izquierda para proteger la carretera.	Afecto terrenos de cultivo y bases de la carretera Churín-Oyón, 1 km aguas arriba y 500 m aguas abajo.

<b>Código</b>	<b>Provincia, Distrito, Paraje</b>	<b>Causas o Factores Desencadenantes para su Ocurrencia</b>	<b>Comentario Geodinámico</b>	<b>Daños a la Vida y la Propiedad</b>
154911079	Oyón, Oyón, Ucruzchaca	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, pendiente.	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Quichas; con lluvias fuertes excepcionales, se podría producir el desborde del río, lo cual afectaría algunas viviendas de la margen izquierda y la bocatoma de la Hidroeléctrica.	Podría afectar viviendas, carretera Oyón-Raura y la bocatoma de la Central Hidroeléctrica.
154921169	Oyón, Oyón, Pampahuay/quebrada Chicahua	Mala ubicación de actividad minera, precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial.	Erosión fluvial en las márgenes del río Pampahuay. Roca sedimentaria fracturada y alterada (lutita, arenisca, cuarcita).	Puede afectar trabajos mineros.
154921177	Oyón, Oyón, margen izquierda del río Pampahuay	Precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial, pendiente, morfología.	Erosión fluvial en la margen izquierda del río Pucayacu. Con lluvias fuertes el río crece y erosiona la margen izquierda.	Puede comprometer carretera Oyón-Izcaycruz.
154911182	Oyón, Pachangará, Erapata	Precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial, pendiente, morfología.	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Huaura. Con lluvias fuertes, el río crece y erosiona ambas márgenes. Se observan zonas de inundación. También se observa abundante material proluvial en el cauce del río. Evidencia de huayco que afectó terrenos de cultivo. Se observa derrumbes en la margen derecha del río que aportan material.	Afecta pastos y puede comprometer tramo de carretera Churín-Oyón.
154911196	Oyón, Oyón, Puente Viroc	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, pendiente.	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Huaura. Se observan también zonas de inundación. Con lluvias fuertes, el río crece erosiona e inunda ambas márgenes. Afecta aproximadamente 800m aguas arriba del puente Viroc.	Afecta pastos, terrenos de cultivo, y puede afectar viviendas aledañas. La erosión afecta el puente.
154931221	Oyón, Caujul, Quebrada Huancoy	Precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial, pendiente, morfología.	Erosión fluvial en ambas márgenes de la quebrada Huancoy. Con lluvias fuertes, el nivel del agua crece y erosiona ambas márgenes. Se observa zona de desborde. Abarca toda el área de la trocha carrozable del sector (mas de 300m).	La erosión afecta terrenos de cultivo, y el desborde, un tramo de carretera a Caujul.

Código	Provincia, Distrito, Paraje	Causas o Factores Desencadenantes para su Ocurrencia	Comentario Geodinámico	Daños a la Vida y la Propiedad
154931238	Oyón, Checras, margen derecha río Checras	Precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial, naturaleza del suelo o regolito, pendiente.	Abundante material proluvial en el cauce del río Checras. Con lluvias se produjo huayco, el río creció y erosionó e inundó ambas márgenes. Afectó más a la margen izquierda. La erosión llega hasta 1 km aguas arriba aproximadamente.	Afectó tramo de carretera a Chiuchin (carretera antigua) y terrenos de cultivo.
154931257	Oyón, Checras, Checras de Maray	Precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial, naturaleza del suelo o regolito, pendiente	Zonas de inundación fluvial en la margen izquierda del río Checras. Con lluvias fuertes se produce Huayco por el río. Crece el nivel del río e inunda la margen izquierda. Abundante material proluvial en el cauce del río y bloques grandes. Se observa erosión en la margen izquierda.	Afecta tramo de carretera a Chiuchin y terrenos de cultivo.
144941071	Huaura, Paccho, margen izquierda río Huara a 1 km aguas arriba de la quebrada. Pashuro	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, pendiente, morfología.	Erosión fluvial en la margen izquierda del río Huaura. Por la baja pendiente, el río divaga pegándose actualmente a la margen izquierda.	Afecta las bases de la carretera Huaura-Churín, en un tramo aproximado de 600 m.
144941073	Huaura, Paccho, margen izquierda río Huara a 1 km aguas arriba de la quebrada Piedra	Dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas, pendiente, morfología.	Erosión fluvial en la margen izquierda del río Huaura. Por la baja pendiente, el río divaga pegándose actualmente a la margen izquierda.	Afecta bases de la carretera Huaura-Churín en un tramo aproximado de 600 m aguas arriba.
144941090	Oyón, Cochamarca, Quilca	Precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial, naturaleza del suelo o regolito.	Huaycos y avenidas extraordinarias erosionan terraza proluvio aluvial en la margen derecha de la quebrada. Terraza de erosión.	Puede afectar viviendas, escuela y terrenos de cultivo.



**ANEXO 12**  
**ELEMENTOS ANALIZADOS EN AGUAS**





## Elementos Analizados en Aguas

Id	Analito	Límite Detección (mg/l)	Ensayo	Método Analítico
1	Hg	0,001	Mercurio	SGS-ENVIDIV-ME-08:2002;Rev.00. Determinación de Mercurio según EPA- Método 7470 A (1986). Técnica vapor frío usando FIAS.
2	Ag	0,001	ICP Total	EPA - 200.7: 1994. Metales traza por ICP.
3	Al	0,01		
4	As	0,005		
5	B	0,1		
6	Ba	0,003		
7	Be	0,0003		
8	Bi	0,005		
9	Ca	0,1		
10	Cd	0,001		
11	Co	0,001		
12	Cr	0,001		
13	Cu	0,003		
14	Fe	0,1		
15	K	0,1		
16	Mg	0,04		
17	Mn	0,002		
18	Mo	0,005		
19	Na	0,1		
20	Ni	0,004		
21	P	0,1		
22	Pb	0,004		
23	Sb	0,005		
24	Sn	0,01		
25	Sr	0,001		
26	Ti	0,003		
27	Tl	0,03		
28	V	0,002		
29	Zn	0,005		
30	Cl <sup>-</sup>	1		
31	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1	Bicarbonatos	AOAC 920.194: 2000; 17 th Ed. Método titrimétrico
32	SO <sub>4</sub>	1	Sulfatos	APHA-AWWA-WEF 4500-SO4-E: 1998; 20th Ed. Método turbidimétrico
33	CN Wad	0,005	Cianuro WAD	APHA-AWWA-WEF 4500-CN--I-F: 1998; 20th Ed. Método electrodo.



