

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

BOLETÍN N° 19

Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica

ESTUDIO GEODINÁMICO DE LA CUENCA DE LOS RÍOS QUILCA, SIHUAS Y VÍTOR

Departamento de Arequipa

Por :

Lionel Fídel S.
Germán Valenzuela O.
Segundo Castro J.



INGEMMET

Lima - Perú
Diciembre, 1997

República del Perú

Sector Energía y Minas

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

Boletín N° 19

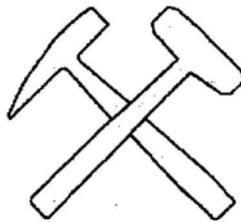
Serie C : Geodinámica e Ingeniería Geológica

ESTUDIO GEODINÁMICO DE LA CUENCA DE LOS RÍOS QUILCA, SIHUAS Y VÍTOR

DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

Por:

Lionel Fidel Smoll
Germán Valenzuela O.
Segundo Castro J.



INGEMMET

Lima - Perú

Diciembre, 1997

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO



Alberto Pandolfi Arbulú
Ministro de Energía y Minas

Juan Mendoza Marsano
Vice-Ministro de Minas

y
Presidente del Consejo Directivo del INGEMMET

Walter Casquino Rey - Roberto Plenge Cannock
Lindberg Meza Cárdenas - Nicanor Vilchez Ortiz
Gerardo Pérez Del Aguila
Consejo Directivo

Hugo Rivera Mantilla
Director Técnico

FUNCIONARIOS TÉCNICOS RESPONSABLES DE LA EDICIÓN

Oscar Palacios Moncayo
Director General de Geología

Antonio Guzmán Martínez
Director de Geotécnica

Francisco Herrera Romero
Director de Información y Promoción

Impreso en INGEMMET, Primera Edición, 1997
Coordinación, Revisión y Edición
Dirección de Información y Promoción, INGEMMET
Lima - Perú

Contenido

RESUMEN	1
1.0 INTRODUCCIÓN	3
2.0 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA	5
2.1 Clima y Vegetación	5
2.2 Análisis de la precipitación	6
2.3 Características Demográficas	9
2.4 Características Sociales	10
2.5 Características Económicas	10
2.6 Características de Vivienda	10
3.0 ASPECTO GEOLÓGICO LITOLÓGICO Y ESTRUCTURAL	21
3.1 Geología de la Cuenca	21
3.2 Aspectos Estructurales	29
3.3 Unidades Litológicas	31
Unidad I: Rocas Intrusivas	32
Unidad II: Rocas Volcánicas	32
Unidad III: Rocas Volcánico - Sedimentarias	32
Unidad IV: Rocas Sedimentarias	33
Unidad V: Rocas Metamórficas	34
Unidad VI: Unidades Superficiales	34
3.4 Unidades Litológicas altamente susceptibles	35

4.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	39
4.1 Unidades Geomorfológicas	39
4.2 Interpretación de los parámetros geomorfológicos	53
4.3 Correlación entre cauce y estructura geológica	54
5.0 HIDROLOGÍA E HIDROQUÍMICA	63
5.1 Caudales	64
5.2 Tendencias	67
Hidroquímica (problemas de salinidad)	67
Resultados	67
Uso de las aguas	71
Conclusiones	71
6.0 MANEJO DE RECURSOS NATURALES	73
6.1 Recursos Hídricos	73
6.2 Actividades extractivas	74
6.3 Vías de comunicación	76
Carretera Panamericana (San Juan de Sihuas)- Santa Isabel de Sihuas (valle del río Sihuas)	77
Puente Carretera Panamericana-Llucfla (valle del río Sihuas)	77
Carretera La Joya-Arequipa (antigua Carretera Panamericana)	78
Carretera Arequipa-Yura-Huanca	79
Carretera: Arequipa-Yura-Cusco	85
Carretera: Arequipa (Cabrería)-Cañahuas	88
Trocha carrozable: Río Campusane-Turucane-Aguada Blanca	90
Carretera Arequipa - Puno	91
Carretera Tambo de Sal - Paty - Límite de Cuenca	93
Carretera principal desvío a Juliaca-Puno-Matalaque-Límite de Cuenca.	95
Carretera Arequipa - Sabandía - Characato - Yarabamba - Límite de Cuenca.	96

Carretera Yarabamba - Quequeña	98
Carretera Characato-Mollebaya	98
Carretera Yarabamba-mina Santa Cecilia-Límite de Cuenca.	98
Carretera Pampa Cruz Verde - Polobaya	99
Carretera Mollebaya-Pocsi-Puquina-Omate	100
Tramo Carretera Panamericana Sur El Alto - Repartición	102
Carretera Pueblo Viejo - El Tambo	104
Carretera Pueblo Nuevo- ex hacienda La Morante- Boyadero	104
Carretera Puerto de Quilca - Pueblo Nuevo	104
7.0 RIESGOS GEOLÓGICOS (AMENAZAS)	107
7.1 Factores de vulnerabilidad en la Cuenca	
Vulnerabilidad Física	109
Vulnerabilidad Técnica	110
Vulnerabilidad Social	111
Vulnerabilidad Económica	111
Vulnerabilidad Educativa	112
7.2 Aspectos Geodinámicos	112
7.3 Flujos Morfodinámicos	113
7.4 La Erosión	114
8.0 PRINCIPALES RIESGOS GEOLÓGICOS EN LA CUENCA	117
Inundaciones	117
Deslizamientos	118
Derrumbes	121
Lahars	121
Flujos de Barro (huaycos)	133
Desprendimiento de rocas	134
Vulcanismo	134
Volcán Sabancaya-Ampato	134
Volcán Chachani	139
Volcán Misti	140

Volcán Ubinas	147
Sismicidad	148
Tsunamis	148
9.0 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA	153
9.1 Zonas críticas	153
9.2 Evaluación de los principales centros poblados	153
Localidad: Arequipa	153
Localidad: Bellavista	157
Localidad: Buena Vista	157
Localidad: Carmen Chaclaya	158
Localidad: Cerrillo	158
Localidad: Chalhuanca	159
Localidad: Characato	159
Localidad: Chihuata	159
Localidad: Huanca	160
Localidad: Huancarane	160
Localidad: Imata	161
Localidad: La Calera	161
Localidad: La Joya	162
Localidad: Lluta	162
Localidad: Mollebaya	163
Localidad: Mocca	163
Localidad: Mocopuquio	163
Localidad: Pampa de Arrieros	164
Localidad: Paty	164
Localidad: Pocsi.	165
Localidad: Polobaya	165
Localidad: Piaca	166
Localidad: Quequeña	166
Localidad: Rinconada	166
Localidad: San Antonio de Chuca	167

Localidad: San Juan de Sihuas	167
Localidad: Santa Isabel de Sihuas	168
Localidad: Sabandía	168
Localidad: Sogay	168
Localidad: San Juan de Tarucani	169
Localidad: Són dor	169
Localidad: Taya	170
Localidad: Tambo de Sal	170
Localidad: Totorane	171
Localidad: Tuctumpalla	171
Localidad: Uzuña	171
Localidad: Yarabamba	172
10.0 PREVENCIÓN Y PREDICCIÓN	179
10.1 Planificación física y riesgos geológicos	180
10.2 Planteamiento General	181
Medidas Estructurales	181
Medidas No Estructurales	181
CONCLUSIONES	183
RECOMENDACIONES	192
BIBLIOGRAFÍA	196
ANEXO I	
SUGERENCIAS DE CORRECCIÓN Y COMPORTAMIENTO POBLACIONAL	200
RESUMEN DE TRATAMIENTO POR FENÓMENO	201
Flujos de barro (huaycos) y erosión intensa con cambio de curso en los conos de deyección	201
Que hacer en casos de huaycos?	202

Avenidas extraordinarias	202
Como debe la población enfrentar una inundación? (INDECI-DIRDN 1990-2000)	203
Desprendimiento de bloques	205
Deslizamientos	205
Deslizamientos: Como enfrentarlos?	205
Erupción Volcánica-Lahars	207
Teniendo en cuenta que una erupción volcánica puede ocurrir cualquier día es necesario tener presente algunas recomendaciones (INDECI-DIRDN 1990-2000):	208
SISMOS	209
Tsunamis (maremotos):	210
Alternativas de solución	212

ANEXO II

ESTUDIO HIDROQUÍMICO DE LA CUENCA DE LOS

RÍOS QUILCA, SIHUAS Y VÍTOR	213
Resumen	215
Conclusiones	219
Recomendaciones	221
1. Introducción	222
2. Objetivos del estudio	222
3. Metodología del estudio	222
4. Ubicación y accesibilidad	223
5. Características de la cuenca	223
6. Estudios anteriores	225
7. Muestreo y análisis de aguas y suelos	225
7.1. Muestreo	225
7.2. Análisis	229
8. Interpretación de los resultados	229
8.1. Calidad de aguas	229
8.2. Suelos	233

RESUMEN

La Cuenca de los ríos Quilca, Sihuas y Vítor (Chili), situada en el Sur del País, de 12,839 km² de superficie es una de las más extensas de la vertiente pacífica peruana. Su importancia se debe a que en la cuenca se ubica la segunda ciudad más importante del Perú, como es Arequipa, así como también por la actividad minera (Cerro Verde), turística y agrícola que se desarrolla en ella.

El estudio efectuado abarca los siguientes ítems:

- Estudio litológico-estructural (unidades litológicas altamente susceptibles).
- Geomorfología, unidades geomorfológicas e índices morfométricos de la cuenca.
- Análisis hidrometeorológicos (Mapa de Isoyetas).
- Hidroquímica y salinización de las aguas
- Geodinámica externa, procesos geodinámicos y zonas críticas.
- Riesgos naturales o geológicos. Evaluación de la amenaza.
- Evaluación geodinámica de los principales centros poblados de la cuenca y del sistema vial.
- Prevención y predicción
- Sugerencias de corrección y comportamiento poblacional (Anexo).

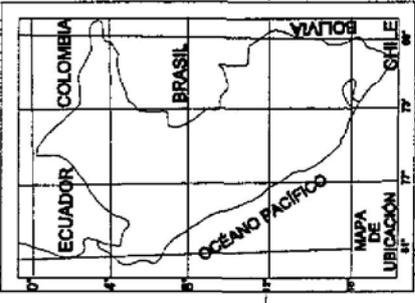
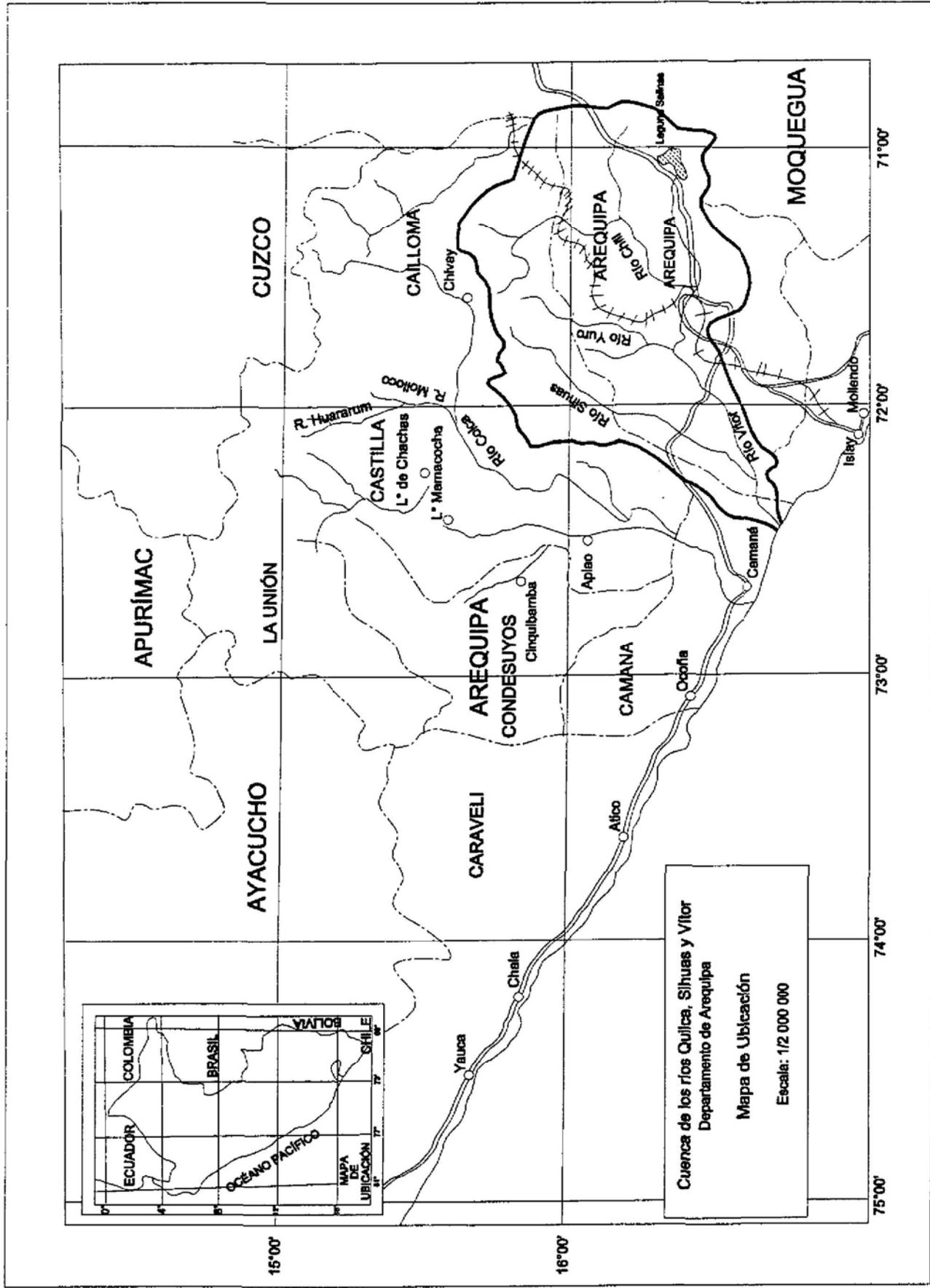
- Las zonas críticas localizadas son 15 y entre las más peligrosas se mencionan a:
 - Deslizamiento en el sector Huanca (falda del C° Lluracmocco).
 - Deslizamiento en el sector ex-Hda. Cossío (Valle de Vítor).
 - Derrumbes, desprendimientos de rocas, flujos de barro en el talud NO y Oeste del Volcán Misti.
 - Derrumbes en el sector río Chili: La Joya-Pozo Blanco-Quishuarani.
 - Movimientos en masa, colapso por filtraciones, en el sector Qda. El Cazador-Represa El Frayle.
 - La actividad volcánica del Sabancaya-Ampato, representa la amenaza geológica (lahars y vulcanismo) más latente en la cuenca (valle del río Sihuas). También la actividad del Misti y el Ubinas representan riesgos potenciales en la cuenca.

Valores anómalos de los cationes sulfato y cloruro; así como los aniones calcio y sodio, se han observado en la zona donde los ríos Vítor y Sihuas cruzan las pampas del mismo nombre; producto del lavado (irrigaciones), de las costras de sales en las pampas, que fluyen a través de las rocas fracturadas, hacia los valles. Valores altos de aluminio se han encontrado en la cuenca alta del río Sihuas.

1.0 INTRODUCCIÓN

Los riesgos geológicos (peligros naturales) no son sinónimos de desastres. Los desastres solamente suceden cuando un peligro surge en condiciones vulnerables. Los peligros que ocurren en áreas deshabitadas o en aquellas donde las actividades económicas y patrones de asentamiento no son vulnerables, no causan desastres. La ciudad de Arequipa se vuelve cada vez más vulnerable al impacto de los riesgos geológicos; cada vez más gente vive y trabaja en áreas propensas a peligros (crecimiento de la ciudad hacia las faldas del volcán Misti, invasión de los cauces de las torrenteras, etc), es decir, la incapacidad de la población para proveerse a sí misma de protección en sus ambientes habitados, que incluye la construcción de viviendas inseguras, tugurización y el hecho de vivir en condiciones sanitarias deplorables o inexistentes. También es importante mencionar que un número creciente de empleos u ocupaciones de subsistencia (como la actividad agrícola) es vulnerable a los efectos de los peligros; la falta de capacidad social o económica para soportar pérdidas, es una faceta de la vulnerabilidad tan importante como el nivel de exposición al propio peligro.

La falta de protección otorgada por la propia sociedad y la falta de conocimiento e información acerca de los riesgos, es un factor que puede tener efectos considerables, particularmente en el caso de peligros con largos períodos de retorno (terremotos, tsunamis, vulcanismo, etc).



Cuenca de los ríos Quilca, Sihuas y Vitor
 Departamento de Arequipa
Mapa de Ubicación
 Escala: 1/2 000 000

15°00' 16°00' 17°00' 18°00' 19°00' 20°00'
 75°00' 76°00' 77°00' 78°00' 79°00' 80°00'

2.0 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA

La cuenca de los ríos Quilca, Sihuas y Vitor (Chili), con una superficie de 12 839.16 km², se ubica en el flanco sur occidental de la Cordillera de los Andes. Ver Gráfico 1.

Forma parte de las provincias de Arequipa, Cailloma y Camaná (Quilca-Pueblo Nuevo) en el departamento de Arequipa. Limita por el Norte y Oeste con la cuenca del río Camaná-Majes (Colca), por el Este y Sur con la cuenca del río Tambo; y por el Oeste con el Océano Pacífico. Comprendida entre las coordenadas: 15° 37' y 16° 45' de Latitud Sur y 70° 55' a 72° 24' de Longitud Oeste, con altitudes que varían desde los 0 m hasta los 6 310 msnm (Nevado Ampato).

2.1 Clima y Vegetación

El clima y la vegetación en la cuenca varía según los pisos altitudinales existentes:

Valle, Quebradas, Lomas, Pampas y Colinas (0-1 800 msnm): De clima semi-cálido desértico, con temperatura promedio de 18°C, vegetación natural de cactus y malezas.

Terrazas, Laderas y Montañas (1 800-2 300 msnm): Clima per-árido y templado, con temperatura promedio de 16°C, con malezas y cactus en su nivel superior.

Laderas, Quebradas y Montañas (2 300-3 100 msnm): Con clima árido y templado, temperatura promedio de 14°C, vegetación natural variada y dispersa,

formando matorrales, gramíneas y buena población de cactus (tunas), tara y molle.

Piedemonte Y Quebradas (3 100-3 900 msnm): De clima semi-árido a sub-húmedo y templado, con temperatura promedio de 8°C, vegetación de arbustos y árboles (alizo, arrayán, molle), gramíneas y malezas.

Montañas y Praderas Naturales (3 900-4 500 msnm): De clima húmedo y frío, con temperaturas promedio de 4 °C, con vegetación de arbustos y árboles, tola, canyi, quinales, etc.

Montañas muy húmedas (4 500-5 000 msnm): De clima per-húmedo a polar, con temperaturas promedio de 1.5°C, vegetación natural pobre arrocetado y cespitoso (yareta).

Montañas y Nevados (5 000-6 000 msnm): Clima polar con temperatura promedio de 0°C.

2.2 Análisis de la precipitación

En la cuenca se han localizado 18 estaciones meteorológicas (ver Cuadro 1 y Gráfico 2), de las cuales tres están paralizadas (Vítor, Yura, C.M. F. Bolognesi) y seis fueron utilizadas en el análisis, completándose con las estaciones de Huambo, Chivay, Pulpera y Crucero Alto, de la cuenca de los ríos Colca, Ubina, y Puquina de la cuenca del río Tambo.

En el Cuadro N° 2 se presenta el resumen de las precipitaciones totales mensuales y anuales por cada estación.

La red meteorológica es aparentemente buena, el problema es la fiabilidad de los datos obtenidos. En los gráficos N° 3, 4, 5, y 6 se muestran los histogramas de las precipitaciones promedio mensuales y anuales en las estaciones utilizadas. El promedio de la precipitación total anual de la cuenca es de 261 mm, calculada según el método de Thiessen, así como el promedio de precipitación total anual de la cuenca húmeda es de 360 mm, siendo la estación de Imata la que presenta mayor precipitación total promedio anual (549.69 mm) y la de Pampa de Majes con la menor (8.78 mm).