**ANEXO 13**  
**LÍMITES DE DETECCIÓN DE ELEMENTOS ANALIZADOS**  
**POR ICP-MS**



**Límites de Detección de Elementos Analizados  
Por ICP-MS**

<b>Elemento</b>	<b>Au</b>	<b>Ag</b>	<b>Al</b>	<b>As</b>	<b>B</b>	<b>Ba</b>	<b>Be</b>	<b>Bi</b>	<b>Ca</b>	<b>Cd</b>
Unidad	ppb	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
L.D.	5,00	0,01	0,01	1,00	10,00	5,00	0,10	0,02	0,01	0,01
<b>Elemento</b>	<b>Ce</b>	<b>Co</b>	<b>Cr</b>	<b>Cs</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Ga</b>	<b>Ge</b>	<b>Hf</b>	<b>Hg</b>
Unidad	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	Ppm	ppm
L.D.	0,05	0,10	1,00	0,05	0,50	0,01	0,10	0,10	0,05	0,01
<b>Elemento</b>	<b>In</b>	<b>K</b>	<b>La</b>	<b>Li</b>	<b>Lu</b>	<b>Mg</b>	<b>Mn</b>	<b>Mo</b>	<b>Na</b>	<b>Nb</b>
Unidad	ppm	%	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm
L.D.	0,02	0,01	0,10	1,00	0,01	0,01	5,00	0,05	0,01	0,05
<b>Elemento</b>	<b>Ni</b>	<b>P</b>	<b>Pb</b>	<b>Rb</b>	<b>S</b>	<b>Sb</b>	<b>Sc</b>	<b>Se</b>	<b>Sn</b>	<b>Sr</b>
Unidad	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	Ppm	ppm
L.D.	0,50	50,00	0,20	0,20	0,01	0,05	0,10	1,00	0,30	0,50
<b>Elemento</b>	<b>Ta</b>	<b>Tb</b>	<b>Te</b>	<b>Th</b>	<b>Ti</b>	<b>Tl</b>	<b>U</b>	<b>V</b>	<b>W</b>	<b>Y</b>
Unidad	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	Ppm	ppm
L.D.	0,05	0,02	0,05	0,10	0,01	0,02	0,05	1,00	0,10	0,05
<b>Elemento</b>	<b>Yb</b>	<b>Zn</b>	<b>Zr</b>							
Unidad	ppm	ppm	ppm							
L.D.	0,10	1,00	0,50							



# **ANEXO 14**

## **MARCO NORMATIVO DE LA CALIDAD DE AGUAS**





## LEY GENERAL DE AGUAS DEL PERÚ

De acuerdo al uso predominante del agua, las diversas fuentes naturales de agua superficial han sido agrupadas en dos, de acuerdo con la Ley General de Aguas, Decretos Supremos N.º 007-83-SA y N.º 003-2003-SA (MINAG, 2003), administrados por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud.

**Aguas de Clase I.** Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección. Las estaciones consideradas con este tipo de agua son las ubicadas aguas arriba de cada poblado principal, como es el caso de Oyón, Churín, Sayán, Huaura, entre otros. En ese sentido, se han tenido en cuenta cinco estaciones en la cuenca alta, doce en la cuenca media y cuatro en la cuenca baja.

**Aguas de Clase III.** Guías para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales. En vista de que es el mayor uso que se le da al agua en la cuenca, la mayoría de las estaciones han sido catalogadas para este uso y son 51 estaciones en la cuenca alta, 69 en la cuenca media y 18 en la baja.

**Cuadro 1**  
Límites de calidad de aguas para  
uso doméstico (en ug/l)

Parámetro	OMS- 2004	Ley General de Aguas (Clase I)
Arsénico	10	100
Cadmio	3	10
Cianuro WAD*	70	80
Cobre	2 000	1 000
Cromo	50	50
Manganeso (mg/l)	0,4	NA
Mercurio	1	2
Níquel	20	2
Plomo	10	50
Zinc	5 000	5 000

\*Perú (1983 y modificación 2003)

**Cuadro 2**  
Límites de calidad de aguas para irrigación y ganadería,  
y Clase III de Ley General de Aguas- Perú

Analito	Unidades	Ley General de Aguas (Clase III)*	Irrigación Environment**	Ganado
				Environment**
Sólidos totales disueltos	mg/L	--	500	3 000
Cloruro	mg/L	--	100	--
Arsénico	ug/L	200	100	25
Cadmio	ug/L	50	5	80
Cianuro	ug/l	100	--	--
Cromo	ug/L	1 000	8 (Cr VI)	50 (Cr VI)
Cobalto	ug/L	--	50	1 000
Cobre	ug/L	500	200	500
Hierro	ug/L	--	5 000	--
Plomo	ug/L	100	200	100
Manganeso	ug/L	--	200	--
Mercurio	ug/L	10	10	3
Níquel	ug/L	1 000	--	1 000
Zinc	ug/L	25 000	1 000	50 000

\*Perú (1983 y modificación 2003) \*\* Canadá (2002)

## GUÍAS INTERNACIONALES

Además de determinar la calidad de aguas de la cuenca, tomando como referencia la Ley General de Aguas, en este estudio se ha utilizado las siguientes guías internacionales de la calidad del agua para consumo humano, consumo de ganado e irrigación: Normas de la Organización Mundial de la Salud (OMS-,2004) para la Clase I, y la normatividad del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (2002) para la Clase III. Para el caso de los sedimentos se ha tomado como referencia los niveles recomendados por la Junta de Andalucía (1999).

### CLASES DE AGUA SEGÚN SU SALINIDAD

Basándonos en el criterio de clasificación desarrollado por el Laboratorio de Salinidad de Suelos del Departamento de Agricultura de EE.UU, según su conductividad eléctrica, el agua se puede clasificar en cuatro grupos:

- C1: Aguas con CE: 0-250 uS/cm, consideradas de **baja salinidad** y, por lo tanto, útiles para riego de cualquier cultivo o tipo de suelo. Tiene baja o nula probabilidad de generar problemas de salinidad en los suelos.
- C2: Aguas con CE: 250-750 uS/cm, de **salinidad media**, que pueden utilizarse para riego de cultivos con la condición que exista cuando menos un lavado moderado de los suelos por lluvia. La mayoría de cultivos resisten esta agua sin prácticas especiales de control.
- C3: Aguas con CE: 750-2250 uS/cm. Este tipo de aguas se consideran como **altamente salinas** y solamente aplicables en suelos con buen drenaje o cultivos altamente resistentes a las sales.
- C4: Aguas con CE>2250 uS/cm, consideradas como de **salinidad extrema**, y no recomendable para el riego de ningún tipo de cultivo, en ningún tipo de suelo, con excepción de las zonas costeras.

Las sales pueden proceder directamente de las rocas emplazadas en los cursos de las aguas corrientes, principalmente las de tipo sedimentario, las cuales tienen sales como minerales constituyentes. Otra fuente de sales es el uso de elevadas cantidades de fertilizantes (especialmente los más solubles), que producen la contaminación de los cuerpos de agua. La acumulación de sales influye negativamente en el crecimiento de los cultivos.

### RELACIÓN DE ABSORCIÓN DE SODIO (RAS)

Cuando las aguas de riego contienen cantidades considerables de sodio en solución, este se acumula paulatinamente en el suelo y, como consecuencia, este se defloca y pierde su estructura. Debido a esto, la permeabilidad del suelo disminuye, favoreciendo la formación de costras que impiden el desarrollo normal de los cultivos, provocando además la absorción de algunos elementos tóxicos en las plantas en pequeñas cantidades. De estos elementos, los más frecuentes son el boro, el ión cloruro, el litio y el sodio.

El RAS mide la proporción de sodio, calcio y magnesio que contiene la muestra. El ión sodio tiene tendencia a desestabilizar las arcillas y a solubilizar la materia orgánica, taponando con ello los poros del suelo, disminuyendo la conductividad hidráulica y haciendo que el medio sea menos apto para el crecimiento de los cultivos. Cuando la proporción de sodio es alta, será mayor el peligro de sodificación, y si predominan el calcio y el magnesio, el peligro es menor.

En el cuadro 3 se muestra la clasificación de aguas de riego en base a los índices RAS; en las que se puede notar que valores de RAS inferiores a 18 no representan ningún tipo de problema para cualquier clase de suelo.

Los suelos calcáreos toleran mejor el sodio que los suelos de baja saturación, los más problemáticos son aquellos cuyo extracto de saturación presenta un RAS elevado.

**Cuadro 3**  
**Índices RAS para clasificar aguas de riego**

Clasificación		RAS	
		CE = 100 US/cm	CE = 750 US/cm
S1	Baja en Sodio	0 – 10	0 – 6
S2	Media en Sodio	oct-18	6 – 12
S3	Alta en Sodio	18 - 26	12 – 18
S3	Muy alta en Sodio	> 26	> 18

## DIAGRAMAS DE WILCOX, STIFF, PIPER Y CAJAS Y BIGOTES

El *Diagrama de Wilcox* (1955) permite determinar la aptitud del agua para irrigación clasificándola de acuerdo al alto o bajo riesgo para la salinización o alcalinización del suelo, en base a la salinidad y al Índice RAS. Por ejemplo, a medida que aumenta la salinidad disminuye la tolerancia al RAS, de manera que para un RAS de 10, el agua sólo es excelente hasta una salinidad de 250 uS/cm; por encima de ese valor es necesario tomar precauciones, se vuelve no apta para el riego cuando la conductividad supera los 4000 uS/cm.

El *Diagrama de Stiff* (1951) sirve para representar las concentraciones de los principales cationes y aniones en muestras de agua. Consiste en un polígono que dispone en el eje izquierdo los cationes (Ca, Mg, Na y K) y en el derecho los aniones ( $\text{HCO}_3$ ,  $\text{SO}_4$  y Cl). La interpretación se realiza de aniones a cationes, teniendo en cuenta las mayores concentraciones (en meq/l, mg/l).

El *Diagrama de Piper* (1944) es una representación gráfica de los parámetros físico-químicos en muestras de agua. Sirve para establecer la variación existente entre análisis de distintas muestras y clasificaciones, con lo que se permite clasificar los tipos de agua.

El *Diagrama de Cajas y Bigotes* es un resumen gráfico que permite visualizar, para un conjunto de datos, la tendencia central, la dispersión y la presencia posible de datos atípicos. Para realizarlo se necesita calcular la mediana, el primer cuartil y el tercer cuartil de los datos. En geoquímica, denota las concentraciones de los principales cationes y aniones (en mmol/l) y se utiliza para caracterizar las aguas y compararlas en cada sector.

### Niveles para determinar la calidad de sedimentos

Dado que no existe una normatividad que regule los niveles de elementos tóxicos en sedimentos, se ha visto por conveniente tomar como referencia para el presente estudio los niveles recomendados por la Junta de Andalucía (CMAJA, 1999), la cual, a partir de una investigación de diversas normas internacionales, recomienda aplicarlos en suelos de uso agrícola; establece tres niveles y diferencia los suelos ácidos ( $\text{pH} < 7$ ) de los neutros/alcalinos ( $\text{pH} > 7$ ).

#### A. Nivel de referencia.

Representa el máximo valor admisible para los suelos no contaminados.

#### B. Nivel de investigación.

En este nivel, los suelos se encuentran contaminados y se proponen una serie de determinaciones para evaluar la

posible toxicidad de la contaminación. Se establecen dos niveles de peligrosidad.

#### B1. Nivel de investigación recomendable.

Es el nivel de alerta a partir del cual se sospecha que puede existir una contaminación peligrosa. A este nivel se recomienda realizar una serie de determinaciones para precisar la posible toxicidad de la contaminación (además de las determinaciones reguladas en el nivel anterior):

- Parámetros del suelo: textura, contenidos en materia orgánica, carbonatos y óxihidróxidos de Fe libre.

- Elementos traza: se recomienda determinar el contenido de metales solubles en agua y extraíbles por EDTA.

#### B2. Nivel de Investigación obligatoria.

Se supone que, a partir de este umbral, el suelo se encuentra contaminado y se establece la obligatoriedad de investigar adecuadamente esta contaminación.

Se han de realizar con carácter obligatorio todas las determinaciones referidas en el umbral anterior. Además se recomienda la extracción secuencial propuesta por Tessier *et al.* el año 1979.