CUADRO N° 1

**PRINCIPALES ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN LA CUENCA DE LOS RÍOS
QUILCA, SIHUAS Y VÍTOR**

ESTACIONES	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ALTURA A (m)	PERIODO DE REGISTRO	RECORD DE AÑOS
PAMPA DE MAJES (1)	16°21'00"	72°10'00"	1438	1949-89	41
CHARACATO (1)	16°28'00"	71°29'00"	2451	1961-93	33
HUANCA (1)	16°01'32"	71°32'38"	3080	1965-86	22
SUMBAY (1)	15°58'50"	71°21'45"	4150	1965-90	26
LAS SALINAS (1)	16°18'15"	71°08'00"	4320	1965-92	28
IMATA (1)	15°50'14"	71°05'18"	4405	1936-90	55
STA. ISABEL DE SIHUAS (2)	16°19'00"	72°06'00"	1360	1965-71	
SOCABAYA (2)	16°27'45"	71°31'30"	2300	1965-71	
LA PAMPILLA (2)	16°23'50"	71°31'20"	2350	1931-71	
CHIHUATA (2)	16°23'45"	71°25'40"	2850	1965-71	
LLUTA (2)	16°00'45"	72°00'46"	3000	1965-71	
PAMPA DE ARRIEROS (2)	16°06'46"	71°35'10"	3741	1965-71	
REPRESA EL FRAILE (2)	16°09'00"	71°11'00"	4015	1963-71	
PILLONES (2)	15°58'44"	71°12'46"	4200	1965-71	
AREQUIPA (2)	16°21'00"	71°33'00"	2525	1949-71	
C.M.F. BOLOGNESI (3)	16°24'00"	71°32'00"	2325	1953-59	
YURA (3)	16°15'00"	71°40'36"	2590	1934-36	
VÍTOR (3)	16°25'00"	71°49'00"	1625	1934-69	

- (1) ESTACIONES EN FUNCIONAMIENTO UTILIZADAS
 (2) ESTACIONES EN FUNCIONAMIENTO NO UTILIZADAS
 (3) ESTACIONES PARALIZADAS

* FUENTE: SENAMHI, ONERN

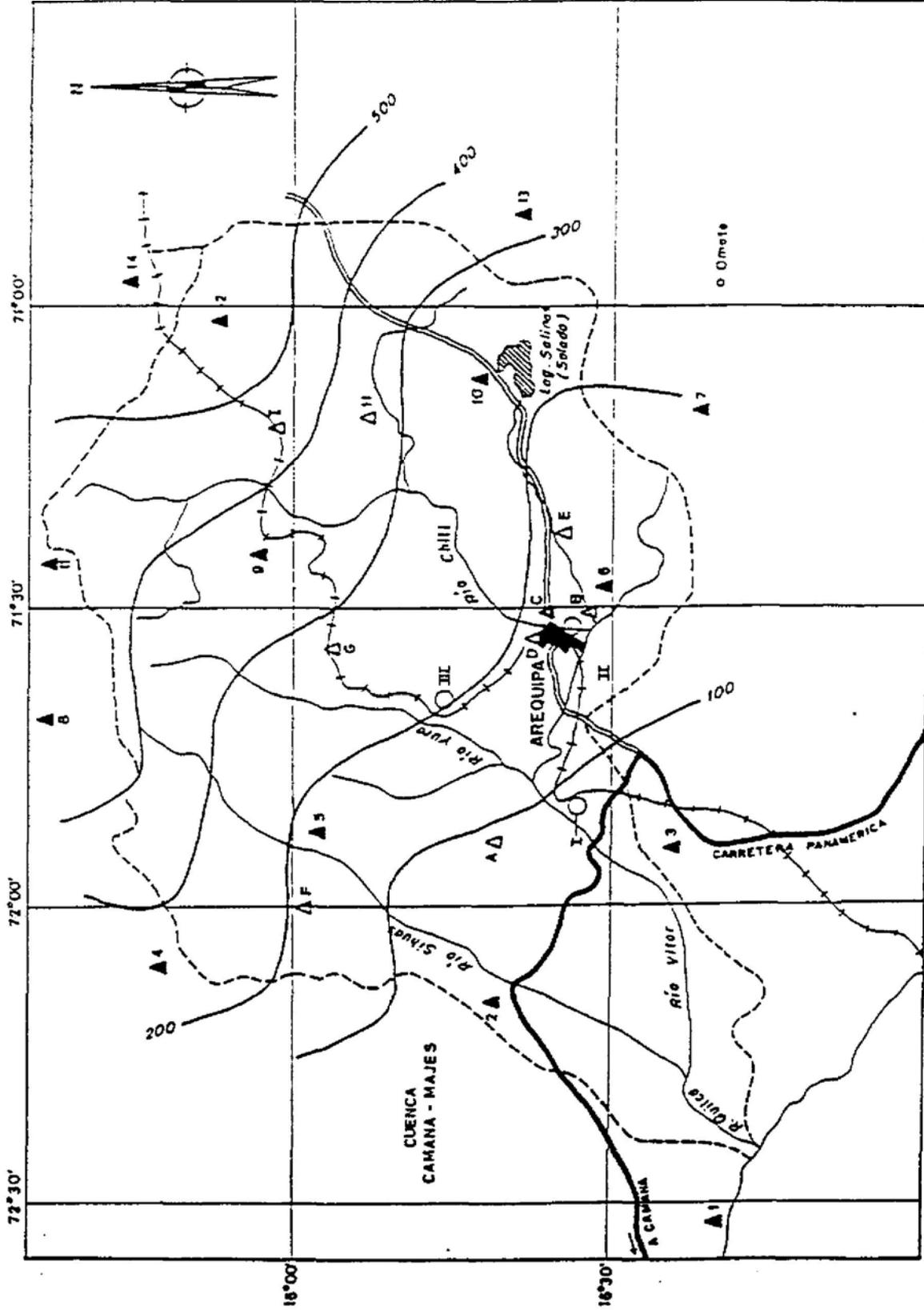


Grafico N° 2. Mapa Isoyetas de precipitación total anual
Cuenca de los ríos Quilca, Sihuas y Ylitor

Estaciones Pluviométricas existentes

- A. Santa Isabel de Sihuas
- B. Socabaya
- C. La Pampilla
- D. Arequipa (Córpac)
- E. Chihuata
- F. Lluta
- G. Pampa de Arrieros
- H. Represa El Fraile
- I. Piltones

Estaciones Pluviométricas abandonadas

- I. Ylitor
- II. C.M. Fco. Bolognesi
- III. Piltones

Estaciones Pluviométricas utilizadas

- 1. Camaná
- 2. Pampa de Majes
- 3. La Joya
- 4. Huambo
- 5. Huanca
- 6. Characato
- 7. Puquina
- 8. Chivay
- 9. Sumbay
- 10. Las Salinas
- 11. Pulpeta
- 12. Imata
- 13. Ubinas
- 14. Crucero Alto

- Δ Estación Pluv. existente
- Estación Pluv. abandonada
- ▲ Estación Pluv. utilizada

--- Isoyeta

— Drenaje principal

- - - Límite de cuenca

En el Gráfico N° 2, se presentan las Isoyetas de la precipitaciones totales anuales.

En la cuenca se puede delimitar dos sectores característicos, la "cuenca seca", con un área de 7 749.00 km² desde los 0 m hasta los 3 400 m, con precipitaciones por debajo de los 200 mm y con un área de 5 090.16 km², la "cuenca húmeda", con un área de 7 749.00 km², sobre la cota 3 400 m, con precipitaciones entre 200 y 550 mm.

Las lluvias, en el área de la cuenca, se rigen por el patrón de verano, es decir con precipitaciones entre noviembre y marzo, salvo en la cuenca baja (cerca al litoral).

Cuenca Alta: Las estaciones de Imata, Sumbay, Las Salinas, en la cuenca, y las estaciones de Pulpera y Crucero Alto en la cuenca del río Colca, nos permiten apreciar que el promedio de precipitación total anual, en este sector, es de 455 mm.

Cuenca Media: Tomando como referencia las estaciones de Huanca, Arequipa y Characato, el promedio de precipitación total anual en este sector es de 168 mm.

Cuenca Baja: Teniendo como referencia las estaciones de La Joya y Pampa de Majes, el promedio de precipitación total anual es de 7 mm.

2.3 Características Demográficas

La cuenca de los ríos Quilca, Vitor y Sihuas (Chili), comprende íntegramente a la provincia de Arequipa, así como parte de las provincias de Cailloma y Camaná. En ella se ubica, Arequipa, la segunda ciudad más importante del Perú, con más de 700 000 habitantes (INEI 1993), con una tasa de crecimiento de 2,0% a nivel departamental y 5,0% a nivel de la ciudad, esta dinámica ha dado como resultado que en estos últimos años, la población de Arequipa creciera en casi 10 veces, viviendo el 65% en los pueblos jóvenes.

La población de la cuenca se halla asentada principalmente en los valles de Chili (Arequipa), Vitor, Sihuas y Quilca, en los sectores de las irrigaciones de La Joya y Santa Rita de Sihuas y en menor proporción en la cuenca alta.

La población urbana, se halla concentrada en un 90% aproximadamente en la ciudad de Arequipa y el resto en los poblados de Socabaya, Tiabaya, La Joya, Sabandía, Uchumayo, San Juan, Santa Rita y Santa Isabel de Sihuas, Characato, Polobaya, Quilca, etc.

En el Cuadro N° 3 se presenta la distribución de la tasa de crecimiento y migración de la población en el departamento de Arequipa y en el Gráfico N° 7, se presentan los histogramas de población y crecimiento poblacional en el Dpto. de Arequipa.

2.4 Características Sociales

En el Cuadro N° 4 se resumen algunas de las características sociales más importantes en el departamento de Arequipa, tomadas según el Censo de 1993 del INEI.

2.5 Características Económicas

Se define como población económicamente activa (PEA) a todas las personas mayores de 10 años, ocupadas, desocupadas, trabajadores familiares no remunerados y personas que nunca han trabajado y buscan trabajo por primera vez. En el Cuadro N° 5, se presenta la PEA, niveles de educación y ocupación en el departamento de Arequipa.

2.6 Características de Vivienda

La información consignada en el Cuadro N° 6, corresponde al Censo Nacional de 1993 (INIE) y se refiere al tipo de vivienda, material predominante (techo, pisos) y ocupantes en el departamento de Arequipa.

CUADRO N° 2
RESUMEN DE LAS PRECIPITACIONES TOTALES MENSUALES Y ANUALES POR ESTACIONES
CUENCA DE LOS RÍOS QUILCA, SIHUAS Y VITOR

ESTACION	VALOR	MESES												TOTAL ANUAL		
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC			
Pampa de Majes (1949/1989)	No.Datos	39,00	38,00	38,00	35,00	36,00	35,00	35,00	37,00	36,00	38,00	38,00	39,00	38,00	39,00	39,00
	Promedio	2,21	2,99	1,01	0,24	0,26	0,19	0,27	0,29	0,13	0,04	0,20	0,72	0,81	0,72	0,81
	V.Máximo	31,20	45,10	20,10	2,70	3,70	3,00	9,00	3,00	2,22	0,70	5,80	7,80	60,14	0,00	0,00
	V.Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	D.Stand.	5,14	7,87	3,22	0,59	0,84	0,54	1,46	0,68	0,44	0,13	0,92	1,65	12,01	0,00	12,01
La Joya (1972/1990)	No.Datos	18,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
	Promedio	1,07	1,63	0,56	1,36	0,00	0,00	0,00	0,09	0,03	0,00	0,02	0,15	4,92	0,00	4,92
	V.Máximo	8,00	21,40	4,90	23,20	0,00	0,00	0,00	1,60	0,60	0,00	0,30	2,30	32,80	0,00	32,80
	V.Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	D.Stand.	2,18	4,74	1,30	5,16	0,00	0,00	0,00	0,36	0,13	0,00	0,07	0,51	8,26	0,00	8,26
Characato (1981/1993)	No.Datos	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
	Promedio	51,48	59,17	36,08	2,63	0,43	0,18	0,00	1,70	1,48	0,60	2,98	10,67	168,49	0,00	168,49
	V.Máximo	239,90	189,60	148,90	21,30	7,10	1,90	0,00	33,70	9,90	9,70	34,00	68,50	539,20	0,00	539,20
	V.Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	D.Stand.	62,71	55,28	35,91	4,75	1,37	0,49	0,00	6,28	2,70	1,86	6,56	14,58	130,05	0,00	130,05
Huanca (1985/1986)	No.Datos	19,00	19,00	19,00	17,00	18,00	19,00	18,00	16,00	17,00	17,00	17,00	17,00	19,00	19,00	19,00
	Promedio	38,99	55,72	46,09	2,02	1,00	0,00	0,01	3,82	1,65	2,78	3,34	10,29	171,50	0,00	171,50
	V.Máximo	133,30	426,30	607,80	11,10	17,50	0,00	0,20	35,80	17,30	18,10	27,20	83,50	1039,40	0,00	1039,40
	V.Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	D.Stand.	37,47	93,90	110,33	3,51	3,90	0,00	0,04	8,82	4,14	5,28	6,33	18,73	223,76	0,00	223,76
Sumbay (1965/1990)	No.Datos	20,00	22,00	24,00	24,00	24,00	24,00	23,00	22,00	21,00	21,00	21,00	23,00	25,00	25,00	25,00
	Promedio	102,08	97,82	113,39	28,26	2,15	3,43	2,23	9,21	6,19	14,02	20,04	42,39	406,63	0,00	406,63
	V.Máximo	252,40	243,80	359,40	109,70	11,20	19,90	12,40	72,40	33,50	69,00	115,30	111,90	808,56	0,00	808,56
	V.Mínimo	20,00	0,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00	25,00
	D.Stand.	51,86	75,78	96,67	35,52	5,27	6,95	5,12	19,11	10,30	20,10	32,38	29,28	211,01	0,00	211,01
Las Salinas (1985/1992)	No.Datos	28,00	28,00	28,00	27,00	27,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
	Promedio	76,75	64,27	60,29	16,33	2,36	3,23	0,59	4,31	5,06	10,45	21,20	38,53	291,80	0,00	291,80
	V.Máximo	181,90	191,50	179,00	120,00	31,00	36,70	5,50	55,70	28,80	64,80	89,40	110,30	685,60	0,00	685,60
	V.Mínimo	4,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	79,70	0,00	79,70
	D.Stand.	52,88	46,57	47,81	26,07	6,43	7,85	1,42	10,87	8,07	17,85	25,74	30,52	136,01	0,00	136,01
Imata (1938/1990)	No.Datos	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
	Promedio	139,47	124,60	98,75	33,76	9,42	3,57	2,06	4,55	12,92	17,80	27,99	75,63	550,52	0,00	550,52
	V.Máximo	388,90	290,20	197,50	97,40	42,10	40,10	17,60	56,60	73,70	93,60	107,50	226,90	890,89	0,00	890,89
	V.Mínimo	26,80	5,70	15,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	147,50	0,00	147,50
	D.Stand.	75,34	66,92	43,65	24,71	11,92	7,32	3,25	8,82	15,62	20,96	29,17	43,19	168,90	0,00	168,90
Ubhas (1972/1990)	No.Datos	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
	Promedio	92,97	78,61	53,53	15,94	0,83	3,03	1,05	5,48	5,24	5,50	10,00	29,09	301,27	0,00	301,27
	V.Máximo	177,50	175,30	105,60	45,10	6,40	33,40	13,30	41,70	44,20	25,70	60,90	88,30	512,00	0,00	512,00
	V.Mínimo	1,90	5,40	3,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	64,20	0,00	64,20
	D.Stand.	52,81	55,33	34,32	14,78	1,56	7,92	2,95	10,16	10,28	7,85	18,41	25,28	113,77	0,00	113,77

Nota: Los valores han sido calculados a partir de datos adquiridos en SENAMHI.
 Algunos datos faltantes fueron completados, con los valores promedio obtenidos.

**CUADRO N° 3
CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS**

AREQUIPA: POBLACIÓN CENSADA (1993)

PROVINCIA	POBLACIÓN (Hab.)	SUPERFICIE (km ²)	DENSIDAD (Hab/km ²)
AREQUIPA	676790	10430	64.9
CARAVELÍ	27484	13139	2.1
CAMANA	42403	4558.5	9.3
CASTILLA	36864	7634.9	4.8
CAYLLOMA	45236	11990	3.8
CONDESUYOS	20695	6958.4	3.0
ISLAY	50039	3886	12.9
LA UNIÓN	17295	4746.4	3.6
TOTAL	916806	63344	14.5

AREQUIPA: CRECIMIENTO POBLACIONAL

AÑO	POBLACIÓN					TASA
	URBANA	%	RURAL	%	TOTAL	
1940	155144	59.0	107933	41.0	263077	---
1961	250746	64.5	138135	35.5	388881	2.0
1972	420801	79.5	108765	20.5	529566	3.0
1981	583927	82.6	122653	17.4	706580	3.1
1993	785858	85.7	130948	14.3	916806	2.0