#### C. Nivel de intervención.

Se refiere a aquel suelo que se encuentra contaminado a niveles peligrosos y es urgente su remediación.

Dado el poco efecto que tiene el pH sobre el comportamiento de ciertos elementos (As, Cr, Hg, Mo, TI), se consideran valores únicos tanto para suelos ácidos como para los neutros o alcalinos (CMAJA, 1999).

#### Arsénico (As)

Este elemento traza es uno de los más tóxicos, aunque sus formas más tóxicas no son muy frecuentes en los suelos. Las variaciones de pH afectan poco su solubilidad.

En el cuadro 4 se aprecian los valores recomendados.

**Cuadro 4**  
**Niveles recomendados para el arsénico en suelos**

Arsénico	ppm
Nivel de referencia	<20
Nivel de investigación recomendable	20 - 30
Nivel de investigación obligatoria	30 - 50
Nivel de intervención	>50

**Cadmio (Cd)**

Es un metal pesado de muy alta peligrosidad, dada su elevada capacidad de acumulación en los organismos y su fuerte toxicidad.

El pH afecta sensiblemente a la solubilidad del Cd. Tiende a ser más móvil que la mayoría de los metales pesados.

Los valores recomendados se observan en el cuadro 5.

**Cuadro 5****Niveles recomendados para el cadmio en suelos**

Cadmio	(ppm)	(ppm)
	pH < 7	pH > 7
Nivel de referencia	<2	<3
Nivel de investigación recomendable	2 – 3	03-may
Nivel de investigación obligatoria	3 – 7	05-oct
Nivel de intervención	>7	>10

**Cobalto (Co)**

Es un elemento necesario, pero en dosis mayores a 25 mg/día es tóxico. Su disponibilidad depende mucho del pH.

Los valores recomendados se aprecian en el cuadro 6.

**Cuadro 6****Niveles recomendados para el cobalto en suelos**

Cobalto	(ppm)	(ppm)
	pH < 7	pH > 7
Nivel de referencia	<20	<50
Nivel de investigación recomendable	20 – 50	50 – 150
Nivel de investigación obligatoria	50 – 100	150 – 300
Nivel de intervención	>100	>300

**Cromo (Cr)**

La movilidad del Cr aumenta al disminuir el pH, pero es mucho menos sensible a las variaciones del pH que el Pb, Zn, Cd y Co (Prueb, 1997). El Cr (IV) existe como anión, es un oxidante fuerte y tiene una marcada tendencia a reducirse (sobre todo en presencia de materia orgánica y de óxidos de Mn) en grandes concentraciones (Bohn et al, 1985). En el cuadro 7 se observan los valores recomendados.

**Cuadro 7****Niveles recomendados para el cromo en suelos**

Cromo	(ppm)
	pH < 7
Nivel de referencia	<100
Nivel de investigación recomendable	100 – 250
Nivel de investigación obligatoria	250 – 450
Nivel de intervención	>450

**Cobre (Cu)**

Es un metal de poca movilidad y sensibilidad a los cambios de pH (Prueb A, 1997).

En el cuadro 8 se observan los niveles recomendados.

**Cuadro 8****Niveles recomendados para el cobre en suelos**

Cobre	(ppm)	(ppm)
	pH < 7	pH > 7
Nivel de referencia	<50	<100
Nivel de investigación recomendable	50 – 150	100 – 300
Nivel de investigación obligatoria	150 – 300	300 – 500
Nivel de intervención	>300	>500

**Mercurio (Hg)**

En los suelos el Hg normalmente está inmovilizado, adsorbido o unido a la fracción mineral y a la orgánica, quedando solo una muy pequeña parte disuelta. También presenta una determinada tendencia a volatilizarse.

Su disponibilidad no está influenciada por el pH, por lo que en el cuadro 9 se observan niveles únicos recomendados.

**Cuadro 9****Niveles recomendados para el mercurio en suelos**

Mercurio	(ppm)
Nivel de referencia	<1
Nivel de investigación recomendable	01-mar
Nivel de investigación obligatoria	03-oct
Nivel de intervención	>10

**Molibdeno (Mo)**

En pequeñas concentraciones es un elemento beneficioso para el desarrollo de los organismos. En el cuadro 10 se aprecian los niveles recomendados.

**Cuadro 10**  
**Niveles recomendados para el molibdeno en suelos**

Molibdeno	(ppm)
Nivel de referencia	<10
Nivel de investigación recomendable	10 – 40
Nivel de investigación obligatoria	40 – 200
Nivel de intervención	>200

**Níquel (Ni)**

Es considerado un elemento esencial para los organismos del suelo. En el cuadro 11 se observan los niveles recomendados para el níquel en suelos.

**Cuadro 11**  
**Niveles recomendados para el níquel en suelos**

Níquel	(ppm)	(ppm)
	pH < 7	pH > 7
Nivel de referencia	<40	<50
Nivel de investigación recomendable	40 – 80	50 – 100
Nivel de investigación obligatoria	80 – 200	100 – 300
Nivel de intervención	>200	>300

**Plomo (Pb)**

La movilidad del plomo es alta a pH extremadamente bajos. En el cuadro 12 se muestran los valores recomendados, teniendo en cuenta el pH y existiendo notables diferencias en función a dicho parámetro.

**Cuadro 12**  
**Niveles recomendados para el plomo en suelos**

Plomo	(ppm)	(ppm)
	pH < 7	pH > 7
Nivel de referencia	<100	<200
Nivel de investigación recomendable	100 – 250	200 – 400
Nivel de investigación obligatoria	250 – 350	400 – 500
Nivel de intervención	>350	>500

**Talio (Tl)**

Es un elemento muy móvil que no depende de las variaciones de pH, por lo que en el cuadro 13 se aprecian los niveles únicos recomendados.

**Cuadro 13**  
**Niveles recomendados para el talio en suelos**

Talio	(ppm)
Nivel de referencia	<1
Nivel de investigación recomendable	01-mar
Nivel de investigación obligatoria	3 – 5
Nivel de intervención	>5

**Zinc (Zn)**

Es poco tóxico, pero en cantidades >350 mg/Kg puede ocasionar retrasos en el crecimiento de las plantas. Es mucho más móvil en los suelos ácidos que en los neutros y alcalinos (Prueb, 1997).

En el cuadro 14 se tienen los valores recomendados para suelo ácidos y alcalinos.

**Cuadro 14**  
**Niveles recomendados para el zinc en suelos (Prueb, 1997)**

Zinc	(ppm)	(ppm)
	pH < 7	pH > 7
Nivel de referencia	<200	<300
Nivel de investigación recomendable	200 – 300	300 – 500
Nivel de investigación obligatoria	300 – 600	500 – 1000
Nivel de intervención	>600	>1000



**ANEXO 15**  
**ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD**





El aseguramiento y control de calidad, tanto en la etapa de campo como en la de laboratorio, permite validar los resultados analíticos de las muestras recolectadas reduciendo el grado de incertidumbre y la probabilidad de errores sistemáticos, lo que finalmente conlleva a conclusiones reales. Esto es posible, a través de una adecuada práctica de los protocolos de muestreo geoquímico (Chira, 2007: en Vilchez y otros, 2007).

Para este estudio, el total de muestras de campo es de 159, además de 17 muestras destinadas para el control de calidad (ocho muestras «blanco» y nueve duplicados).

Las muestras de campo y de control de calidad se distribuyen a nivel de subcuencas hidrográficas, constituyendo así lotes de 30 muestras como máximo para cada subcuenca. Cada uno de estos lotes contiene al menos una muestra blanco y una muestra duplicada, de manera que cada subcuenca cuenta con un control de calidad independiente, el cual fue considerado desde la etapa de diseño de muestreo.

## PRECISIÓN

Para el control de este parámetro se recolectaron muestras duplicadas en determinadas estaciones de muestreo a través de

las cuales se evalúa el grado de repetibilidad de los resultados analíticos, así como la buena aplicación de los protocolos de muestreo geoquímico.

A continuación se presentan los resultados más representativos obtenidos en muestras duplicadas para muestras de agua de escorrentía. Para efectos de gráfico, los resultados por debajo del límite de detección fueron considerados iguales a este. Todos los valores de arsénico presentados en el cuadro 1 están por debajo del límite de detección, no obstante, denota una buena repetibilidad analítica, los cuales son aceptables para la validación de los mismos (figura 1).

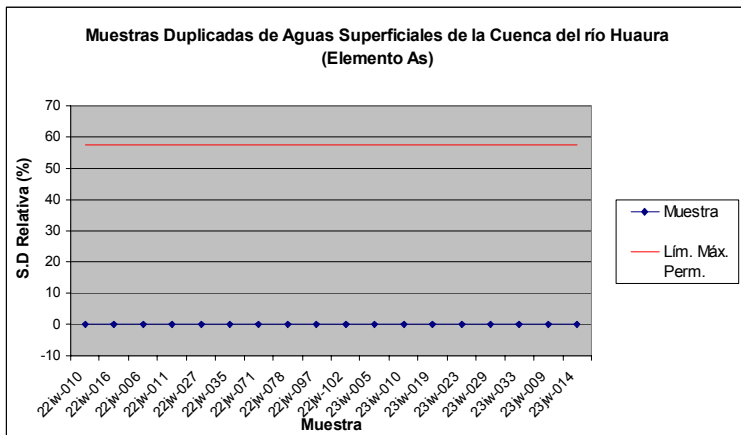
Los valores de cobre presentados en el cuadro 2 demuestran que los resultados analíticos se encuentran dentro de los rangos permisibles, en la mayoría de los casos se obtuvo una repetibilidad del 100% (figura 2).

En el cuadro 3 se observan los resultados para las muestras duplicadas por el elemento manganeso, los cuales son aceptables, la máxima desviación estándar relativa representa prácticamente la quinta parte de su correspondiente valor máximo permisible (figura 3).

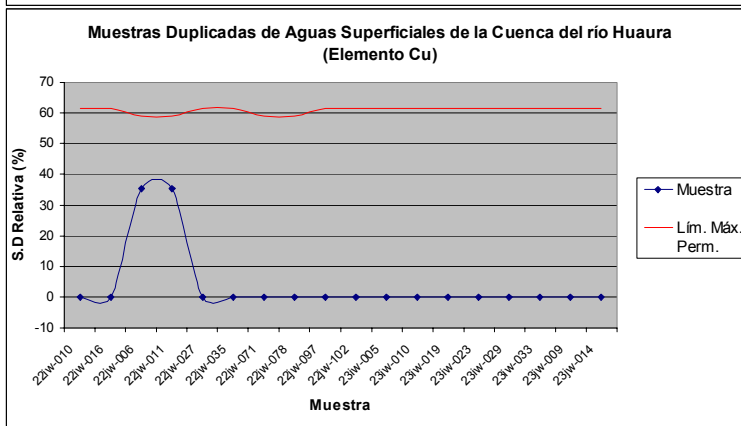
**Cuadro 1**  
**Parámetros de precisión en muestras de aguas superficiales de la Cuenca del río Huaura ( As)**

Muestra	Límite de Detección (ug/L)	Valores Obtenidos (ug/L)	Valor Promedio (ug/L)	S.D (ug/L)	S.D Relativa (%)	Límite Máx. Perm. de S.D Relativa (%)*
22iw-010	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
22iw-016		5,0				
22iw-006	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
22iw-011		5,0				
22iw-027	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
22iw-035		5,0				
22iw-071	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
22iw-078		5,0				
22iw-097	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
22iw-102		5,0				
23iw-005	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
23iw-010		5,0				
23iw-019	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
23iw-023		5,0				
23iw-029	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
23iw-033		5,0				
23iw-009	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
23iw-014		5,0				

\*Límite Máximo Permisible de Desviación Estándar Relativa, determinado de acuerdo al método analítico y las concentraciones obtenidas.