MIGRACIÓN DE POBLACIÓN

DE TODA LA VIDA

AÑO	INMIG.	%	EMIG.	%
1981	188576	5.2	166853	4.6
1993	246464	5.1	186368	3.8

HACE 5 AÑOS

AÑO	INMIG.	%	EMIG.	%
1976-1981	60400	5.9	47970	4.7
1988-1993	88027	5.4	66847	4.1

PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL

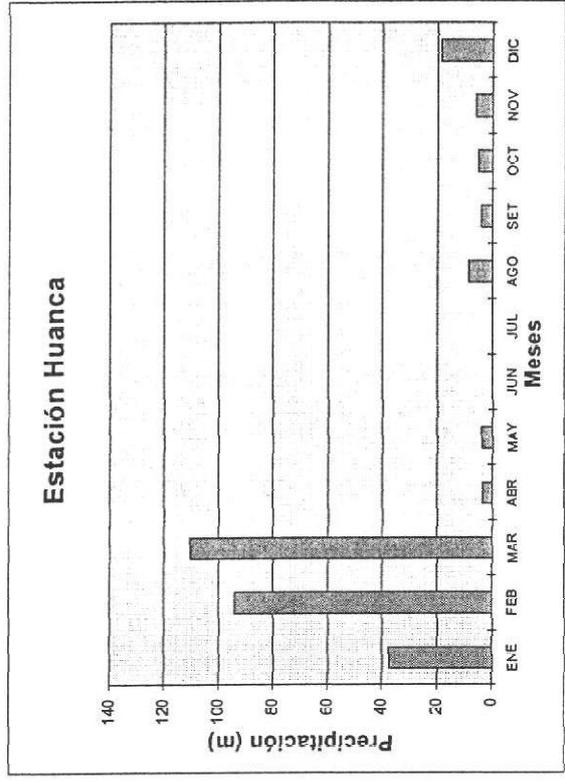
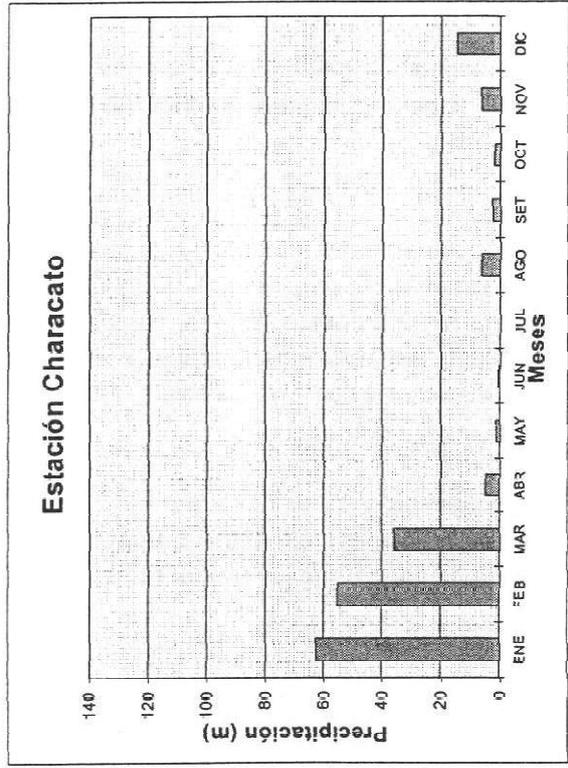
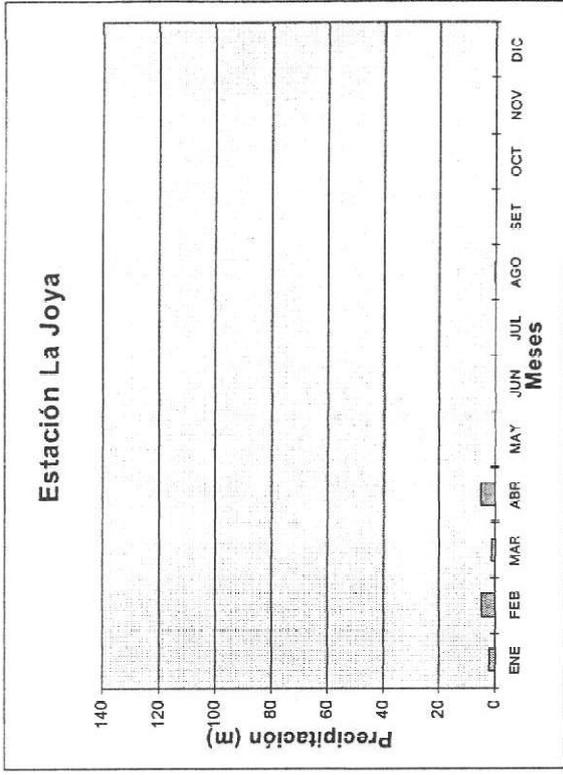
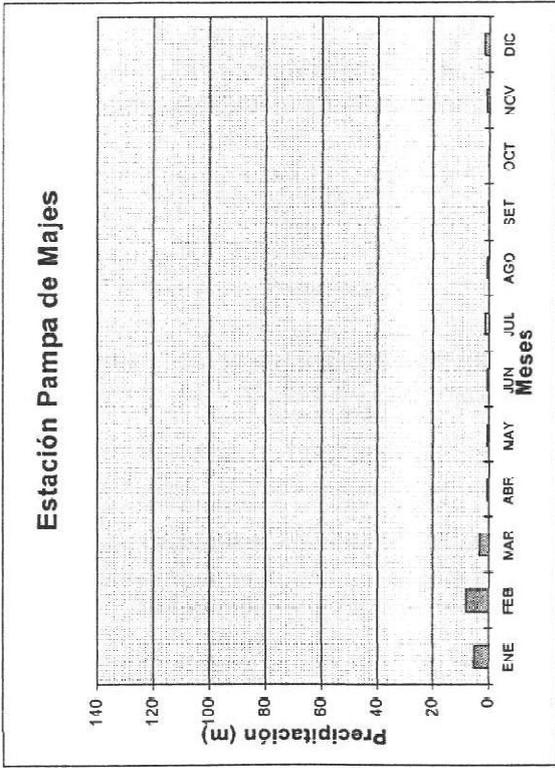
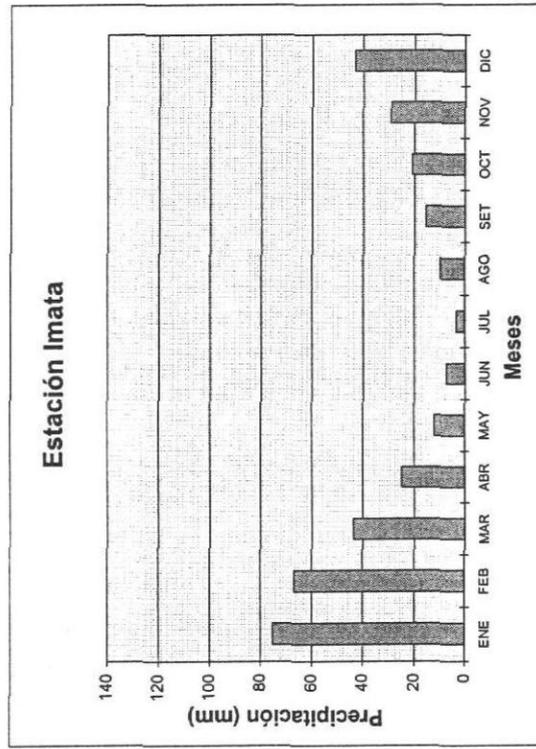
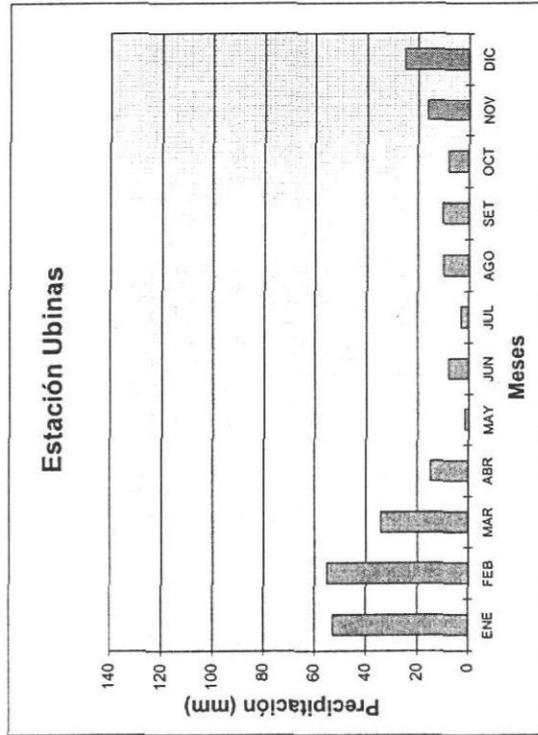
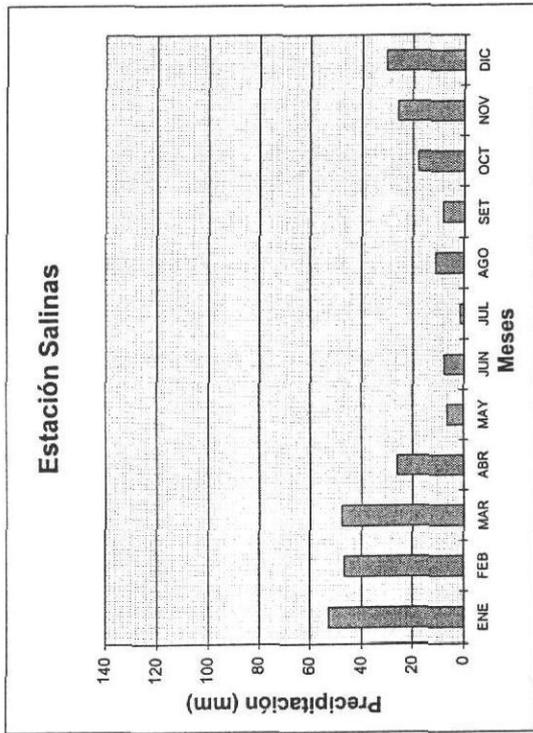
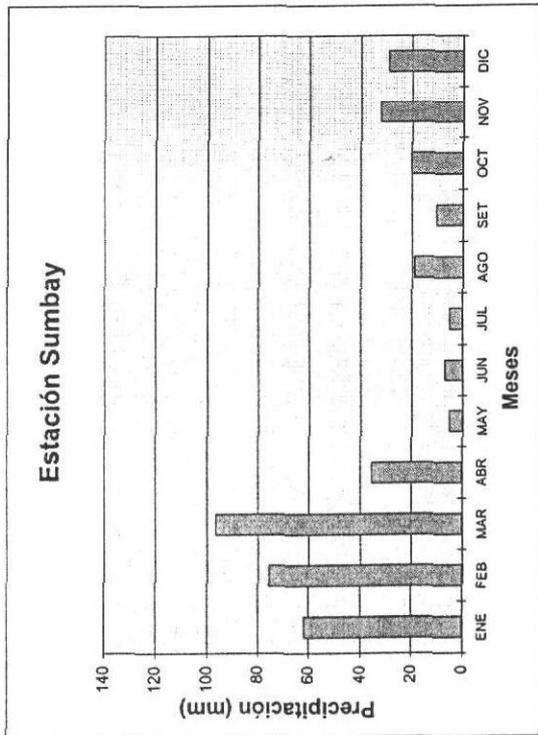


Gráfico N° 3

PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL



PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL

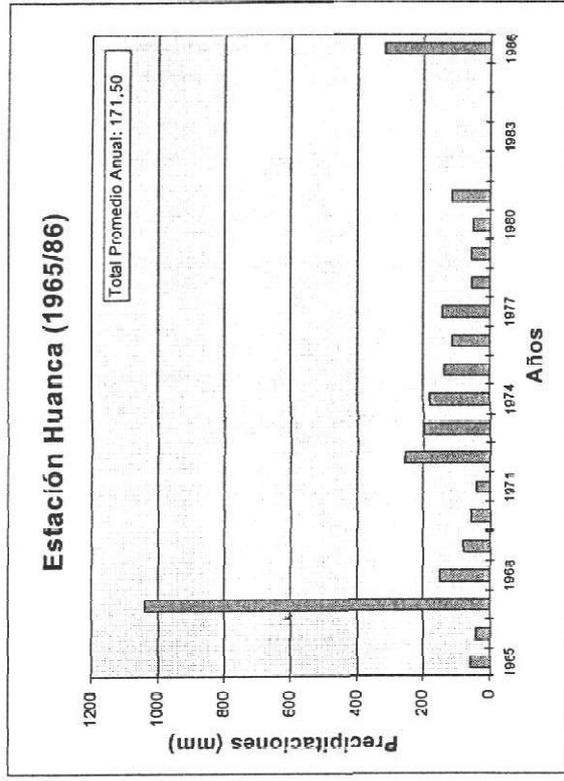
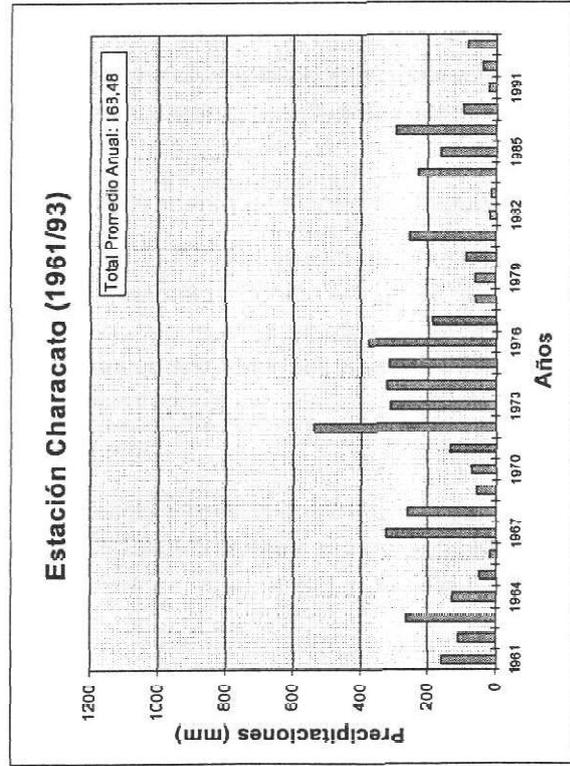
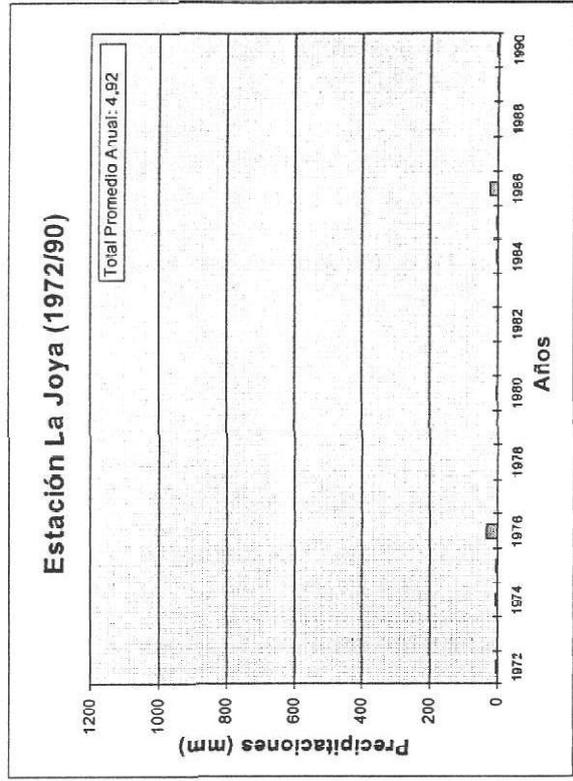
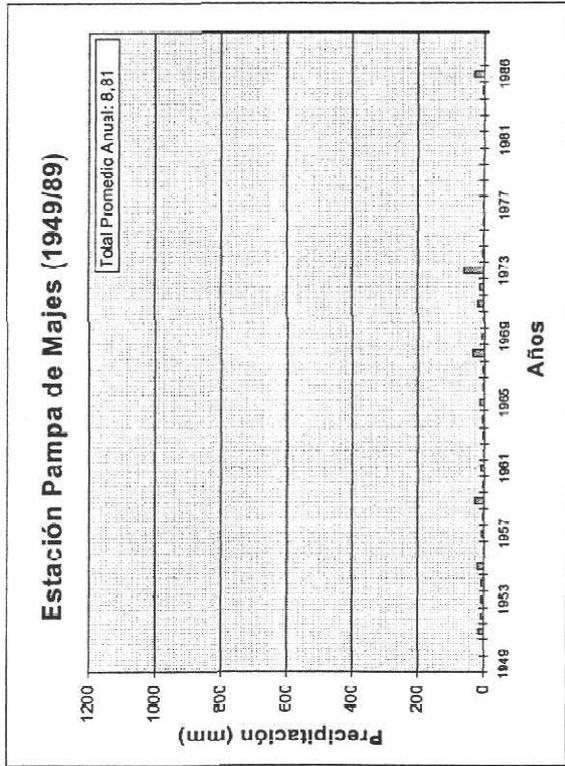


Gráfico N° 5

PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL

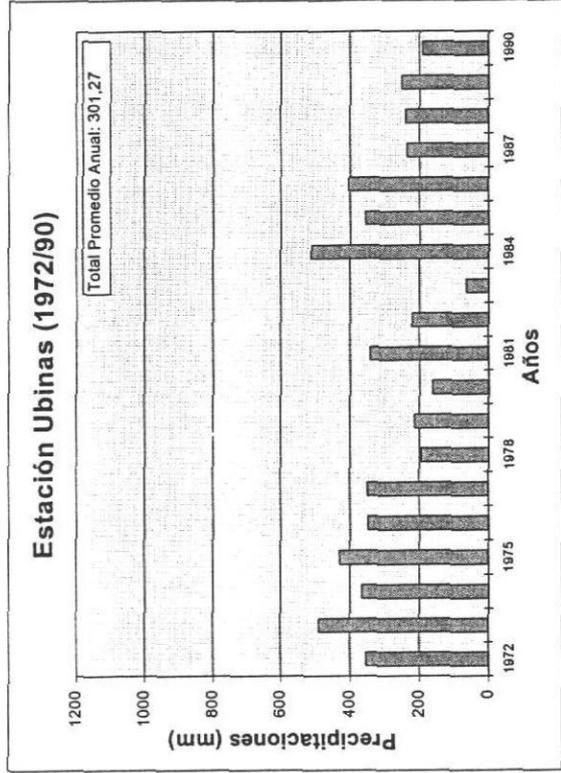
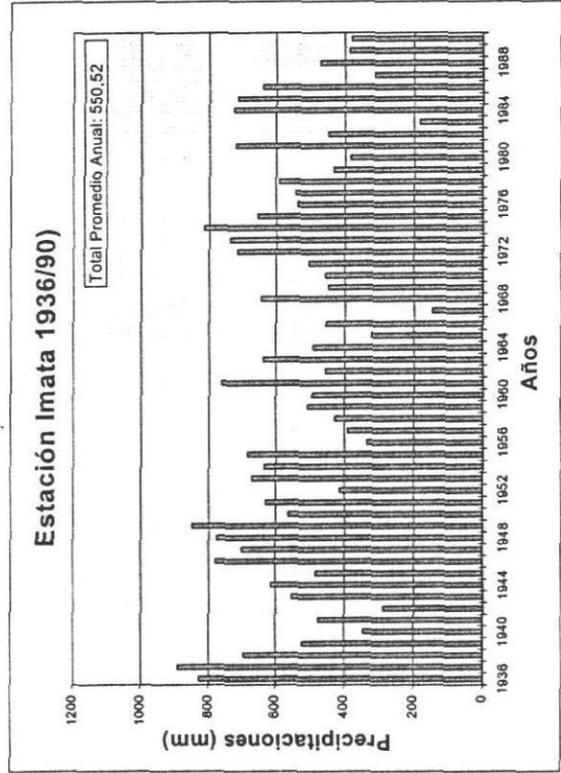
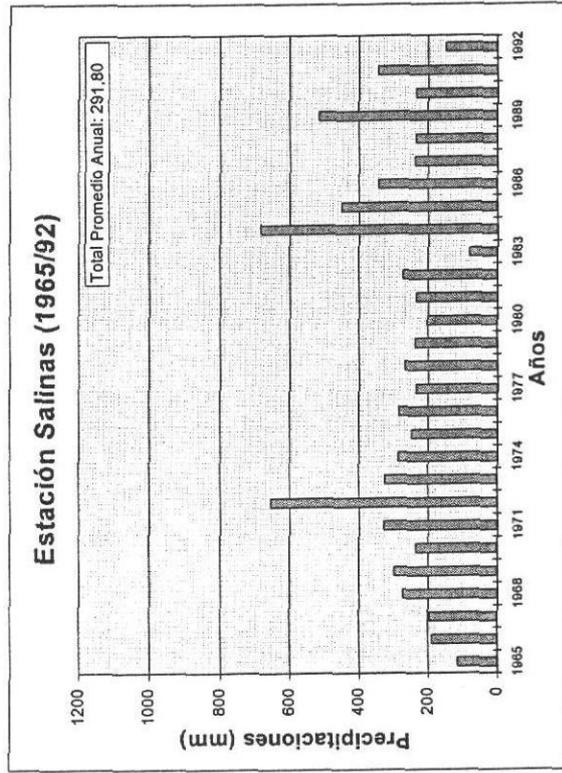
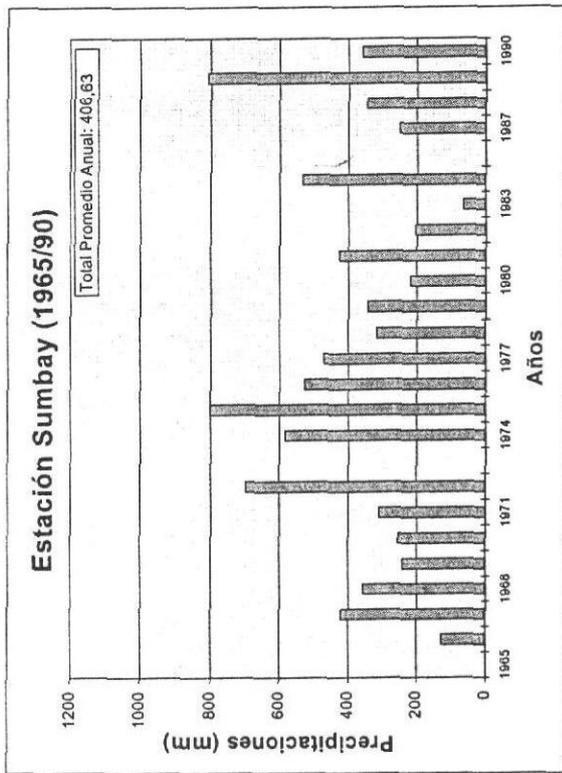
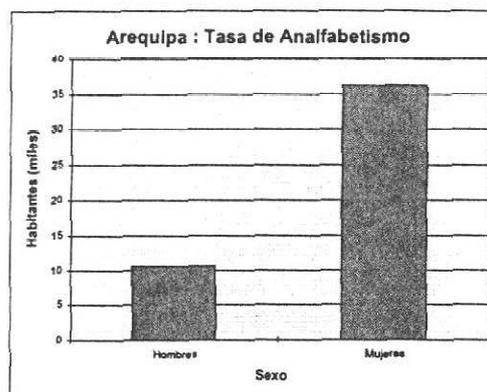


Gráfico N° 6

CUADRO N° 4 CARACTERÍSTICAS SOCIALES

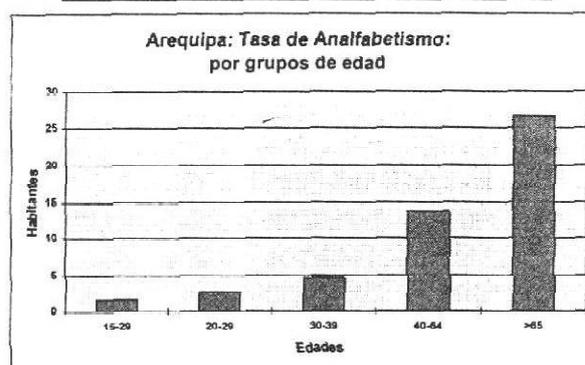
TASA DE ANALFABETISMO

POR SEXO		
SEXO	CANTIDAD	TASA
Hombres	10662	3.5
Mujeres	36217	11.6
TOTAL	46879	7.6



POR GRUPOS DE EDAD

EDAD	TASA
15-29	1.6
20-29	2.6
30-39	4.6
40-64	13.8
>65	26.5
TOTAL	7.6



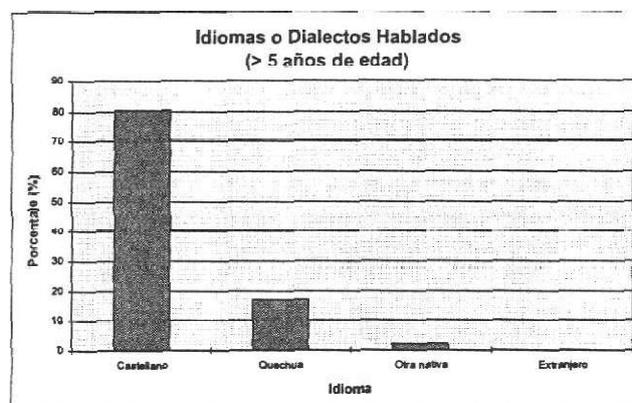
POBLACIÓN > 15 AÑOS GRADO DE INSTRUCCIÓN

NIVEL	%
Sin nivel	7.2
Inicial	0.4
Primaria	25.1
Secundaria	38.8
Superior	28.5
TOTAL	100.0

SEXO	AÑOS PROMEDIO DE ESTUDIOS	
	URBANA	RURAL
Hombres	10.0	6.6
Mujeres	9.0	4.9
TOTAL	9.5	5.9

IDIOMA O DIALECTO MATERNO APRENDIDO (DE 5 A MAS AÑOS DE EDAD)

IDIOMA	%
Castellano	80.6
Quechua	17.2
Otra nativa	2.1
Extranjero	0.1
	816150



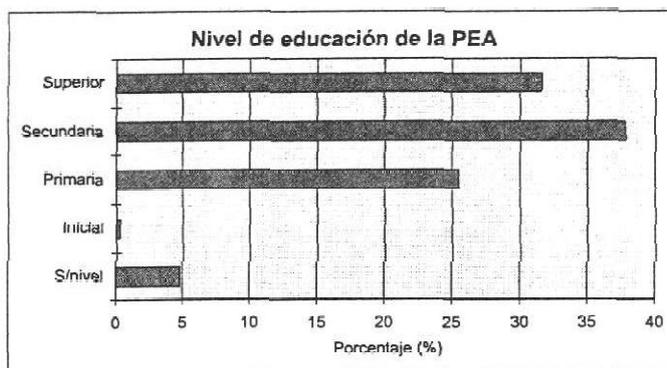
**CUADRO No. 5
CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS**

	CONDICIÓN DE ACTIVIDAD		TASA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA
	PEA	PEA	
Hombres	207149	94377	68.7
Mujeres	100653	211270	32.3
TOTAL	307802	305647	50.2
Urbana	265106	267694	49.8
Rural	42696	37953	52.9

Población < 15 años

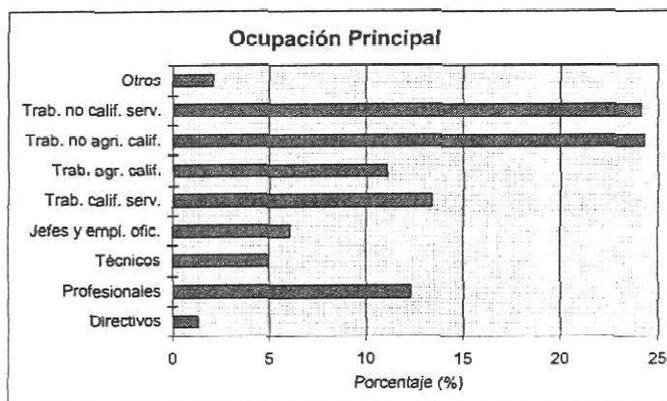
POBLACIÓN	NIÑOS QUE TRABAJAN	TASA
184677	5587	3.0

NIVEL	%
S/nivel	4.8
Inicial	0.3
Primaria	25.5
Secundaria	37.8
Superior	31.6
TOTAL	100.0



OCUPACIÓN PRINCIPAL

OCUPACIÓN	%
Directivos	1.3
Profesionales	12.3
Técnicos	5.0
Jefes y empl. ofic.	6.1
Trab. calif. serv.	13.47
Trab. agr. calif.	11.1
Trab. no agri. calif.	24.3
Trab. no calif. serv.	24.1
Otros	2.1
TOTAL	258728



**CUADRO No. 6
CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA Y EL HOGAR**

OCUPANTES PRESENTES

TIPO DE VIVIENDA	OCUPANTES
Casa independiente	166143
Departamento en edificio	3189
Vivienda en quinta	1136
En casa de vecindad	4236
Vivienda improvisada	2762
Choza o cabaña	4613
No const. para vivienda	1015
Otro tipo de vivienda	421
TOTAL	183515

**VIVIENDAS OCUPADAS Y
DESOCUPADAS**

	%
Total	20451
Ocupadas	94,5
Desocupadas	5,5

**MATERIAL PREDOMINANTE EN
LAS PAREDES EXTERIORES**

MATERIAL	%
Ladrillo bloq. de cemento	56,1
Piedra o sillar	15,7
Adobe o tapia	11,1
Quincha	5,0
Piedra c/barro	7,1
Madera	1,5
Estera	1,5
Otro material	2,0
TOTAL	183515

**MATERIAL PREDOMINANTE
EN LOS TECHOS**

MATERIAL	%
Concreto armado	50,3
Madera	0,8
Tejas	0,9
Calamina o fibra/cemento	29,0
Caña o estera	10,2
Paja, hoja de palma	5,7
Otro material	3,1
TOTAL	183515

MATERIAL PREDOMINANTE EN LOS PISOS

MATERIAL	%
Parquet o madera pulida	7,3
Lam. asfáltica/vinilica	5,3
Loseta, terr., etc	2,5
Madera	2,1
Cemento	50,8
Tierra	31,3
Otro	0,7
TOTAL	183515

OCUPANTES EN VIVIENDAS CON MATERIAL LIGERO

TOTAL VIVIENDAS	VIVIENDAS CON MATERIAL LIGERO	%	OCUPANTES PRESENTES			OCUPANTES POR VIVIENDA
			TOTAL	EN VIV.MAT.LIGERO	%	
183515	31408	17,1	904884	126735	14,0	4,0

OCUPANTES EN VIVIENDAS CON PISO DE TIERRA

TOTAL VIVIENDAS	VIVIENDAS CON PISO TIERRA	%	OCUPANTES PRESENTES			OCUPANTES POR VIVIENDA
			TOTAL	EN VIV.PISO TIERRA	%	
183515	57506	31,3	904884	245354	27,1	4,3

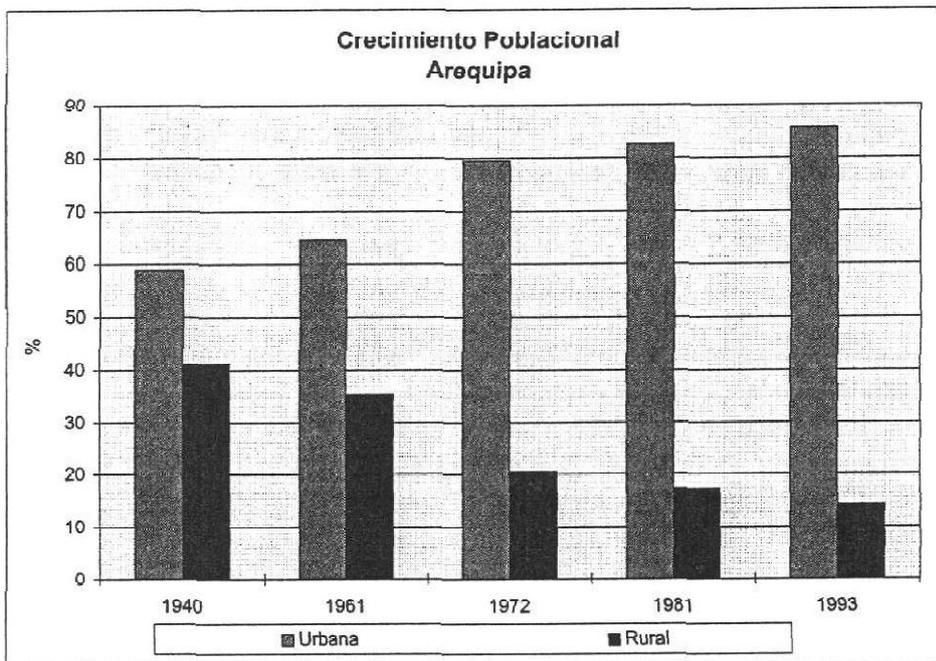
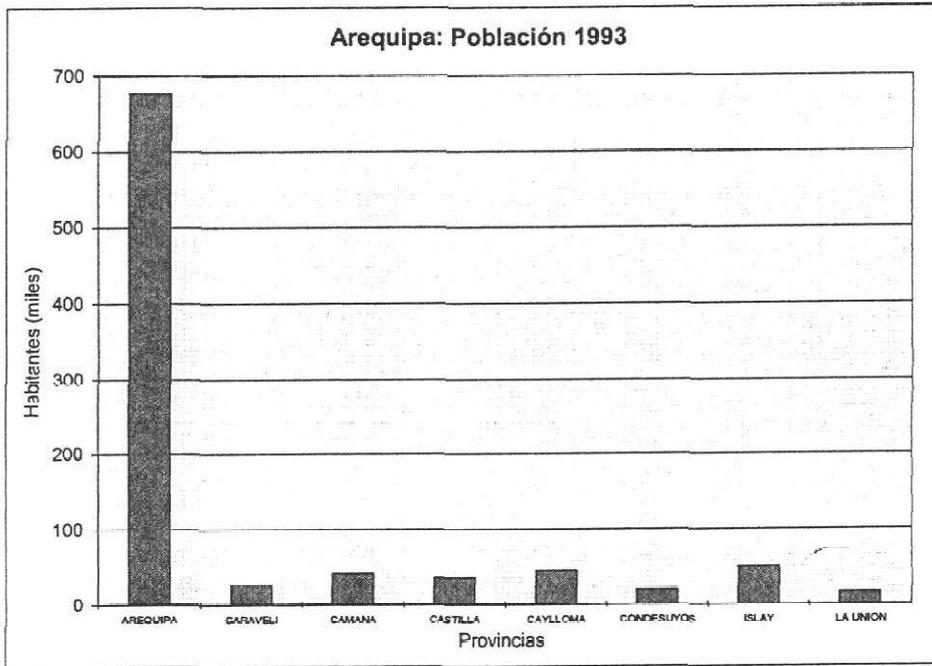


Gráfico N° 7

3.0 ASPECTO GEOLÓGICO LITOLÓGICO Y ESTRUCTURAL

3.1 Geología de la Cuenca

En el área de la cuenca de los ríos Sihuas, Vitor y Quilca se exponen una variedad de unidades litológicas de naturaleza tanto sedimentaria, ígnea, metamórfica y depósitos superficiales, con edades que varían desde el Precámbrico hasta el Cuaternario reciente, como se aprecia en la columna geológica: Cuadro N° 7. En este capítulo se trata de resumir los aspectos geológicos más importantes de la cuenca.

La nomenclatura que aparece entre paréntesis es la usada en los planos geológicos a escala 1:100 000 preparados por el INGEMMET.

Complejo Basal de la Costa (P_c): Conjunto de rocas metamórficas que corresponden a distintas variedades de filitas, esquistos, gneis, las cuales han sido intruídas por pequeños stocks de granitos potásicos antiguos.

Estas rocas afloran principalmente en la parte noreste de Arequipa formando una franja ancha. Hacia el Sur se exponen como una prolongación del afloramiento de Cerro Verde y se encuentran diseminados en el lecho del río Chili en Charcani.

Los gneis presentan colores variables desde rosado a gris verdoso compuestos esencialmente por cuarzo y feldespatos con bandeamiento de dirección NNO. Intruyendo a estas rocas metamórficas se hallan los granitos potásicos antiguos los cuales afloran en varios lugares, como en las vecindades del río Sihuas, presentando un color gris a rosado, de grano grueso y foliación bien marcada.

**CUADRO N° 7
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA CUENCA DE LOS RÍOS SIHUAS-VÍTOR**

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
C E N O Z O I C A	C U A T E R N A R I O	RECIENTE	Depósitos Aluviales Depósitos Marinos Depósitos Fluviales Depósitos Coluviales Depósitos Eólicos Cenizas Volcánicas Depósitos Piroclásticos Depósitos Chihuata Volcánico Ubinas	
		PLEISTOCENA	-Terrazas marinas. -Depósitos Morrénicos y Fluvioglaciares. -Flujos de Barro "Lahar" -Grupo Ampato -Grupo Barroso -Conglomerado Aluvial	
	T E R C I A R I O	SUPERIOR	Fm. Camaná Fm. Capillune Volcánico Sencca Fm. Millo Fm. Maure Grupo Sillapaca	
		MEDIO	Gpo. Tacaza	Pórfidos e intrusivos. Riodacita (Tm-rd).
		INFERIOR	Fm. Sotillo Fm. Huanca Fm. Moquegua Gpo. Puno	Superunidad Tiabaya (KT1): Monzogranito, granodiorita, tonalita, diorita
	M E S O Z O I C A	C R E T Á C E O	SUPERIOR	Fm. Seraj. Fm. Toquepala Fm. Chilcane
INFERIOR			Fm. Arcurquina Fm. Murco	
J U R Á S I C O		SUPERIOR	Fm. Yura	
		MEDIO	Fm. Socosani	
		INFERIOR	Volcánico Chocale	
PALEOZOICA			Batolito de San Nicolás	Granodiorita, monzogranito (Batolito de San Nicolás)
PRECÁMBRICA			Gneis de Charcani	Granodiorita, monzogranito (Batolito de San Nicolás)
			Complejo Basal de la Costa	Esquistos, granitos, diorita gnéisica.

Gneis de Charcani (P-char): Es una roca metamórfica que aflora primordialmente en la región del río Chili en la localidad de Charcani, en las inmediaciones de la hidroeléctrica de Charcani, próxima a la localidad de Mollebaya. Este gneis presenta un color marrón grisáceo a gris verdoso con una foliación bien marcada tanto hacia el Noreste como hacia el Sureste.

Volcánico Chocolate (Ji-cho): Afloran al Noroeste de Arequipa, constituidos por derrames y brechas volcánicas de color oscuro a gris melanócrata con algunas intercalaciones sedimentarias.

Estas rocas afloran en el cerro Huarco hasta la quebrada Bisnuyoc con una longitud de 10 km y ancho variable. Entre la Carretera Panamericana y la variante de Uchumaño, estas rocas están integradas principalmente por metavolcánicos.

Formación Socosani (Jm-so): Los afloramientos consisten de calizas margosas de grano grueso, recristalizadas, intercaladas con calizas bituminosas nodulares y lutitas, afloran en la Variante de Uchumayo.

Los afloramientos de la Formación Socosani han quedado como un remanentes, afectados por un leve metamorfismo y se presentan fracturados y fallados que originan desprendimiento de rocas.

La Formación Socosani se expone al Oeste de Murco en el cerro Huarco, al Sur entre el río Sihuas y la Qda. Jachcapunta. También esta formación aflora a lo largo de una faja en la desembocadura del río Pichirigma o Huasamayo con presencia de lutitas y calizas lutáceas grises a negras.

Grupo Yura (Jski-yu): Este grupo ha sido dividido en 5 miembros compuestos por cuarcitas blancas de grano fino a medio, en capas gruesas (Miembro Hualhuani), estratos gruesos de calizas marrón leucocratas y gris melanócratas (Miembro Gramadal), areniscas, areniscas cuarcíticas gris a parduzcas, lutitas y limolitas verde amarillentas a marrón violáceas (Miembro Labra), lutitas gris melanócratas (Miembro Cachíos) y areniscas cuarcíticas gris parduzcas interestratificadas con lutitas negras en cantidades menores (Miembro Puente).

Formación Murco (Ki-mu): Está constituido por areniscas blancas, grises y rojizas de grano fino y limolitas verdes con capas de yeso, arcillas y areniscas abigarradas con intercalaciones de conglomerados grises. Afloran en Pachay, Santa Rosa y en el Valle de Sihuas.

Formación Arcurquina (Kms-ar): Calizas margosas en capas delgadas intercaladas con areniscas calcáreas y escasos nódulos de chert, también calizas muy brechoides en capas de uno dos metros de grosor. Esta caliza se halla plegada y meteorizada.

Formación Chilcane (ks-chi): Limolitas y lodolitas con depósitos de yeso circunscritos al núcleo de un sinclinal de la Formación Arcurquina con ligera estratificación paralela, se presenta de manera fibrosa, sacaroide y raras veces cristalizada.

Formación Toquepala (kTi-vto): Consiste de derrames volcánicos andesíticos y riolíticos de variados colores, que debido a su alteración pasan de gris a rosado amarillento, siendo ésta una de las características más resaltantes que tiene esta unidad. Aflora al Noroeste de la hoja de Puquina.

Formación Seraj (Ks): Consiste en areniscas rojas de grano grueso con cambios laterales a microconglomerados, también areniscas finas alternadas con areniscas calcáreas y calizas brechosas, limolitas compactas en capas delgadas alternadas con areniscas duras, presencia de sal y yeso. Se localiza al SE del cuadrángulo de Huambo representados a lo largo de tres franjas longitudinales de rumbo NO-SE.

Formación Moquegua (Ts-mo): En el área de estudio esta unidad está ampliamente distribuida. Litológicamente consiste de areniscas arcósicas, arcillas rojas y conglomerados.

Se ha observado en la quebrada Caracharma (tributaria del río Sihuas) arcillas rojizas muy fracturadas, con láminas de yeso y areniscas con intercalaciones de microconglomerados.

Grupo Puno (Ks-Ti-pu): Este grupo está compuesta por conglomerados cuarcíticos gris leucócratas, brechas volcánicas con tintes verdosos, violáceos y areniscas tufáceas con intercalaciones de brechas volcánicas, tufos dacíticos y areniscas tufáceas de grano grueso. El conjunto tiene rumbo general N 32°E.

Formación Huanca (Kti-hu): Los afloramientos consisten en conglomerados polimícticos, con clastos de roca volcánica y rocas hipabisales porfiríticas, en menor proporción areniscas y calizas. El grosor de los bancos varía entre 1 y 2 m, se intercalan con paquetes de areniscas y microconglomerados. Hacia el

tope de la formación se tienen areniscas alternadas con lodolitas, areniscas calcáreas y margosas.

Se ubican afloramientos en el cerro La Huina al SE de la localidad de Huambo.

Formación Sotillo (Tms-so): esta unidad se expone en el sector Suroeste de Arequipa en ambas laderas del valle del río Vítor a la altura del pueblo de Sotillo. Se le considera también como Formación Moquegua inferior.

El miembro inferior consiste en lutitas meteorizadas y el superior litológicamente está constituido por areniscas arcósicas y algunas tufáceas. Este miembro en el tramo de la carretera Panamericana que cruza la quebrada que desemboca en la margen izquierda del río Vítor, consiste de areniscas tufáceas, lutitas, areniscas conglomerádicas y arcósicas.

Grupo Tacaza (Tms-ta): Consiste litológicamente de derrames volcánicos, tufos con sedimentos e ignimbritas y tobas dacíticas, brechas andesíticas y areniscas volcánicas.

Estas rocas están cortadas por intrusiones que originan fracturamientos como el que se observa en la represa El Frayle en el sector de Ichuña.

Grupo Sillapaca (Tms-si): Consiste en lavas dacíticas a traquiandesíticas, generalmente de morfología escarpada y tobas finamente estratificadas. Sus principales afloramientos se localizan en la cuenca alta, en los cuadrángulos de Callalli y Lagunillas en el lado Suroeste.

Formación Maure (Tms): Rocas volcánicas interestratificadas compuestas por ignimbritas, en algunos sectores, tobas, lavas andesítico-basálticas, escasos bloques de tobas y sedimentos lacustres (predominando las tobas retrabajadas), limolitas, fangolitas, calizas con algo de areniscas, conglomerados y lutitas negras.