**Figura 1** Desviaciones estándar relativas en aguas superficiales-Arsénico.



**Figura 2** Desviaciones estándar relativas en aguas superficiales-Cobre.

**Cuadro 2**

**Parámetros de precisión en muestras de aguas superficiales de la Cuenca del río Huaura (Cu)**

Muestra	Límite de Detección (ug/L)	Valores Obtenidos (ug/L)	Valor Promedio (ug/L)	S.D (ug/L)	S.D Relativa (%)	Límite Máx. Perm. de S.D Relativa (%)*
22iw-010	3	3,0	3,0	0,000	0,000	61,362
22iw-016		3,0				
22iw-006	3	3,0	4,0	1,414	35,355	59,179
22iw-011		5,0				
22iw-027	3	3,0	3,0	0,000	0,000	61,362
22iw-035		3,0				
22iw-071	3	4,0	4,0	0,000	0,000	59,179
22iw-078		4,0				
22iw-097	3	3,0	3,0	0,000	0,000	61,362
22iw-102		3,0				
23iw-005	3	3,0	3,0	0,000	0,000	61,362
23iw-010		3,0				
23iw-019	3	3,0	3,0	0,000	0,000	61,362
23iw-023		3,0				
23iw-029	3	3,0	3,0	0,000	0,000	61,362
23iw-033		3,0				
23iw-009	3	3,0	3,0	0,000	0,000	61,362
23iw-014		3,0				

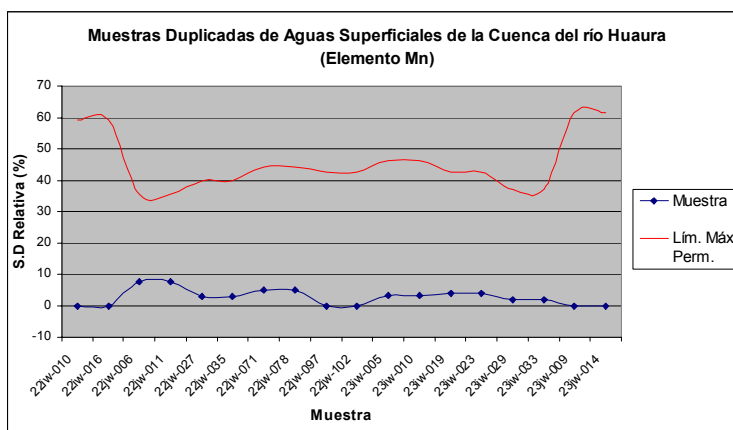
\*Límite Máximo Permisible de Desviación Estándar Relativa, determinado de acuerdo al método analítico y las concentraciones obtenidas.

**Cuadro 3**  
**Parámetros de precisión en muestras de aguas superficiales de la Cuenca del río Huaura (Mn)**

Muestra	Límite de Detección (ug/L)	Valores Obtenidos (ug/L)	Valor Promedio (ug/L)	S.D (ug/L)	S.D Relativa (%)	Límite Máx. Perm. de S.D Relativa (%)*
22iw-010	2	4,0	4,0	0,000	0,000	59,179
22iw-016		4,0				
22jw-006	2	88,0	93,0	7,071	7,603	35,305
22jw-011		98,0				
22jw-027	2	52,0	51,0	1,414	2,773	39,864
22jw-035		50,0				
22jw-071	2	30,0	29,0	1,414	4,877	44,147
22jw-078		28,0				
22jw-097	2	36,0	36,0	0,000	0,000	42,506
22jw-102		36,0				
23iw-005	2	22,0	21,5	0,707	3,289	46,418
23iw-010		21,0				
23iw-019	2	35,0	36,0	1,414	3,928	42,506
23iw-023		37,0				
23iw-029	2	73,0	74,0	1,414	1,911	37,039
23iw-033		75,0				
23jw-009	2	3,0	3,0	0,000	0,000	61,362
23jw-014		3,0				

\*Límite Máximo Permissible de Desviación Estándar Relativa, determinado de acuerdo al método analítico y las concentraciones obtenidas.

**Figura 3** Desviaciones estándar relativas en aguas superficiales-Manganeso.



En el cuadro 4 se muestran los resultados de las muestras duplicadas para el elemento zinc, los cuales no superan los límites permisibles, incluso para las muestras 22jw-027 y 22jw-035, cuya desviación estándar relativa está por debajo del límite permisible en un 3.7% (figura 4).

Todos los resultados referidos al cianuro WAD estuvieron por debajo del límite de detección, excepto los valores de las muestras 22jw-097 y 22jw-102, en la que la desviación estándar relativa es la mitad de su correspondiente máxima permisible, dando como resultando estas lecturas precisas (cuadro 5 y figura 5).

### CONTAMINACIÓN

Para descartar la posible presencia de sustancias extrañas en los lotes de muestras analizadas, se emplearon muestras «blanco». De esta manera se evalúa si existió contaminación alguna durante la etapa de muestreo, manipulación o análisis químico de las muestras de agua superficial. Las muestras «blanco» consistieron de agua ultrapura con concentraciones mínimas conocidas a nivel iónico, en especial metales pesados así como cianuro WAD.

En el cuadro 6 se presentan los resultados obtenidos en las muestras «blanco» para los siguientes elementos: As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg,

Mn, Ni, Pb, Zn, además de cianuro WAD. Según los resultados analíticos para las muestras «blanco», se concluye que el total de las muestras analizadas se encuentran libres de contaminación, puesto que no exceden los límites permisibles.

El grado de «pureza» de las muestras blanco es bastante aceptable, donde más del 80% de las concentraciones de los elementos presentes en estas muestras se encuentran por debajo

del límite de detección analítico, lo que la convierte en una muestra idónea para cuantificar posibles contaminaciones.

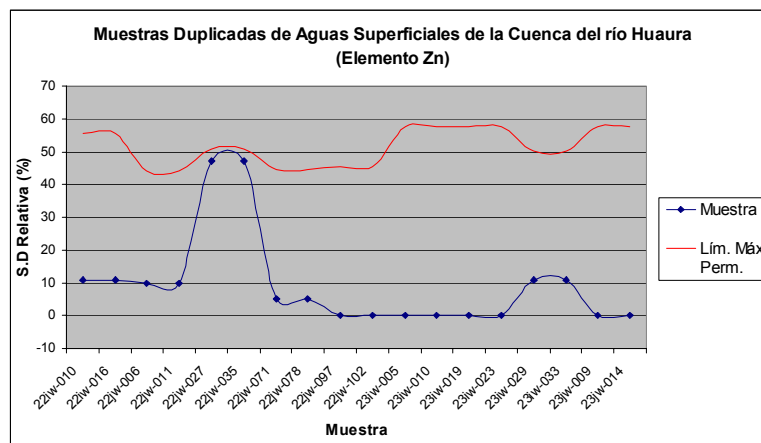
Los resultados analíticos obtenidos reportan las concentraciones dentro de los rangos de aceptabilidad; con ello se descarta la posibilidad de contaminación y se extiende la validez de los resultados en todos los lotes de muestras trabajadas.