Formación Millo (Ts-mi): Consiste de conglomerados, areniscas tufáceas, y lentes de tufos retrabajados los cuales afloran en el valle de Vítor, en las quebradas de Millo, Laderas y borde occidental del Batolito, situado en la parte Sureste de la hoja de Arequipa.

Formación Sencca (Tp-se): Consiste en brechas de tobas con bloques del mismo material, tobas lapillíticas y cenizas blancas en paquetes delgados.

Los tufos son compactos presentándose en bancos gruesos mostrando muchas veces disyunción prismática.

Aflora en el área de Charcani en el valle del río Chili y en Yura Viejo.

Formación Capillune (Tp-cp): Esta unidad aflora en el área de Characato en la parte Noroccidental, expuesta al Sur y Suroeste del cerro Conorane y en los alrededores de Aguada Blanca, al Norte del Volcán Misti cuyos estratos horizontales a subhorizontales corresponden a una intercalación de areniscas, arcillas, conglomerados y piroclastos.

Formación Camana (Ts-ca): Capas subhorizontales de areniscas de grano fino a grueso, de color amarillo claro, intercaladas con areniscas, limolitas y lutitas calcáreas de color claro o amarillo rojizo, lentes de conglomerados finos a medios, también se tienen capas pequeñas y venillas de yeso. Se localizan en el flanco occidental de la Cordillera de la Costa que se extiende en forma continua desde la ribera marina, formando acantilados.

Conglomerado Aluvial Pleistocénico (Qpl-al): Gran parte de la Pampa Costanera está constituida por un conglomerado ligeramente consolidado, formado por elementos de composición y tamaño variado, cubierto por depósitos más recientes.

Se aprecia este conglomerado en el flanco occidental del valle de Sihuas en el corte de la carretera Panamericana con un espesor de 150 m, compuesto por clastos bien redondeados. A lo largo del valle del río Sihuas el tamaño de los clastos disminuye a medida que incrementa la distancia al flanco andino occidental. En Santa Rita de Sihuas la textura de este conglomerado es apropiado para trabajos agrícolas.

Grupo Barroso (Qp-VBa): Constituido por las formaciones Barroso y Chila, las cuales litológicamente están constituidas por una alternancia de rocas andesitas porfíricas a andesitas afaníticas y brechas volcánicas.

Esta unidad se halla ampliamente distribuida en la hoja de Characato (Fm. Chila), como parte de las rocas del volcán Misti, Nevado Pichupichu Coronado, cerro Condolada, cerro Bongorance, cerro Huaynamalo, Mesa Pillone y al Sureste de la laguna Salinas.

Grupo Ampato (Qp-a): Son rocas volcánicas compuestas por alternancias de lavas traquiandesíticas, dacitas y tobas friables, superpuestas claramente por un flujo reciente del volcán Sabancaya (hoja de Chivay).

Flujos de Barro (Q-fb): Estos depósitos cubren gran parte de la cadena occidental de la cadena Pichupichu y del Misti, llegando hasta las inmediaciones de la ciudad de Arequipa y de las localidades de Socabaya (hoja de Arequipa) y Pocsí (hoja de Puquina). Las mejores exposiciones se hallan en las vecindades de los pueblos de Chihuata y Sabandía. Pertenecen a antiguos lahars.

Litológicamente están constituidos por fragmentos angulosos de rocas volcánicas andesíticas y tufos de tamaño variable en una matriz areno limosa.

Depósitos Morrénicos y Fluvioglaciares (Q-mfg): Estos depósitos se exponen al Noreste del volcán Misti, en el límite occidental (hoja de Characato). Así como entre las localidades de Tambo de Ají y la pampa Amayane, en las laderas del volcán Pichupichu y en las cadenas de los cerros ubicados al sur de la Laguna Salinas.

También se han depositado en los alrededores del cerro Nocorane, nevado Chachani, cerro la Orqueta, cerro Minas o Suni y Pampa de Arrieros (hoja de Arequipa). El material morrénico consiste de bloques y fragmentos angulosos de origen volcánico con matriz areno arcillosa.

Terrazas Marinas (Qpl-tm): Se presentan en el área de Camaná bordeando el litoral, ubicadas sobre los 200 msnm, observadas en loma Punta Gorda, pampa del Morrengo y en la quebrada Velásquez. También se presentan como pequeños afloramientos en la carretera hacia Quilca.

Están constituidos por acumulaciones aisladas de restos de conchas y estratos de conglomerados arenosos en matriz calcárea.

Volcánico Ubinas (Q-Vub): Rocas pertenecientes al volcán Ubinas que se encuentran en el área Suroeste de la hoja de Ichuña con una altura de 5 672 msnm y una elevación de 1 000 m sobre las pampas adyacentes. Litológicamente estas rocas volcánicas consisten de lavas andesíticas y piroclastos.

Depósitos Chihuata (Q-ch): Estos depósitos se observan al Norte y Oeste de la localidad de Chihuata con amplia distribución, preferentemente en las faldas del volcán Misti a la altura de la pampa Tambillo, entre la ex hacienda Cangallo

y la Calera y en las cercanías de Aguada Blanca. Estos depósitos están constituidos por areniscas conglomerádicas, diatomitas y lapilli, con fragmentos de pómez mostrando una clara estratificación.

Depósitos Piroclásticos (Qr-pi): Se hallan ampliamente distribuidos al Norte y Este del volcán Misti, así como en la parte oriental del Chachani extendiéndose hasta Cañaguas, cerro Kinsaorco, Apacheta, repartición y cercanías del cerro Candolada, cubriendo a formaciones de diferente edad (hoja de Characato).

También se encuentra al Este en las pampas de Perro Loco, cerro los Peñones y Cabrerías, cerro Las Minas y nevado Chachani. Estos depósitos constan de capas de lapilli con fragmentos de pómez, lavas y algunas escorias y bombas en alternancia con arena de grano grueso.

Cuaternario Pleistocénico (Qp2): Se localizan morrenas y depósitos glaciares: clastos redondeados y subredondeados de naturaleza variada, englobados en una matriz areno-limosa. Los depósitos fluvio-glaciares tienen matriz areno-limosa compacta.

Cenizas Volcánicas (Qr-ce): Las cenizas volcánicas se hallan esparcidas en diferentes lugares, como las que se observan bordeando el volcán Ubinas que constituyen dunas pequeñas de poca altura, compuestas por fragmentos de pómez, feldespatos, ferromagnesianos, cuarzo e incluyen lapillis de diferentes dimensiones.

Depósitos Eólicos (Qr-e): Son acumulaciones de arena suelta y cenizas volcánicas que se distribuyen en forma de montículos o mantos delgados, localizados de manera dispersa en las pampas de Vítor y en los batolitos de Calderas y Laderas (cerca de las cumbres y depresiones).

Depósitos Coluviales (Qr-co): Estos depósitos se presentan a manera de escombros de origen coluvial así como materiales de deslizamiento que son comunes en las partes media y baja de las laderas empinadas. Consisten de una mezcla heterogénea de fragmentos angulosos de toda dimensión que han sido depositados por la acción combinada de la gravedad y el agua. Estos depósitos tienen una moderada extensión en la localidad de Són dor ubicada en el valle de Sihuas, donde se han formado por desprendimiento de rocas del conglomerado que cubre la Formación Moquegua.

Depósitos Fluviales (Qr-fl): Estos depósitos ocupan lechos de los ríos y están constituídos por conglomerados, gravas, arenas y arcillas de poco espesor.

Depósitos Aluviales (Qr-al): Constituyen el suelo de la mayor parte de las llanuras y depresiones como en las pampas de Vítor, Chili, Yura y desembocadura de la quebrada Millo en el valle de Vítor (hoja de Arequipa). Así mismo se presentan en la parte oriental de laguna Salinas, Pampa de Cañagua, Pampa Blanca, Sumbayticlla, Omaña, Antacollo y entre Mollebaya y Arequipa (hoja de Characato).

Constan de conglomerados, gravas, arenas, limos y arcillas.

Rocas Intrusivas: En la cuenca se localizan las siguientes rocas intrusivas:

- **Dioritas:** De grano grueso, bandeadas y pórfidos cuarcíticos. En forma de stocks de dimensiones variables.
- **Super Unidad Tiabaya:** Consiste en monzogranitos, granodioritas y tonalitas (Ks-ti).
- **Cordillera de la Costa:** Granodioritas, monzogranitos y monzotonalitas alteradas de edad precámbrica y paleozoica.
- **Brechas:** Dacitas y andesitas brechoides.

3.2 Aspectos Estructurales

Estructuralmente la cuenca muestra evidencias de haber soportado movimientos *epirogénicos* y *orogénicos* de *diferente intensidad*, de acuerdo a ello es posible distinguir las siguientes características: ver Mapa 1.

Cuenca Baja: En el área de Mollendo y la Joya no hay mayores deformaciones por esfuerzos de compresión.

Las fallas constituyen los rasgos estructurales más importantes a lo largo de los cerros de la Cadena Costanera, donde afectan a las rocas del Complejo Basal de la Costa. Existe un grupo de fallas con rumbo general Este-Oeste a pocos kilómetros al norte de Pueblo Nuevo (desembocadura del río Quilca). La

falla se puede seguir por cerca de 20 km desde la parte alta de la mina San José hacia el Oeste. Esta falla se prolonga hasta la zona de Camaná.

Otro grupo de fallas con rumbo general Noroeste-Sureste se encuentran entre Mollendo y el Valle de Quilca. En esta zona se desarrolla la falla ubicada entre el C° Quebrada Verde por el Sur y el valle del río Quilca por el Norte, siendo una falla de cerca de 30 km de longitud con rumbo promedio $N40^{\circ}O$, su recorrido está señalado por una serie de quebradas rectas y a veces por cuellos en las cumbres de los cerros. Así mismo se ha reconocido a lo largo de las quebradas Calahuani y Sancillo, la falla Calahuani ligeramente cóncava hacia el Oeste, cortando rocas gnéisicas y fracturando diques pegmatíticos y la falla Sancillo que sigue la quebrada del mismo nombre y viene a ser paralela al tramo inferior del cauce del río Quilca.

Cuenca Media-Alta: Esta zona se caracteriza por la ocurrencia de diversas estructuras geológicas que afectan a rocas pre-paleozoicas, mesozoicas y cuaternarias.

Las rocas pre-paleozoicas en el área de Arequipa se caracterizan por un bandeamiento cuyo rumbo varía entre NNO y NO. Las rocas mesozoicas expuestas en el río Yura hacia el Noroeste presentan la mejores exposiciones de las estructuras de estas rocas con dirección general NO a SE, las mismas que sufren un arqueamiento progresivo hacia el Oeste, conforme se aproxima hacia el Noroeste. De la misma manera, en el extremo Sur en Cincha y Gramadal las estructuras cambian bruscamente a una dirección E-O a causa de la falla de Cincha.

Los principales plegamientos y fallamientos ocurridos en rocas mesozoicas presentan las siguientes características; la Formación Arcurquina presenta un anticlinal y sinclinal con rumbo $N45^{\circ}O$ y continúa al Norte hacia la zona de Chivay.

El área comprendida entre la quebrada Liquiña, Cincha y el cerro Pulinquiña, se caracteriza por presentar pequeños pliegues asimétricos bastante distorsionados, que los hacen confusos y poco discernibles. El borde nororiental de la faja mesozoica está limitado por una falla longitudinal la cual corta pliegues de las formaciones Arcurquina, Huanca y Chilcane en su tramo septentrional.

Otra falla importante es la de Cincha, la cual tiene una traza más o menos curva con rumbo $N10^{\circ}O$ en el cerro Liquiña y $N75^{\circ}O$ en la Quebrada Hualhuani.

El bloque intermedio está constituido por estructuras plegadas del Grupo Yura y las formaciones Socosani y Chocolate, mientras que el bloque externo es un homoclinal representado por una secuencia completa desde la Formación Murco a la Formación Chocolate alineadas de Este a Oeste.

Las rocas intrusivas muestran signos muy débiles de deformación, por lo general las rocas tienen un junturamiento muy pronunciado con una dirección Noroeste que coincide con el alineamiento de la mayoría de los diques; otro tiende al ENE y un tercero menos conspicuo al NNE. También existen estructuras de flujo, tal como se ve en las tonalitas de Torconta y Laderas. Las rocas terciarias de la región han sufrido menos deformación que las rocas mesozoicas. Así la Formación Huanca, situada al NE del Batolito, presenta capas con alineación más o menos constante de NO a SE.

La Formación Sotillo en el flanco occidental del Batolito, presenta suaves ondulaciones y fallas normales de poco desplazamiento. Las demás formaciones del Terciario, generalmente presentan capas inclinadas suavemente hacia el Suroeste y sin mayores perturbaciones, con excepción de un anticlinal abierto en el Grupo Tacaza.

La estructura más notable de las rocas plioleístocénicas es el junturamiento *columnar prismático bien desarrollado del volcánico Sencca*, estas tobas tienen buena distribución entre Sumbay y Arequipa expuestas a lo largo de los valles de Sumbay y Chili con una inclinación hacia el Suroeste.

W. JENKS (1948) sugiere que la orientación de los volcanes Ampato, Chachani y Misti está controlada por una zona de debilidad estructural que se prolonga al SE del volcán Misti a lo largo del cual se han emplazado las cadenas de Pichu Pichu y Ancasini, ubicada al Sur de la Laguna Salinas y a su vez constituye la prolongación del denominado Arco del Barroso (MENDÍVIL S. 1965).

3.3 Unidades Litológicas

En la Cuenca del río Sihuas-Vítor (Chili) se han encontrado y categorizado 6 unidades litológicas (ver Cuadro N° 8), en base principalmente, al agrupamiento de las características litológicas según su origen y composición (Capítulo 3.1). Las unidades litológicas de la Cuenca se presentan en el Mapa 1 (Escala 1: 250 000) y son las siguientes:

Unidad I: Rocas Intrusivas

En esta unidad se han separado dos sub-unidades:

I1: Monzogranitos, granodioritas: Comprenden también granitos, tonalitas, monzodioritas y dioritas. Corresponden a las Super Unidades Tiabaya e Incahuasi, Batolito de San Nicolás y rocas del Precámbrico. Se presentan con una morfología suave, muy fracturadas, muy afectada por la erosión, formando zanjas profundas con bordes prominentes, de condiciones regulares para la cimentación.

La roca volcánica inalterada tiene regular resistencia mecánica y buena estabilidad en taludes. Este tipo de roca tiene condiciones geodinámicas inestables (desprendimiento de rocas). A esta subunidad pertenecen las formaciones Sencca (en la ciudad de Arequipa se les denomina Sillar) y Sillapaca; el Grupo Ampato, el Volcánico Ubinas y los depósitos piroclásticos recientes.

Unidad II: Rocas Volcánicas

II1: Andesitas-dacitas, derrames y brechas: Esta subunidad consiste de rocas andesíticas de color gris verdoso a marrón que aflora en grandes espesores y se prolonga ampliamente en la cuenca, constituyendo los volcanes Misti, Chachani cadena de Pichu Pichu y otros centros volcánicos más.

Estas rocas tienen condiciones geotécnicas buenas a medias (resistencia a la compresión de media a dura). Como materiales de construcción son apreciables y como cimientos son buenos. De condiciones geodinámicas estables. A esta subunidad pertenecen la Formación Toquepala y el Grupo Barroso (Volcánicos Chila).

Unidad III: Rocas Volcánico - Sedimentarias

III1: Conglomerados, areniscas, tufos, brechas, lavas, sedimentos lacustres, lapilli: Esta subunidad tiene una competencia mecánica y condiciones geotécnicas malas (resistencia a la compresión de blanda a media), como cimientos son malos. No son recomendables como materiales de construcción y son de condiciones geodinámicas muy inestables, por su litología y la alternancia de

sedimentos competentes con incompetentes. Estas condiciones están claramente expuestas en la Qda. El Cazador, en los alrededores de la Represa del Frayle. A esta subunidad pertenecen las formaciones Maure, Capillune, grupos Tacaza y Puno, así como los depósitos Chihuata.

III2: Derrames, brechas, calizas, areniscas y lutitas: Esta subunidad presenta condiciones geotécnicas malas. A esta subunidad pertenece el Volcánico Chocolate.

Unidad IV: Rocas Sedimentarias

Esta unidad consta de las siguientes subunidades:

IV1: Conglomerados, areniscas: En algunas formaciones se encuentran limolitas. Es importante resaltar la presencia de venillas de yeso y sal. Se encuentran poco a medianamente consolidadas. En algunos sectores presentan desprendimientos de rocas en bloques grandes. De competencia mecánica, condiciones geotécnicas y geodinámicas desfavorables; de resistencia media a blanda (50-200 kg/cm²). A esta subunidad pertenecen las formaciones Moquegua, Murco, Huanca y Millo.

IV2: Cuarcitas, areniscas, areniscas lutáceas, lutitas, limolitas y calizas: Se presentan estratificadas, con alternancia de estratos competentes e incompetentes. Sus condiciones geomecánicas y geotécnicas son de regulares a malas, presencia de desprendimientos de rocas, derrumbes y flujos de barro. Pertenecen a esta subunidad el Grupo Yura y la Formación Seraj.

IV3: Calizas, areniscas calcáreas, lutitas: Las calizas son de color gris y presentan concreciones y lentes de Chert. Constituyen buen material de cantera con condiciones geotécnicas favorables. Las calizas Arcurquina se utilizan para la fabricación de cemento, se presentan desprendimientos de rocas por sectores. A esta subunidad pertenecen las formaciones Socosani y Arcurquina.

IV4: Lutitas, areniscas, lodolitas y conglomerados: En esta subunidad es común encontrar yeso. Sus condiciones geotécnicas y geodinámicas son desfavorables, se presentan deslizamientos, desprendimientos de rocas. Pertenecen las formaciones Chilcane y Sotillo.

Unidad V: Rocas Metamórficas

Competencia mecánica y condiciones geotécnicas de regular a buena con resistencias a la compresión que varían de media a dura (100-1000 kg/cm²), según su grado de meteorización y alteración. Condiciones geodinámicas medianamente estables. Pertenecen las rocas del Complejo Basal de la Costa y el Gneis de Charcani.

Unidad VI: Unidades Superficiales

VI1: Depósitos aluviales, eólicos, coluviales y proluviales: Los depósitos aluviales se localizan en los valles formando terrazas, en los abanicos deyectivos y planicies de la cuenca, formados por bloques, gravas de granulometría variable.

Los depósitos eólicos se distribuyen en la pampa costanera y en el altiplano (áreas cercanas a la laguna Salinas, Pampa El Confital, etc.) con poco espesor y en forma de pequeñas dunas y mantos de arena fina a media.

Los depósitos coluviales, están compuestos por clastos angulosos de diferentes tamaños mezclados con material grueso a fino, se hallan localizados al pie de los taludes. Los depósitos proluviales son formados por los flujos de barro (huaycos) y están constituidos por bloques, gravas, cantos y arenas medianamente consolidadas.

VI2: Depósitos de lahars antiguos: Formados por bloques y cantos en una matriz arenosa (ceniza volcánica). Se localizan en los alrededores de los centros volcánicos (Pichu Pichu, Misti, Chachani, Ubinas, Ampato-Sabancaya, etc.). De condiciones geodinámicas variables.

VI3: Depósitos glaciares y fuvio-glaciares: Constituidos por acumulaciones de acción glacial: bloques y gravas angulares, heterométricas en una matriz limo arcillosa; con características geodinámicas variables.

3.4 Unidades Litológicas altamente susceptibles

En base al análisis geológico-litológico-estructural de los afloramientos de la cuenca, éstos se han agrupado en cuatro grandes grupos de acuerdo a la susceptibilidad que presentan ante los procesos de geodinámica externa, según las condiciones climáticas existentes en la cuenca. Ver Mapa N° 1.

Depósitos Inconsolidados: Agrupan a los materiales de la Unidad Litológica VI; forman suelos inconsolidados, incompetentes, fácilmente susceptibles a los agentes erosivos (agua, viento) y que por su poca o mediana compactación, ante la presencia del agua (escorrentía, precipitaciones y filtraciones), es común que ocurran derrumbes, asentamientos, reptación de suelos y deslizamientos, o ser removidos generando flujos de lodo (huaycos).

Se incluyen en esta unidad todos los depósitos inconsolidados: glaciares, fluvio-glaciares, aluviales, fluviales, proluviales y eólicos.

Materiales Incompetentes: Los materiales agrupados en las sub-unidades III1, III2, IV1, IV2, IV3, y IV4 presentan los mayores problemas de geodinámica externa y son altamente susceptibles a la erosión (erosión en cárcavas, laminar, etc) así como los depósitos inconsolidados.

Comprende rocas que por su naturaleza y composición se encuentran muy alteradas, son atacables y fácilmente meteorizadas por los agentes atmosféricos y removidas por los agentes de erosión aunadas a la presencia de yeso y sales en las formaciones, lo que da lugar al aumento en el volumen de los estratos, originando las deformaciones y fracturas de los mismos. La distribución y frecuencia de los fenómenos geodinámicos, es mayor y son muy comunes: el cárcavamiento intenso, los deslizamientos mayores, derrumbes, deslizamientos y desprendimiento de rocas, etc. generan acumulaciones de bloques angulosos de rocas (canchales y escombreras) que por procesos hidrogravitacionales originan huaycos, flujos, etc. Entre ellas se incluyen las formaciones: Murco (yeso), Chilcane (yeso), Moquegua (yeso), Seraj (yeso), Camaná (yeso), Sotillo (yeso), Socosani, Arcurquina, Formación Maure y el Grupo Yura.

Materiales Medianamente Competentes: Estos materiales tienen una resistencia a la erosión moderada a alta, generalmente pueden ser rocas volcánicas tobáceas compactas, rocas metamórficas frescas, calizas o conglomerados bien consolidados. Las unidades que reúnen estas características son: II1 (formaciones Sencca, Ubinas, Ampato), III1 (Grupo Tacaza), IV1 (Formación Huanca),

IV3 (Formación Arcurquina) y V (Complejo Basal de la Costa y Gneiss Charcani).

La ocurrencia de fenómenos geodinámicos en este tipo de rocas, se dan en magnitudes menores y en forma aislada, y aunque las condiciones sean favorables para su ocurrencia (amenaza), son poco vulnerables a dichos procesos.

Materiales Competentes: Unidad con rocas de resistencia a la compresión entre medias a duras, con meteorización moderada, en algunos casos, como en el Complejo Basal de la Costa y las rocas intrusivas de la cuenca, poseen un intenso fracturamiento y una costra de meteorización desarrollada, debido a su antigüedad y al intemperismo, pero en roca fresca son de buena calidad.

En esta unidad los fenómenos de geodinámica externa son escasos, salvo en los cortes del talud, cuando la roca está muy fracturada, se presentan fenómenos de desprendimiento de rocas.

En esta unidad se incluyen las rocas intrusivas de las Unidades I1 (super unidades Tiabaya e Incahuasi, Batolito de San Nicolás), I2 (pórfidos dioríticos del Terciario), las unidades volcánicas II1 (Formación Sillapaca) y II2 (Grupo Barroso y Formación Toquepala).

CUADRO N° 8

UNIDADES LITOLÓGICAS EN LA CUENCA DE LOS RÍOS QUILCA-SIHUAS-VÍTOR

UNIDADES LITOLÓGICAS	
<p>I ROCAS INTRUSIVAS E HIPABISALES</p> <p>I1 Monzogranitos, granodioritas, tonalitas</p> <p>I2 Dioritas</p>	<p>Superunidad Tiabaya, Superunidad Incahuasi Batolito de San Nicolás, Precambriano</p> <p>Pórfidos (Terciario)</p>
<p>II ROCAS VOLCÁNICAS</p> <p>II1 Lavas, tobas, piroclastos</p> <p>II2 Andesitas-dacitas, derrames y brechas</p>	<p>Fm. Sencca, Fm. Sillapaca, V. Ubinas, Gpo. Ampato, dep. Piroclásticos</p> <p>Gpo. Barroso, Fm. Toquepala,</p>
<p>III ROCAS VOLCÁNICO-SEDIMENTARIAS</p> <p>III1 Conglomerados, areniscas, tufos, brechas, lavas, sedimentos lacustres, lapilli</p> <p>III2 Derrames, brechas, calizas, areniscas y lutitas</p>	<p>Gpo. Tacaza, Gpo. Puno, Fm. Maure, Fm. Capillune, Dep. Chihuata</p> <p>V. Chocolate</p>
<p>IV ROCAS SEDIMENTARIAS</p> <p>IV1 Conglomerados, areniscas, limolitas (en algunas formaciones).</p> <p>IV2 Cuarcitas, Areniscas, lutitas, areniscas lutáceas, limolitas, calizas</p> <p>IV3 Calizas, areniscas calcáreas, lutitas</p> <p>IV4 Lutitas, Areniscas, lodolitas, conglomerados</p>	<p>Fm. Moquegua, Fm. Murco, Fm. Huanca, Fm. Millo</p> <p>Gpo. Yura, Fm. Seraj</p> <p>Fm. Socosani, Fm. Arcurquina</p> <p>Fm. Chilcane, Fm. Sotillo</p>
<p>V ROCAS METAMÓRFICAS</p> <p>V Gneis, filitas, esquistos, granito rojo</p>	<p>Complejo Basal de la Costa, Gneis Charcani</p>
<p>VI FORMACIONES SUPERFICIALES</p> <p>VI1 Depósitos aluviales, eólicos, coluviales, proluviales</p> <p>VI2 Depósitos de lahars antiguos</p> <p>VI3 Depósitos glaciares y fluvio-glaciares</p> <p>VI4 Depósitos marinos</p>	

4.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1 Unidades Geomorfológicas

La Cuenca de los ríos Quilca, Sihuas y Vítor se ha dividido en 9 unidades geomorfológicas principales, de acuerdo a los procesos geomórficos actuantes en la cuenca. Ver Mapa N° 2.

UNIDAD (FL): Faja Litoral: Faja de terreno que se desarrolla entre la ribera del mar y los acantilados de la Formación Camaná (IV2), así como los granitos del Complejo Basal de la Costa (V), con alturas de hasta de 30 m. En esta unidad se desarrolla una barra litoral y la playa de Quilca. (Foto N° 1)

UNIDAD (CC): Cordillera de la Costa: Formada por una cadena de cerros orientados en dirección SE-NO, paralela al litoral, con un ancho aproximado de 20 km y una elevación máxima de 1667 m en el cerro Guata.

El flanco occidental presenta una topografía bastante accidentada, por estar cortada por el río Quilca y por una serie de quebradas profundas, como las de Posto Ruiz, Alto de Surcho, Rodrigo, Alto de la Playuela.

El río Quilca ha labrado un cañón de cerca de 600 m de profundidad, con flancos casi verticales.

En contraste, esta unidad, en la parte superior ha desarrollado una superficie algo ondulada, con valles anchos, fondo plano y colinas suaves. El borde oriental esta caracterizado por colinas bajas que encierran pequeñas pampas, algunas de ellas conectadas con la planicie costanera.

Litológicamente está formada por rocas gnéisicas, alteradas, cubiertas por arcillas, limos arenas y conglomerados de hasta 1.5 m de potencia.

UNIDAD (PC): Pampa Costanera: Esta unidad se desarrolla entre la Cordillera de la Costa y las estribaciones andinas (Cordillera Occidental-cordillera de laderas), con altitudes entre los 1 000 m y 1 600 m, con un ancho promedio de 40 km (Foto N° 2).

Está caracterizada principalmente por extensas pampas que ascienden suavemente hacia el NE, llanas y desérticas, que han sido originadas por el relleno de una cuenca, de probable origen tectónico, por depósitos clásticos continentales y acumulaciones de mantos de arena y dunas. En esta unidad los valles de los ríos Sihuas y Vítor se tornan angostos y profundos (600 m).

Se desarrolla sobre rocas de las formaciones Moquegua, Sotillo, y los aluviales pleistocénicos

UNIDAD (V): Valle: En esta unidad se considera al río Sihuas-Vítor y sus diferentes denominaciones que recibe en su recorrido. Las características morfológicas varían, según las formaciones litológicas que cortan en su recorrido, diferenciándose hasta cuatro sub-unidades:

- **Subunidad (VA): Valle:** Caracterizada por presentar flancos con pendientes moderadas, con aspecto de valle maduro en algunas zonas: Arequipa, Tingo, Tiabaya, Uchumayo y Quishuarani. Esta Sub-Unidad también se observa en las localidades de Taya y Huanca.
- **Subunidad (VI): Valle Estrecho Inundable:** Con características de valle juvenil, de laderas empinadas, angostas y profundas, donde sus riberas están propensas a las inundaciones en épocas de precipitaciones. En algunos sectores los flancos de los valles presentan cicatrices de grandes deslizamientos, dando lugar, en apariencia, a un valle maduro. Esta Sub-unidad comprende sectores de los ríos Sihuas y Vítor en su recorrido medio. (Foto N° 3)
- **Subunidad (VC): Cañón:** El cambio de litología en el lecho del río, en este caso al encontrarse con materiales resistentes, origina morfologías de valles de gran profundidad (hasta 600 m), con flancos casi verticales, con ensanchamiento reducido y sin fondo plano, con características de "encañonamiento". Se localizan los cañones de los ríos Vítor y Sihuas al cortar la Cordillera de la Costa y el cañón de Charcani cuando el río flanquea a los volcanes Misti y Chachani. Foto N° 4



Foto N° 1. Faja litoral (Fl); desembocadura del río Quilca, sector Pueblo Nuevo.



Foto N° 2. Pampa costanera (Pc). Tramo entre el Km 924 al 929 de la carretera Panamericana Sur, Pampa de Sihuas; obsérvese las acumulaciones de arena (dunas).



Foto N° 3. Valle estrecho inundable (Vi), frente a la localidad de Cujan, margen izquierda del río Sihuas.



Foto N° 4. Cañón del río Sihuas (Vc), desarrollado sobre rocas metamórficas. Obsérvese desprendimiento de rocas y derrumbes.

- **Subunidad (VD): Cono de Deyección:** Formada por el cono deeyectivo del río Quilca (denominación final), de pendiente moderada, que a partir de Pueblo Nuevo se extiende sin mucho desarrollo debido a la presencia del Batolito de la Costa. En la Foto N° 1 se observa parte de esta sub-unidad.

UNIDAD (CO): Cordillera Occidental: Esta Unidad esta sub-dividida en 5 Sub-Unidades. Es importante mencionar que el ALTIPLANO ha sido dividido en 3 Subunidades: Conos Volcánicos, Lomadas y Llanuras. No considerándosele como Unidad.

- **Subunidad (COL): Cordillera de Laderas:** Cadena montañosa con una elongación NO-SE. Constituida principalmente por rocas plutónicas, con rocas metamórficas hacia el NO. El relieve muestra pendientes altas hacia los flancos con formas redondeadas o rugosas (Cerros Santa Rosa, Torconta, Las Laderas y San Ignacio). Hacia el SE presenta colinas de elevación moderada con perfiles poco abruptos. Presenta un drenaje dendrítico con fuertes pendientes. (Foto N° 5)
- **Subunidad (COB): Arco Volcánico del Barroso:** Unidad formada por una cadena de montañas agrestes, de origen volcánico, siguiendo un alineamiento claramente circular con su concavidad hacia el Pacífico. Está formada por los aparatos volcánicos del Chachani, Nocarena, Las Minas, Misti, Pichu Pichu, Quinto, Pajujasa, Ancasini, además de numerosos conos de menor altitud. En ellos se desarrolla un drenaje radial. (Foto N° 6)
- **Subunidad (COP): Penillanura de Arequipa:** Compreendida entre las localidades de Arequipa, Yura y la confluencia de los ríos Chili y Yura.

Superficie suavemente ondulada, con pendiente promedio 5%, inclinada hacia el SO, rodeada por parte de la Cordillera de Laderas, de las estribaciones del Altiplano y del Arco del Barroso. Esta penillanura ha sido formada en los tufos del Volcánico Sencca (II1), que ocuparon una depresión originada, posiblemente por erosión. Presenta un sistema de quebradas paralelas, temporales y ocasionales, en forma de "V". (Foto N°7)

- **Subunidad (COF): Flujos de barro:** Sub-Unidad formada por antiguos flujos de barro (lahars), con formas irregulares, muy erosionados, dando lugar a quebradas profundas. Se localiza en el área de Socabaya, Hunter y en la falda occidental del Misti. (Foto N° 8)

- **Subunidad (COC): Conos Volcánicos:** Está representada por conos volcánicos aislados tal como el Ajana, Coila, Mesa Pillone, Andahuaca, Misti, Ampato, Sabancaya y las ubicadas al Norte y Sur de la Laguna Salinas, que constituyen las partes más altas del Altiplano, unidad morfológica mayor no considerada en el estudio (se consideran sus sub-unidades). Los conos volcánicos están erosionados, tanto por las numerosas quebradas que corren según un diseño radial, como por la acción glaciaria que ha originado circos glaciares, valles en "U", crestas irregulares, depósitos morrénicos, etc. (Foto N° 9).
- **Subunidad (LO): Lomadas (o Colinas):** Representadas por colinas de superficie redondeadas y de poca elevación, las colinas más bajas están comprendidas entre el nivel de las pampas (4 000-4 200 m) y los 4 400 m, constituidas casi íntegramente por los sedimentos poco compactos de las formaciones Maure y Capillune. Esta unidad está disectada por valles poco profundos de fondo ancho y plano, con numerosos derrumbes en sus flancos. Los drenajes dendrítico y paralelo son los predominantes. Se localizan numerosos bofedales. Las lomas más importantes en esta unidad son: Hichocollo, Cantayoc, Chuquillahuasi, Cacapunco, Morro Blanco y Herochaca. (Foto N° 10)
- **Subunidad (LL): Llanuras:** Están comprendidas en esta Sub-unidad, las áreas de suave pendiente o superficies más o menos planas denominadas "pampas", ubicadas generalmente entre los 4 000 y los 4 200 m. Entre las pampas que destacan tenemos: Cañaguas, Yantarhuana, Chiligua, Pichu-Pichu, Machorome, Yanacancha, Jatun Pampa, Huanahuara, Cusi, Pampa de Arrieros, Puca Puca, Patapujio, etc. (Foto N° 11).
- **Subunidad (PA): Planicie alta:** Ligada a la superficie Puna, con altitudes entre los 4 000 y 5 000 m. Conformadas por extensas planicies sub-horizontales. La más destacada es la conocida como Pampa de El Confital. (Foto N° 12).
- **Subunidad (NP): Nieves perpetuas:** En la actualidad solo el Nvdo. Ampato posee nieves perpetuas. (Foto N° 13).



Foto N° 5. Cordillera de laderas (Co). Confluencia del río Sihuas con la quebrada Cacharma.



Foto N° 6. Arco Volcánico del Barroso (COB); sector Laguna Salinas; al fondo, el volcán Pichu Pichu.



Foto N° 7. Penillanura de Arequipa (COP), disectada por la quebrada Honda.



Foto N° 8. Flujos de barro (COF). Corte en la carretera Baños de Jesús-Chihuata.



Foto N° 9. Conos volcánicos (COC). Volcán Misti; en la parte inferior, la localidad de Chihuata.



Foto N° 10. Lomadas (LO). Sector Laguna Salinas; al fondo se observa el volcán Ubinas.

4.2 Interpretación de los parámetros geomorfológicos

Los índices morfométricos o parámetros geomorfológicos nos proporcionan, cuantitativamente, las características físicas de una cuenca. Estas características dependen de las condiciones geológicas, climáticas y la vegetación.

Los datos de entrada se presentan en el Cuadro N° 9 y los resultados en los Cuadros N° 10 y 11. El rectángulo equivalente y la curva hipsométrica de la cuenca se presentan en el Gráfico N° 8; de éstos se puede deducir lo siguiente:

La cuenca de los ríos Quilca, Sihuas y Vítor, es una de las más extensas de la vertiente del Pacífico, con un tiempo medio de traslado ($T_m = 8.62$) casi parejo en la cuenca alta y media; teniendo mayores oportunidades de crecientes, relegándose éstos en la cuenca baja.

Los factores de forma de la cuenca nos indican que ésta tiene una ligera tendencia a la forma circular en la cuenca alta y media, con un alargamiento en la cuenca baja. Las crecidas e inundaciones pueden afectar a la cuenca alta, con mayores concentraciones en la cuenca baja.

El 47% de la cuenca está entre los 4 000 y 5 000 m, influenciando para que la altura media de la cuenca sea de 3 378 m. Los factores geológicos y geomorfológicos han condicionado que la cuenca no sea muy accidentada, encontrándose extensas pampas en la cuenca baja y media así como altiplanicies en la cuenca alta; favorables para el almacenamiento y detención superficial de las aguas, regulando de esta manera los caudales.

Los valores del coeficiente orográfico ($C_o = 888.9 \text{ m}^2/\text{km}^2$) y del coeficiente de masividad ($C_m = 0.26 \text{ m}/\text{km}^2$), nos indican una constante actividad erosiva.

Los parámetros relacionados con el sistema de drenaje, nos indican que las precipitaciones influirán directamente los caudales de los ríos, predominando la erosión vertical.

4.3 Correlación entre cauce y estructura geológica

En la cuenca de los ríos Quilca, Sihuas y Vítor, existe una relación litología-estructura-cauce. Es así como en la cuenca baja, las quebradas en la Pampa Costanera siguen generalmente la dirección de máxima pendiente, en las cercanías a la cordillera de la costa las fallas constituyen los rasgos estructurales más importantes, siendo una de las evidencias, la dirección de las quebradas, como la Qda. Saucillo, paralela al río Quilca y en los flancos de las Qdas. profundas, como en el valle del mismo río.

En la cuenca baja y media del río, la configuración transversal del valle está dada por las condiciones litológicas de los materiales atravezados.

El río Chili desde su nacimiento hasta el Cañón de Charcani recorre una planicie de relieve suave, en este sector el control del cauce es más litológico: en las faldas del volcán Misti y el Batolito de La Caldera; estructural: en las zonas de la represa El Frayle y en la parte media del río Sumbay en ambos casos el río presenta inflexiones de casi 90° y la falla de Cincha en la Qda. Hualhuani.



Foto Nº 11. Llanuras (LL). Sector Laguna Salinas.



Foto N° 12. Planicie Alta (PA). Pampa de Cuesta Pata.



Foto N° 13. Nieves perpetuas (NP). Volcanes Ampato y Sabancaya.

CUADRO No. 9

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS

CUENCA DE LOS RÍOS QUILCA-SIHUAS-VÍTOR (AREQUIPA)

DATOS DE ENTRADA:

1	Nombre de la cuenca:		SIHUAS-VÍTOR
2	Área total de la cuenca (km ²):		12839,16
3	Área de la cuenca de recepción (km ²):		-----
4	Área de la cuenca húmeda (km ²):		0,00
5	Perímetro de la cuenca (km):		636,10
6	Grado de ramificación:		6°
7	Largo total del río principal (km):		308,70
8	Largo total de los cursos de agua (km):		12077,00
9	Total de los ríos de la cuenca:		3703,00
10	Número de cursos de primer orden:		2627,00
11	Número de cotas tomadas:		7,00
12	Cotas consideradas (desde la más baja) en metros:		
	1	0.00	
	2	1000.00	
	3	2000.00	
	4	3000,00	
	5	4000,00	
	6	5000,00	
	7	6000,00	
	COTA NACIENTE DEL RÍO		
	7	4750,00	
13	Áreas parciales entre las cotas (km ²):		
		0,00	
	0,00	1000,00	657,29
	1000,00	2000,00	2090,76
	2000,00	3000,00	1777,56
	3000,00	4000,00	2114,07
	4000,00	5000,00	6032,18
	5000,00	6000,00	167,30
14	Longitudes parciales del río entre las cotas (km):		
	0,00	1000,00	63,50
	1000,00	2000,00	62,20
	2000,00	3000,00	38,00
	3000,00	4000,00	49,00
	4000,00	4750,00	96,00

CUADRO N° 10

RESULTADOS

1	<u>SUPERFICIE</u>			
	Area total de la cuenca:	AT =	12839,16	km ²
	Area de la cuenca de recepción:	ACR =	—	km ²
	Area de la cuenca húmeda:	ACH =	0,00	km ²
2	<u>PERIMETRO</u>	P =	636,10	km
3	<u>FORMA DE LA CUENCA</u>			
	Coefficiente de compacidad :	Kc =	1,57	
	Factor de forma:	Ff =	0,13	
	Elongación:	Re =	0,17	
	Circularidad:	Cc =	0,40	
4	<u>SISTEMA DE DRENAJE</u>			
	Grado de ramificación:		6°	
	Densidad de drenaje:	Dd =	0,94	km/km ²
	Extensión media de escurrimiento superficial:	Es =	265,78	m.
	Frecuencia de ríos:	Fr =	0,29	ríos/km ²
	Constante de mantenimiento de cauce:	Cm =	1,06	Km
	Distancia de esorrentía:	De =	0,53	Km
5	<u>ELEVACIÓN DE LOS TERRENOS</u>			
	Aaltitud media de la cuenca:	H=	3378,17	
	Poligono de frecuencia de altitudes:			Ver Gráfico
	Curva hipsométrica:			Ver Gráfico
6	<u>RECTÁNGULO EQUIVALENTE:</u>			Ver Gráfico
	Lado mayor:	L=	270,60	km
	Lado menor:	l=	47,45	km
7	<u>DECLIVIDAD DE LOS ALVEOS</u>			
8	<u>PENDIENTE MEDIA DEL RIO:</u>	lc=	1,54	%
	<u>DECLIVE EQUIVALENTE CONSTANTE:</u>	S=	1,35	%
9	<u>TIEMPO MEDIO DE TRASLADO:</u>	Tm=	8,62	
10	<u>DECLIVIDAD DE LOS TERRENOS:</u>	St=	4,24	%
11	<u>COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD:</u>	Ct=	0,20	ríos/km ²
	<u>COEFICIENTE DE MASIVIDAD:</u>	Cm=	0,26	m/km ²
	<u>COEFICIENTE OROGRÁFICO:</u>	Co=	888,85	m ² /km ² .