**Cuadro 4**

**Parámetros de precisión en muestras de aguas superficiales de la Cuenca del río Huaura (Zn)**

Muestra	Límite de Detección (ug/L)	Valores Obtenidos (ug/L)	Valor Promedio (ug/L)	S.D (ug/L)	S.D Relativa (%)	Límite Máx. Perm. de S.D Relativa (%)*
22iw-010	5	6,0	6,5	0,707	10,879	55,495
22iw-016		7,0				
22jw-006	5	27,0	29,0	2,828	9,753	44,147
22jw-011		31,0				
22jw-027	5	16,0	12,0	5,657	47,400	50,843
22jw-035		8,0				
22jw-071	5	29,0	28,0	1,414	5,051	44,413
22jw-078		27,0				
22jw-097	5	24,0	24,0	0,000	0,000	45,583
22jw-102		24,0				
23iw-005	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
23iw-010		5,0				
23iw-019	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
23iw-023		5,0				
23iw-029	5	14,0	13,0	1,414	10,879	50,235
23iw-033		12,0				
23jw-009	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
23jw-014		5,0				

\*Límite Máximo Permissible de Desviación Estándar Relativa, determinado de acuerdo al método analítico y las concentraciones obtenidas.

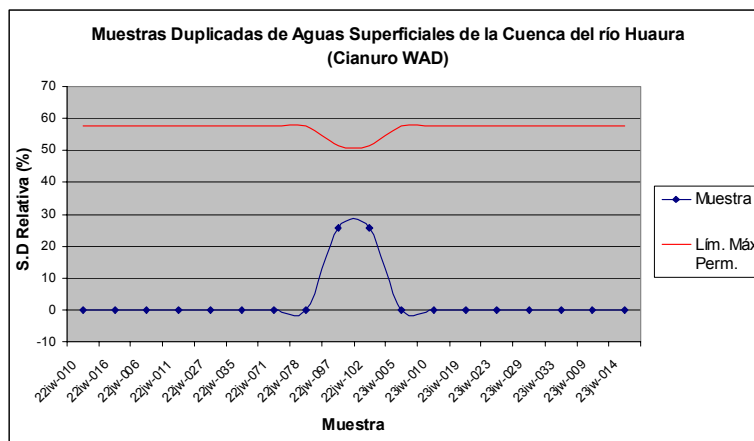


**Figura 4** Desviaciones estándar relativas en aguas superficiales-Zinc.

**Cuadro 5**  
**Parámetros de precisión en muestras de aguas superficiales de la**  
**Cuenca del río Huaura (Cianuro WAD)**

Muestra	Límite de Detección (ug/L)	Valores Obtenidos (ug/L)	Valor Promedio (ug/L)	S.D (ug/L)	S.D Relativa (%)	Límite Máx. Perm. de S.D Relativa (%)*
22iw-010	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
22iw-016		5,0				
22jw-006	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
22jw-011		5,0				
22jw-027	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
22jw-035		5,0				
22jw-071	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
22jw-078		5,0				
22jw-097	5	9,0	11,0	2,828	25,713	51,503
22jw-102		13,0				
23iw-005	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
23iw-010		5,0				
23iw-019	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
23iw-023		5,0				
23iw-029	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
23iw-033		5,0				
23jw-009	5	5,0	5,0	0,000	0,000	57,486
23jw-014		5,0				

\*Límite Máximo Permisible de Desviación Estándar Relativa, determinado de acuerdo al método analítico y las concentraciones obtenidas.



**Figura 5** Desviaciones estándar relativas en aguas superficiales-Cianuro WAD

**Cuadro 6**  
**Contenido de Metales Traza en Muestras «Blanco» para aguas superficiales**  
**en la Cuenca del río Huaura**

Elemento	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	Cn
Unidades	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
LMP*	0,005	0,001	0,001	0,003	0,1	0,001	0,002	0,005	0,01	0,043	0,005
Lím. de Detección	0,005	0,001	0,001	0,003	0,1	0,001	0,002	0,001	0,004	0,005	0,005
22hw-001	<0,005	<0,001	<0,001	<0,003	<0,1	<0,001	<0,002	0,002	0,009	0,024	<0,005
22iw-005	<0,005	<0,001	<0,001	<0,003	<0,1	<0,001	<0,002	<0,001	0,005	0,029	<0,005
22iw-024	<0,005	<0,001	<0,001	<0,003	<0,1	<0,001	<0,002	0,001	0,002	<0,005	<0,005
22jw-001	<0,005	<0,001	<0,001	<0,003	<0,1	<0,001	<0,002	<0,001	0,002	0,011	<0,005
22jw-063	<0,005	<0,001	<0,001	<0,003	<0,1	<0,001	<0,002	<0,001	0,002	0,013	<0,005
22jw-093	<0,005	<0,001	<0,001	<0,003	<0,1	<0,001	<0,002	<0,001	0,002	0,022	<0,005
23iw-015	<0,005	<0,001	<0,001	<0,003	<0,1	<0,001	<0,002	0,001	0,002	0,009	<0,005
23jw-003	<0,005	<0,001	<0,001	<0,003	<0,1	<0,001	<0,002	<0,001	0,002	0,01	<0,005

\*Límites Máximos Permisibles determinados según muestras patrón.