CUADRO No. 11

DISTRIBUCIÓN ALTIMÉTRICA DEL ÁREA DE LA CUENCA
DE LOS RÍOS QUILCA - SIHUAS - VÍTOR

COTAS		AREAS PARCIALES	(%)	AREAS DEBAJO DE	(%)	AREAS SOBRE LA	(%)
(m)		(km ²)		ALTITUD		ALTITUD	
	0,00	0,00		0,00	0,00	12839,16	100,00
0,00	1000,00	657,29	5,12	657,29	5,12	12181,87	94,88
1000,00	2000,00	2090,76	16,28	2748,05	21,40	10091,11	78,60
2000,00	3000,00	1777,56	13,84	4525,61	35,25	8313,55	64,75
3000,00	4000,00	2114,07	16,47	6639,68	51,71	6199,48	48,29
4000,00	5000,00	6032,18	46,98	12671,86	98,70	167,30	1,30
5000,00	6000,00	167,30	1,30	12839,16	100,00	0,00	0,00
		12839,16					

DECLIVIDADES PARCIALES Y RELACIÓN TIEMPO/DECLIVIDAD EN
EL CURSO DE LOS RÍOS QUILCA - SIHUAS - VÍTOR

COTAS		DIFERENCIA DE NIVEL	LONGITUD TRAMO	DISTANCIAS ACUMULADAS	DECLIVIDAD EQUIVALENTE CONSTANTE	TIEMPO MEDIO DE TRASLADO	LT*TM
(m)		(km)	(km)	(km)			
0,00	1000,00	1000,00	63,50	63,50	0,016	7,97	506,01
1000,00	2000,00	1000,00	62,20	125,70	0,016	7,89	490,55
2000,00	3000,00	1000,00	38,00	163,70	0,026	6,16	234,25
3000,00	4000,00	1000,00	49,00	212,70	0,020	7,00	343,00
4000,00	4750,00	750,00	96,00	308,70	0,008	11,31	1086,12
			308,70				2659,93

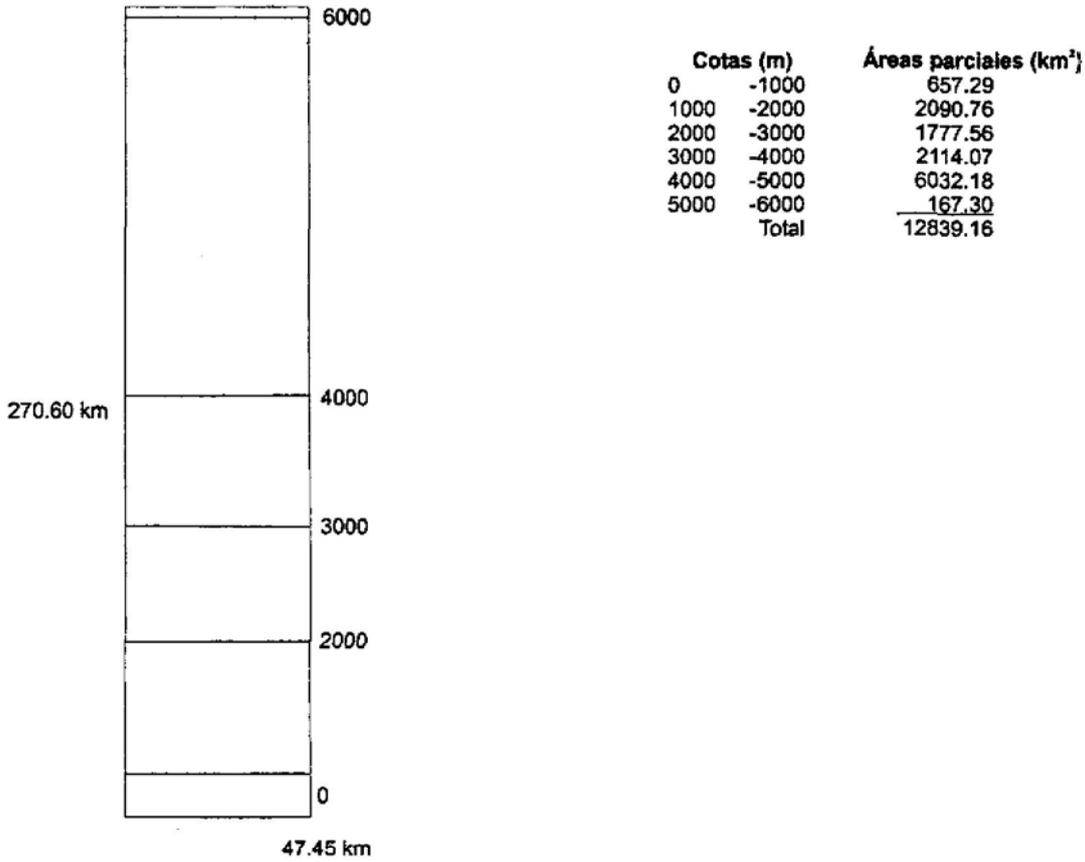
T = 8,62
S = 1,35 %

PERFIL LONGITUDINAL DE LOS RÍOS QUILCA - SIHUAS - VÍTOR

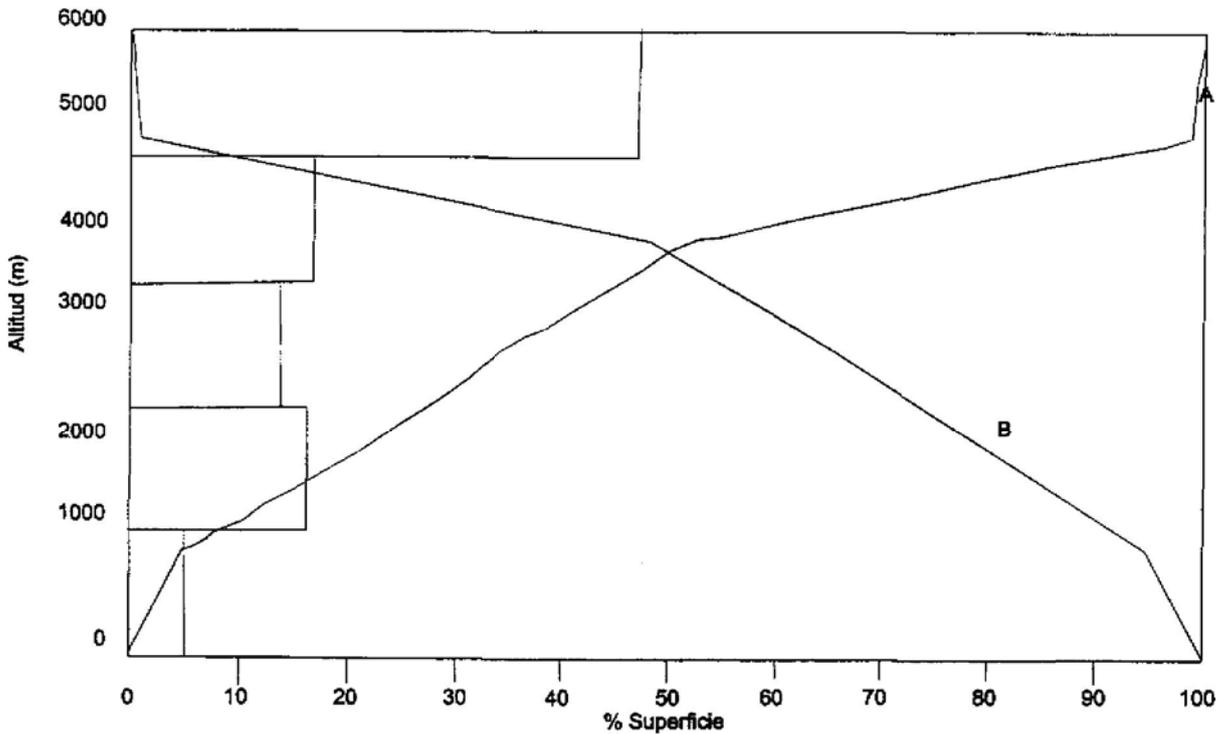
COTAS		LONGITUD PARCIAL	DIFERENCIA DE NIVEL	PENDIENTE PARCIAL
		(Km)	(m)	(%)
0,00	1000,00	63,50	1000,00	1,57
1000,00	2000,00	62,20	1000,00	1,61
2000,00	3000,00	38,00	1000,00	2,63
3000,00	4000,00	49,00	1000,00	2,04
4000,00	4750,00	96,00	750,00	0,78
		308,70		

lc = 1,54 %

Rectángulo equivalente de la cuenca de los ríos Sihuas y Vitor



Curva Hisométrica y Polígono de frecuencia de altitudes Cuenca de los ríos Sihuas-Vitor



A: Debajo de la altitud
B: Sobre la altitud

Gráfico N° 8

5.0 HIDROLOGÍA E HIDROQUÍMICA

El sistema hidrográfico de los ríos Quilca, Sihuas y Vítor, tiene su origen en una serie de pequeñas lagunas ubicadas en las partes altas de la cuenca, alimentadas por las precipitaciones estacionales y por el deshielo de los nevados al Norte de la cuenca (nevados Ampato y Sabancaya). Estos caudales han dado origen, al Oeste, al río Sihuas, al centro de la cuenca, al río Yura y por el Este a los ríos Sumbay y Blanco. Estos dos últimos, aguas abajo de la Qda. Jatumalca, dan origen al río Chili. El río Chili, por la margen izquierda recibe las aguas del río Mollebaya y en su confluencia por la margen derecha, con el río Yura, da origen al río Vítor, el cual en su confluencia con el río Sihuas, origina el río Quilca.

La longitud de este sistema hidrográfico es de 309 km, con una pendiente aproximada de 1.54%.

El sistema hidrográfico de la cuenca está formado por dos redes hidrográficas (ríos Sihuas y Vítor) que se unen en las cercanías del litoral, la que le hace peculiar a las demás cuencas de la costa. Son de fondo profundo y quebrado, de regular pendiente y estrechos cañones; los terrenos muestran un descenso sostenido y rápido del nivel de cumbres hacia el Océano Pacífico. En la parte inferior del valle y como consecuencia del cambio brusco de pendiente, se ha formado un pequeño cono de deyección.

El río Sumbay nace cerca de Imata (río Chili), en la confluencia con la Qda. Piscamayo, toma el nombre de río Sumbay. En su recorrido recibe afluentes como el río Chaupichimpamayo (formado por los ríos Capillaune y Challahuanca).

El río Blanco nace al Norte y cerca del Volcán Ubinas y tiene como afluentes a los ríos Oco Grande, Tarí, Pati, Yanamayo, Collpamayo, Pasto Grande y Apacheta.

El río Mollebaya nace en las faldas occidentales del volcán Pichu Pichu y tiene como afluentes a los ríos Yarabamba y Andamayo; éste último nace en las cercanías de la laguna de Salinas y pasa por el pueblo de Chiguata, confluye con el río Paucarpata y desemboca en el río Mollebaya a la altura de Huasacache.

5.1 Caudales

El análisis del comportamiento hidrológico de la cuenca, se basa en los registros de descargas de la estación de aforos de Charcani sobre el río Chili, utilizando la información proporcionada por el SENAMHI, ONERN y la consignada en algunas tesis universitarias.

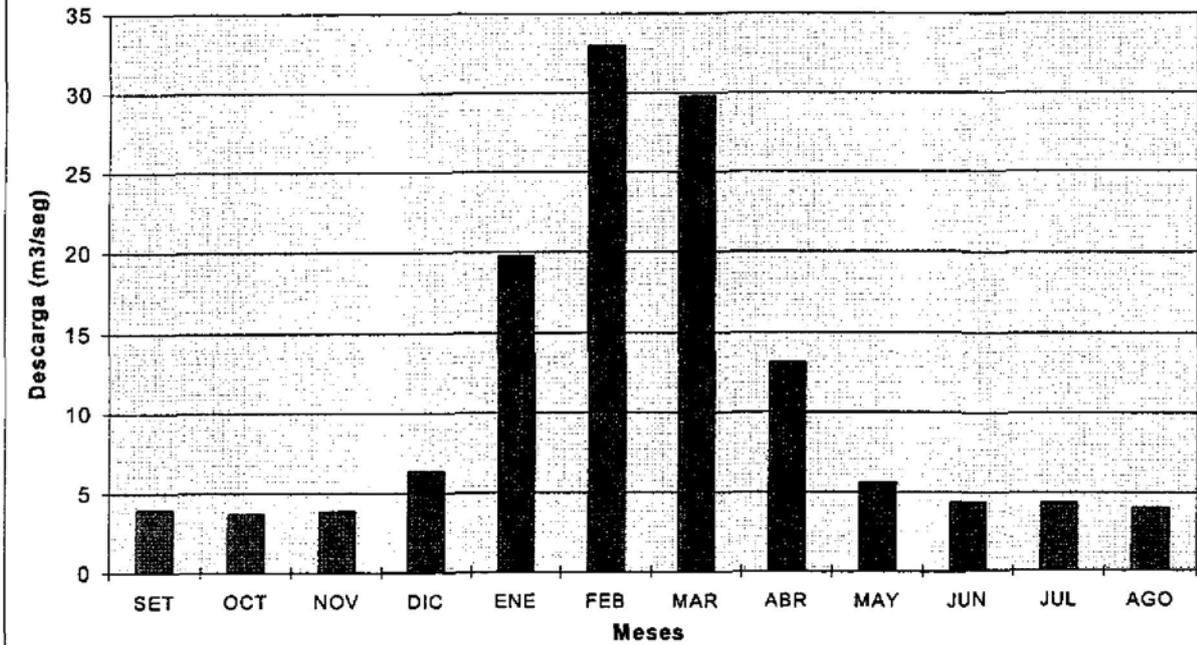
La estación de aforos de Charcani se encuentra ubicada en la cabecera del valle del río Chili y controla un área de aproximadamente 4 145 km², que representa el 32% del área total de la cuenca, porque existe una apreciable porción de cuenca no controlada por la estación y que conforma las nacientes de los ríos Andamayo, Yura y Sihuas.

El escurrimiento superficial de los ríos Quilca, Vítor y Sihuas, se origina en las precipitaciones que ocurren en su cuenca alta, concentrada en los meses de diciembre a marzo; los deshielos de los nevados en la cuenca no representan aportes significativos y tienen muy poco aporte en el escurrimiento, ya que son bastante escasos. El área de los nevados cubre una extensión aproximada de 20 km², circunscribiéndose solo al nevados Ampato-Sabancaya.

El análisis es realizado en base a los resultados de descargas media mensuales reconstituidas (correcciones por derivaciones y regulaciones) del río Chili controladas durante el período de 1923-1924 hasta 1987-88 con un lapsus entre 1931-1936.

El volumen promedio anual descargado por el río Chili es de 380,32 millones de m³, con un promedio mensual anual de 12.23 m³/seg. Los años con mayor volumen fueron 1973/74 y 1974/75 y los menor volumen fueron 1939/40, 1949/50 y 1958/59. El rendimiento medio anual de la cuenca es bajo

**Descarga Promedio Mensual
Estación Charcani (Período 1923/88)**



**Volumen de Descarga Promedio Anual
Estación Charcani (1923/88)**

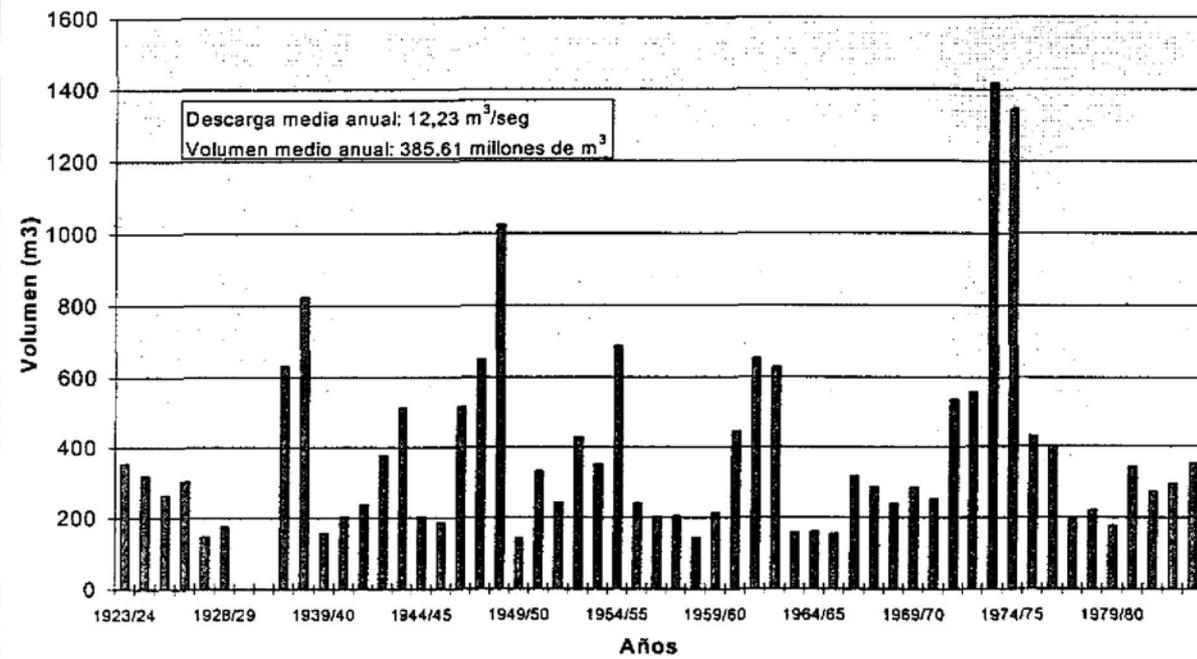


Gráfico N° 9

Cuenca de los ríos Quilca - Sihuas - Vitor tendencia de caudales

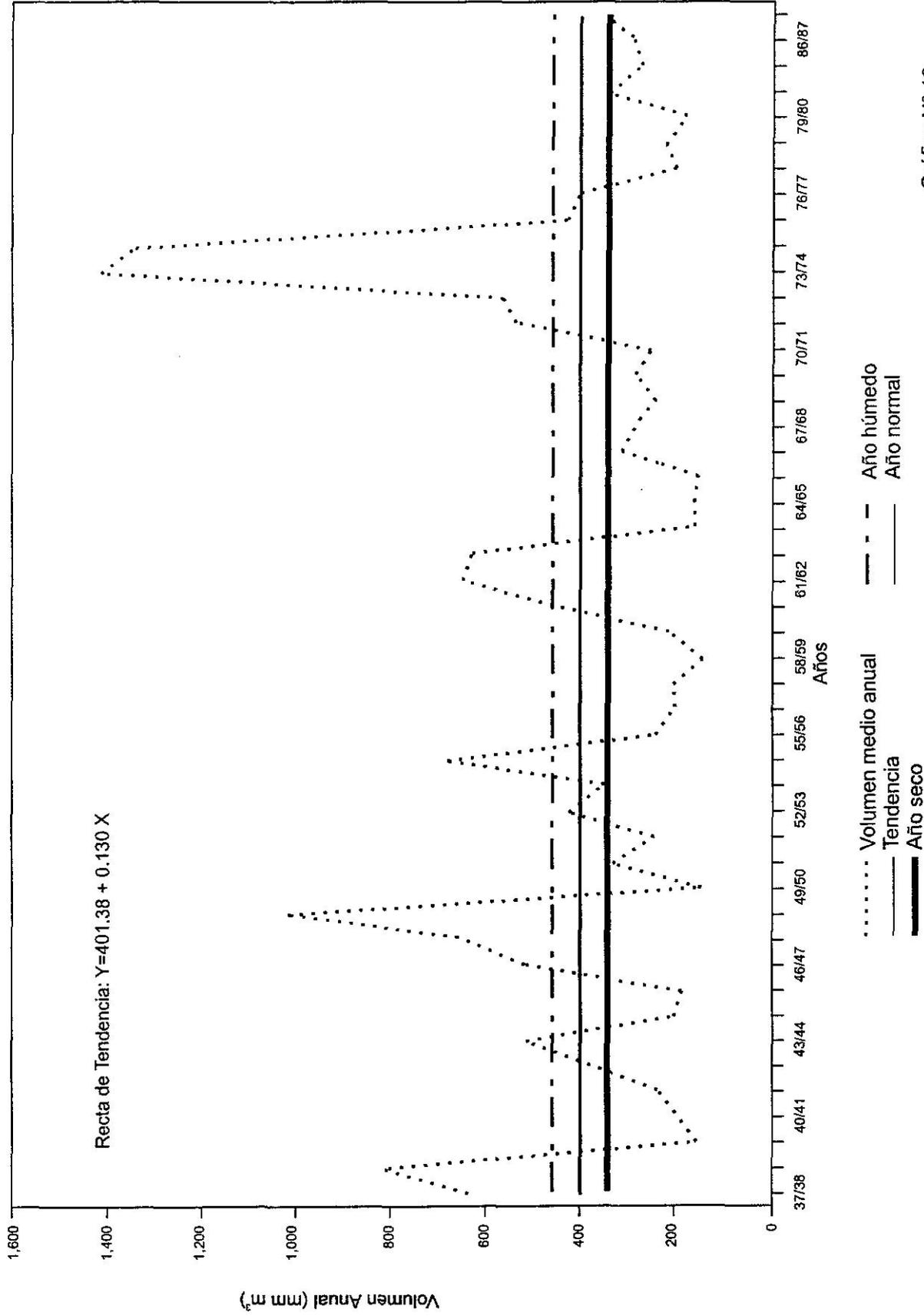


Gráfico N° 10

(86,200 m³/km²) en comparación con las cuencas del río Colca (233,550 m³/km²) y Tambo (134,480 m³/km²), esto se debería principalmente a las escasas precipitaciones en la cuenca alta como consecuencia de su peculiar morfología.