**ANEXO 16**  
**POTENCIALES FOCOS DE CONTAMINACIÓN EN LA**  
**CUENCA DEL RÍO HUAURA**





## Potenciales Focos de Contaminación en la Cuenca del río Huaura

Nro.	Tipo	Lugar	Dist.	Medios Impactados	Morfología	Grado	Observaciones
1	Botadero de basura	San Juan de Yarucaya	Cochamarca	Suelo, aire, paisaje	Ladera	Medio	El botadero se encuentra cerca de terrenos de cultivo y pastoreo.
2	Escombros de mina, deposito de relave	Cerro Sugaragra	Caujul	Suelo, aire, paisaje	Ladera	Medio	Probable generación de drenaje ácido de mina, que llegaría hasta la quebrada Tucto.
3	Escombros y desmonte de mina	Cerro Yahuarcocha, margen izq. Quebrada Turipallanca	Caujul	Agua, suelo	Ladera	Medio	Acumulación de escombros y desmonte de mina en ladera del Cerro Yahuarcocha. Probable generación de drenaje ácido que llegaría hasta la quebrada Turipallanca.
4	Botadero de basura	A.H. 9 de Octubre/ Medano	Sayán	Suelo, aire, paisaje	Duna	Medio	Basura acumulada en arenal, cerca de viviendas del A.H. 9 de Octubre.
5	Botadero de basura	cerro Ronchao frente a Baños de Cabracancha	Pachangara	Suelo, aire, paisaje	Terraza alta	Medio	La basura es acarreada por el viento hacia la zona de los baños termales de Cabracancha.
6	Botadero de basura	Quebrada Hebilla/caserío Cuchichín	Oyón	Suelo, aire, paisaje	Cono deyeectivo	Medio	Además de acumular residuos sólidos en la desembocadura de la quebrada Hebilla, se observa vertido de aguas negras al río Huaura provenientes del caserío Cuchichín.
7	Botadero de basura	Cerro Cuntin	Oyon	Suelo, aire, paisaje	Ladera	Medio	La basura es acarreada por el viento hacia la quebrada Nava.
8	Botadero de basura, desmonte de construcción	Cerro Pirahuay, margen izq. Quebrada Parán	Paccho	Suelo, aire, paisaje	Ladera	Alto	Acumulación de residuos sólidos en ladera del Cerro Pirahuay y margen izquierda de la quebrada Parán. Se observa acumulación de desmonte de construcción en la quebrada, lo cual alimenta el cauce y podría ser arrastrado en época de avenidas.
9	Escombros de mina	Lamapaca	Oyon	Agua, suelo	Ladera	Bajo	Probable generación de drenaje ácido de mina, que llegaría hasta la quebrada Mancacuta.

Nro.	Tipo	Lugar	Dist.	Medios Impactados	Morfología	Grado	Observaciones
10	Botadero de basura	Paccho	Paccho	Suelo, aire, paisaje	Ladera	Medio	Residuos sólidos llegarían hasta la quebrada San Cristóbal.
11	Botadero de basura	Margen izq. Quebrada Japur	Paccho	Suelo, aire, paisaje	Cono deyectivo	Medio	Residuos sólidos llegarían hasta la quebrada Paccho.
12	Botadero de basura	Margen izq. Quebrada Puruluma	Paccho	Suelo, aire, paisaje	Ladera	Medio	El botadero se encuentra al pie del cerro Condor Pato, cerca de terrenos de cultivo y pastoreo.
13	Botadero de basura	Margen izq. Quebrada Grande	Leoncio Prado	Suelo, aire, paisaje	Ladera	Medio	Acumulación de residuos sólidos en la margen izquierda de la quebrada Grande. Se observa acumulación de desmonte de construcción en la quebrada, lo cual alimenta el cauce y podría ser arrastrado en época de avenidas.
14	Botadero de basura	San Jorge	Vegueta	Suelo, aire, paisaje	Cono deyectivo	Medio	Residuos sólidos acumulados en arenal, cerca de viviendas y terrenos agrícolas.
15	Botadero de basura	Cerro Cruz Coto /Ihuari	Ihuari	Suelo, aire, paisaje	Ladera	Bajo	Residuos sólidos acumulados a la entrada y salida del pueblo, en la margen izquierda del río Ihuari.
16	Botadero de basura	Peraldillo	Hualmay	Suelo, aire, paisaje	Ladera	Alto	Residuos sólidos acumulados en ambas márgenes del río Huaura.
17	Botadero de basura	Sayán	Sayán	Suelo, aire, paisaje	Ladera	Bajo	Residuos sólidos acumulados en la margen izquierda del río Huaura.
18	Botadero de basura	Vista Alegre		Suelo, aire, paisaje	Ladera	Medio	Residuos sólidos acumulados en la margen derecha del río Huanangue.
19	Botadero de basura	Andahuasi	Sayán	Suelo, aire, paisaje	Cono deyectivo	Medio	Residuos sólidos acumulados en la margen izquierda del río Huaura. Se observa quema de caña en el mismo sector.
20	Botadero de basura	El Tauca	Huacho	Suelo, aire, paisaje	Ladera	Medio	Residuos sólidos acumulados en la parte alta de A.H. Atalaya.
21	Botadero de basura	Santa Ines	Huaura	Suelo, aire, paisaje	Ladera	Medio	Residuos sólidos dispuestos a la intemperie, cerca a viviendas.
22	Cenizas, quema de pastos	Humaya	Huaura	Suelo, aire	Pampa	Medio	Residuos sólidos dispuestos a la intemperie, cerca a canal de agua.

Nro.	Tipo	Lugar	Dist.	Medios Impactados	Morfología	Grado	Observaciones
23	botadero de basura	Cañas	Sayán	Suelo, aire, paisaje	Terraza	Medio	Residuos sólidos dispuestos a la intemperie y acumulados en la desembocadura de la quebrada Cañas.
24	Escombros de mina	Cerro Rirco	Oyón	Agua, suelo	Ladera	Medio	Probable generación de drenaje ácido de mina.
25	Escombros de mina	Cerro Pllugaga	Oyón	Agua, suelo	Ladera	Medio	Probable generación de drenaje ácido de mina.
26	Escombros de mina	Qda. Pacahuacro	Navan	Agua, suelo	Ladera	Medio	Probable generación de drenaje ácido de mina.
27	Escombros de mina	Qda. Champuragra	Oyón	Agua, suelo	Ladera	Medio	Probable generación de drenaje ácido de mina.
28	Escombros de mina	Huanaco Punahuain	Pachangara	Agua, suelo	Ladera	Medio	Probable generación de drenaje ácido de mina.
29	Escombros de mina	Cerro Lulicocha	Oyón	Agua, suelo	Ladera	Medio	Probable generación de drenaje ácido de mina.
30	Escombros de mina	Qda. Cutacancha	Oyón	Agua, suelo	Ladera	Medio	Probable generación de drenaje ácido de mina.
31	Escombros de mina	Cerro Rupaycoto	Andajés	Agua, suelo	Ladera	Medio	Probable generación de drenaje ácido de mina.



Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

Av. Canadá 1470, San Borja, Lima 41, Perú

Teléfono:051-1-618-9800

Fax:051-1-225-3063 / 051-1-225-4540

[http: www.ingemmet.gob.pe](http://www.ingemmet.gob.pe)

e-mail: [informaciongeocientifica@ingemmet.gob.pe](mailto:informaciongeocientifica@ingemmet.gob.pe)