En el Gráfico N° 9, se presentan los histogramas de los volúmenes de descargas promedio anuales y la descarga mensual promedio.

5.2 Tendencias

En el Gráfico N° 10 se presenta la tendencia de las descargas promedio anuales, el cual nos indica que podríamos tener años húmedos extremos entre 1996 y 1998.

Hidroquímica (problemas de salinidad)

Como parte de los trabajos ejecutados, se han tomado medidas de pH, conductividad eléctrica y temperatura de las aguas y efectuado el muestreo de las aguas de la red de drenaje del río Quilca-Sihuas-Vítor, en dos épocas, la primera en el mes de abril donde se tomaron 9 muestras y la segunda en el mes de noviembre en donde se han tomado 36 muestras de estaciones estratégicamente ubicadas.

Asimismo en los sectores Quilca, Uchumayo-Boyadero (río Vítor) y Lucilla-Higueretas (río Sihuas), se han tomado 4 muestras de suelos donde se encontró la presencia de sales aflorantes.

Los análisis físicoquímicos de aguas y suelos se han realizado en los Laboratorios de INGEMMET y los resultados se muestran en los Cuadros 11A y 11B. Mapa N° 5

Resultados

Los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras de agua nos han permitido determinar lo siguiente:

- Las familias de aguas predominantes en la cuenca son del tipo cloruradas sódicas a sulfatadas sódicas con algunas carbonatadas a bicarbonatadas cálcicas.
 - En la cuenca del río Chili las aguas son predominantemente de la familia sulfatada sódica.
 - En el área de la ciudad de Arequipa predominan las aguas de las familias bicarbonatadas cálcicas a cloruradas sódicas.
 - En el sector del río Vítor varían de sulfatadas sódicas a cloruradas sódicas.
 - En la cuenca alta del río sihuas las aguas son carbonatadas cálcicas a sulfatadas cálcicas y en la zona baja hasta su confluencia con el río Vítor, cloruradas sódicas.
 - En el sector del río Quilca las aguas son cloruradas sódicas.
- De acuerdo al pH de las aguas se puede deducir que todas varían de neutras (7.1) a ligeramente o muy alcalinas (7.1 a 10).
- En el río Vítor, en los sectores de Yura a Sotillo y de Sotillo a Boyadero, se han encontrado valores de temperaturas en las aguas que varían entre 20° a 26°C y 26° a 28°C respectivamente, lo que nos estaría indicando que estas aguas son alimentadas por manantiales que podrían estar relacionados a una actividad hidrotermal asociada a una cámara magmática en profundidad.
- Valores anómalos de los aniones sulfato y cloruro se han observado en la zona donde los ríos Vítor y Sihuas cortan las pampas del mismo nombre, igual sucede con los cationes calcio y sodio y en menor proporción el magnesio.
- En la zona circundante a la ciudad de Arequipa se han encontrado valores anómalos de aluminio y hierro que sobrepasan los valores admisibles de las normas técnicas peruanas, asimismo se han encontrado valores altos de aluminio y ligeramente de hierro en las muestras de aguas del valle del río Sihuas tomadas desde sus nacientes hasta la zona de Santa Isabel de Sihuas.

CUADRO N° 11 A
CUENCA DE LOS RÍOS QUILCA-SIHUAS-VÍTOR
RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUAS

SECTOR	No. DE MUESTRA Y LUGAR	CODIGO MUESTRA	C.E. µS/cm	TDS (mg/l)	PH	T° (° C)	ANIONES (mg/l)					CATIONES (mg/l)				ELEMENTOS TRAZA (mg/l)					FAMILIA QUÍMICA		
							Cl-	NO3	CO3	HCO3	SO4	PO4	Na	K	Ca	Mg	Li	Sr	Fe	Al		Pb	As
RÍO CHILI	1 Chapi Chico- Río Chili	A1			6,5		18,0	2,6		54,2	22,8		13,5	2,5	15,0	4,8	0,02	0,12	0,14	0,29	<0,01	0,006	HCO3.Ca
	2 La Chilina, entrada al Casino Militar,	A2	200	150	7,0	16,0	46,9	0,94	26,8	4,8	33,1	< 0,1	27,0	5,5	22,5	6,7	0,05	0,20	0,70	1,223	0,01	0,006	Cl.Na
	3 Variante Uchumayo Pte. San Isidro	A3(2)	300	160	10,0	18,0	58,6	1,37	34,1	2,4	36,6	<0,1	30,0	22,0	22,0	6,7	0,05	0,1	0,3	0,14	<0,002	<0,005	Cl.Na
	5 Aguas abajo de Quishuarani (Río Chili)	A5	1200	580	8,3	25,0	190,9	1,59	122,1	12	235,1	2,15	112,0	10,5	83,0	43,4	0,19	0,4	0,1	0,02	0,003	0,024	SO4.Na
	13 Entre puentes Grau y Bolognesi (Río Chili)	A13	300	160	9,6	17,0	58,6	5,06	32,9	0,00	34,6	3,22	31,0	5,5	22,0	6,7	0,05	0,2	0,3	0,135	0,01	< 0,005	Cl.Na
	24 Puente sobre R. Chili , carr. Arequipa-Imata.	CA1	0	30	6,0	13,0	0,0	0,2	11,0	0,0	4,7	< 0,1	5,5	3,3	3,3	0,47	< 0,01	< 0,1	< 0,1	0,026	0,003	< 0,005	CO3.Na
30 Confluencia Q. Janumayo y R.Chili (sector La Calera)	CH6	100	60	6,7	22,0	5,8	1,18	2,07	0,0	9,1	< 0,1	12,0	8,9	8,9	1,63	0,02	0,1	0,3	0,113	< 0,002	0,008	SO4.Na	
RÍO VÍTOR	4 Puente Río Vítor (Panamericana Sur)	A4(2)	3500	1420	8,6	26,0	788,2	4,52	112,1	6	1015,5	< 0,1	400,0	23,0	360,0	54,4	0,25	2,9	0,2	0,064	< 0,002	0,022	SO4.Na
	7 Establo Sta. Fortunata Río Vítor	A7	2300	1220	8,4	20,0	635,8	6,5	109,7	20,4	456,0	4,53	280,0	12,0	180,0	41,3	0,20	2,3	<0,1	0,014	<0,002	<0,005	Cl.Na
	8 Filtraciones agua de regadío	A8	5700	3230	8,0	24,0	1146,0	33,0	70,7	10,8	2503,0	< 0,1	1100,0	165,0	580,0	46,0	0,23	5,7	0,1	0,038	<0,002	0,021	SO4.Na
	31 La Cosío (río Vítor)	J1	14600	8670	8,0	28,0	7409	344,1	36,3	0	1637	2,5	1960	43	1800	315	0,79	10,7	0,2	0,084	<0,002	0,024	Cl.Na
	32 Fundo Los Reyes (R. Vítor)	J2	4100	2080	8,5	28,0	999,4	8,07	60,5	15,6	1176,2	0,22	500,0	27,0	410,0	71,0	0,31	4,1	0,1	0,021	< 0,002	0,124	SO4.Na
33 Boyadero, Río Vítor.	M1(2)	11100	6250	8,2	25,0	5161,1	170,1	60,7	6,0	1354,1	1,5	1300,0	44,0	1400,0	224,0	0,55	10,4	0,3	0,157	0,003	0,021	Cl.Ca	
RÍO YURA	6 R. Yura, sector Palca	A6	900	410	9,2	23,0	195,9	0,34	113,4	21,6	50,8	0,69	140,0	13,0	50,0	21,5	0,14	0,4	0,1	0,025	<0,002	0,003	Cl.Na
	9 Puente sobre Río Yura Carretera Yura-Huanca	A9	700	380	9,1	20,0	143,1	1,27	103,6	15,6	40,3	< 0,1	120,0	12,5	36,0	17,0	0,12	0,2	0,1	0,04	0,003	0,008	Cl.Na
RÍO SIHUAS	10 Pte. Louis Vasco, Río Pidurijana	A10	1100	130	8,7	17,0	107,9	2,76	85,3	29,7	331,4	1,53	76,0	23,0	98,0	50,5	0,09	0,7	0,4	0,364	0,004	0,023	SO4.Ca
	11 Q. Taya (canal de Irrigación de Taya)	A11	100	90	8,5	17,0	0,0	1,88	45,8	0,0	28,2	3,3	16,0	6,5	21,3	7,0	<0,01	0,1	3,7	2,812	0,004	0,011	CO3.Ca
	12 Pte. sobre Río Lihualla Carretera Yura-Huanca	A12	300	190	8,4	16,0	0,00	0,99	81,7	17,9	25,7	<0,1	21,0	42,5	42,5	11,1	<0,01	0,2	0,1	0,053	< 0,002	0,011	CO3.Ca
	14 Tambillo, R. Sihuas Pte. Panamericana Sur	AP1(2)	1600	700	8,0	24,0	336,7	0,1	157,7	18,0	215,8	2,18	140,0	18	130,0	38,0	0,1	1,2	0,1	0,027	< 0,002	0,012	Cl.Na
	15 La Ramada, R. Sihuas	AP2(2)	2700	1330	7,9	20,0	747,2	1,08	147,5	22,8	475,0	0,06	280,0	23,0	255,0	68,8	0,1	2,2	0,1	0,022	< 0,002	0,018	Cl.Na
	16 Canal Santa Rita (Km. 5+416)	AP3	800	380	8,7	17,0	166,6	0,73	76,0	7,2	91,1	< 0,1	140,0	9,0	67,0	13,8	0,13	0,8	0,5	0,673	0,004	0,031	Cl.Na
	17 Vado en trocha carroz. Quilcapampa-Huarangal	AP4	700	410	8,6	22,0	178,0	< 0,1	65,8	9,6	92,0	< 0,1	100,0	9,5	63,0	13,2	0,15	0,8	0,3	0,206	< 0,002	0,025	Cl.Na
	18 Aguas arriba Q. Cacharma (vado río Sihuas)	AP5	600	340	8,6	17,0	160,7	0,4	52,4	3,6	77,3	< 0,1	120,0	8,0	247,5	13,0	0,16	0,7	0,6	1,52	0,004	0,023	Cl.Ca
RÍO QUILCA	34 Cerca a desembocadura del R. Quilca	M2(2)	9900	5060	7,8		3654,0	118,0	45,8	0,0	1210,0	0,1	1080,0	41,0	1075,0	215,0	0,44	8,6	0,2	0,069	0,003	0,009	Cl.Na
	35 Desembocadura Río Quilca (sector Pueblo Nuevo)	M3	9500	4890	8,0		3843,9	131,5	52,2	7,2	1240,6	< 0,1	1000,0	43,0	987,5	185,0	0,43	7,9	0,1	0,068	0,006	0,033	Cl.Na
RÍO MOLLEBAYA	19 Vado Río Yarabamba	P3	2100	1090	8,1	26,0	504,4	< 0,1	85,3	15,6	520,8	1,55	180,0	22,5	160,0	221,0	0,08	2	0,2	0,249	0,003	0,015	SO4.Mg
	20 Qda. Mumuntayo (Puente trocha Piaca-Pocci).	P4	400	250	7,5	14,0	46,9	0,89	25,6	3,6	135,4	0,46	2,9	42,0	42,0	18,0	0,01	0,2	0,1	0,036	0,003	0,008	SO4.Ca
	26 Puente sobre R. Mollebaya (carr. Sabandia-Mollebaya)	CH2	1200	590	7,6	22,0	246,3	4,34	81,7	17,9	200,1	0,95	120,0	105,0	105,0	36,9	0,13	0,2	0,1	0,053	0,003	0,005	Cl.Na
RÍO ANDAMAYO	25 Río Andamayo (carr. Paucarpata-Characato).	CH1	1600	790	7,6	24,0	410,5	2,36	84,1	19,2	222,8	1,19	200,0	90,0	90,0	40,4	0,6	0,7	0,1	0,03	0,003	0,016	Cl.Na
	27 Puente Qda. Agua Salada Río Andamayo (Puente Chihuata)	CH3 CH4	1100 1600	550 800	8,1 8,2	25,0 23,0	175,9 400,5	0,65 2,52	146,3 58,5	22,8 14,3	107,2 230,8	0,76 2,20	80,0 200,0	4,0 31,0	5,5 65,0	0,78 27,5	< 0,01 0,03	< 0,1 0,4	0,2 0,3	0,242 0,147	0,003 0,003	< 0,005 0,008	Cl.Na Cl.Na
RÍO BLANCO	21 Qda. Tungapujo (bocatoma canal de Irrigac. Taya)	CHI1(2)	100	60	7,4	16,0	0,0	1,7	18,3	0,0	18,7	1,25							4,2	1,054	< 0,02		
	22 Canal Tanya (25 m. aguas abajo de bocatoma).	CHI2	100	80	7,2	20,0	0,0	0,85	32,9	0,0	21,8	0,49	11,5	6,0	12,8	5,0	0,02	< 0,1	0,4	1,361	0,005	0,016	CO3.Ca
	23 Nacientes R. Aycata (cerro Chucura).	CHI3	0	20	7,1	7,0	0,0	1,72	7,3	0,0	2,7	< 0,1	120,0	62,0	63,0	41,4	0,17	0,4	0,2	0,227	0,007	< 0,005	CO3.Na
	29 Vado sobre Río Blanco (Trocha Turicane-El Frayle)	CH5	700	340	7,3	19,0	58,6	0,25	68,3	4,8	158,8	0,42	80,0	26,3	66,0	16,7	0,1	0,6	1,7	1,224	< 0,002	< 0,002	SO4.Na
NORMAS TÉCNICAS PERUANAS			VALOR MÁXIMO RECOMENDABLE			6,5-8,5	250	—	—	—	250	—	—	75	30	—	—	—	0,3	—	—	—	—
			VALOR MÁXIMO ADMISIBLE			—	600	45	—	—	400	—	100	—	—	—	—	—	—	0,2	0,05	0,05	—

Los resultados de las muestras de suelos de las pampas de Vítor y Sihuas demuestran:

- Un alto contenido de sulfatos en los suelos, principalmente de calcio.
- Una menor concentración de carbonatos y nitratos.

El alto contenido de estas sales y minerales se debe a las inclusiones de costras duras de yeso y contenido de carbonatos libre en los suelos y el uso intensivo de fertilizantes como la urea, para mejorar el rendimiento de ellos.

Uso de las Aguas

De acuerdo a las normas técnicas peruanas, la mayoría de las aguas no son aptas para su uso doméstico por lo que su uso debe hacerse previo tratamiento en la mayoría de los casos, cabe mencionar que los resultados de los análisis de las muestras ubicadas en áreas aledañas a Arequipa arrojan resultados aceptables con excepción de las que provienen del río Mollebaya.

Para uso industrial la mayoría de las muestras arrojan valores que se podrían considerar aceptables según las normas técnicas peruanas.

Para uso agrícola las aguas sobre todo en la parte baja de la cuenca se pueden considerar como mediocres debido a su alto contenido de los aniones cloro y sulfato y sus cationes sodio y calcio-magnesio.

Conclusiones

De la evaluación de los resultados obtenidos en Laboratorio y las observaciones de campo se puede concluir lo siguiente:

- Que, las costras de sales que se distinguen sobre los suelos de cultivo de Quilca que se encuentran a un nivel inferior a las pampas de Vítor y Sihuas, son el producto del lavado de los suelos de las partes altas por infiltración de las aguas de regadío de estas pampas. Asimismo, el sistema de regadío que se emplea en Quilca (superficial por inundación), permite que las aguas al acumularse tiendan rápidamente a evaporarse por estar en una zona de intensa insolación,

precipitándose así costras de sales en superficie; las que progresivamente van dañando los terrenos de cultivo si no se efectúan los tratamientos correctivos pertinentes en los suelos agrícolas, como sería cambiar el sistema de riego que podría ser por goteo o aspersión, usar aditivos para los suelos y el agua, efectuar una labranza profunda o riegos antes de la siembra.

Que, las aguas termales existentes en el Sector de Sotillo-Boyadero en el valle del río Vítor pueden estar asociadas a un sistema hidrotermal lo que se manifiesta por el incremento de la temperatura de las aguas del río a 28°C en el sector y por su alto contenido de sales. Esta salinidad sin embargo, se considera de mucho menor importancia en el efecto de salinización de las tierras de cultivo en la cuenca baja.

- Que, la minería en la cuenca no ocasiona ningún tipo de contaminación sobre todo en las aguas de los ríos.

CUADRO N° 11B

RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

CÓDIGO MUESTRA		Nitratos (ppm)	Sulfatos (%)	Carbonatos (ppm)
MM1	Santa Rita de Sihuas	26,5	51,9	8,4
MM2	Pampa de Sihuas	< 0.1	46,46	9,6
AM1	Filtraciones debajo de la Base Aérea de Vítor	15,1	30,96	10,7
M1	Sobre Boyadero	< 0.1	39,8	8,4

6.0 MANEJO DE RECURSOS NATURALES

6.1 Recursos Hídricos

Arequipa ha alcanzado un alto grado de desarrollo, en los aspectos urbano, industrial y agrícola (valles del Chili, Vítor, Irrigación de la Joya y San José), teniendo la necesidad de aprovechar en forma intensiva los recursos hídricos disponibles en la región.

El sistema de aprovechamiento es alimentado en forma mayoritaria por los recursos hídricos pertenecientes a la cuenca de los ríos Quilca, Sihuas y Vítor, complementándose con las derivaciones provenientes de la cuenca alta del río Colca. Cuenta con tres reservorios que suman una capacidad de regulación de aproximadamente 340 millones de m³, además de un canal colector derivador de 68 km de longitud; dos reservorios: El Frayle con 200 millones de m³ (no trabaja a plenitud) y Aguada Blanca (45 millones de m³) y el reservorio de Pañe (95 millones de m³), en la cuenca del río Colca. El sistema intenta cubrir las demandas agrícolas y el sector energía con cinco centrales hidroeléctricas escalonadas (Charcani I, II, III, IV, V), estando el sistema en la actualidad en una situación deficitaria, necesitando nuevas obras para aumentar el recurso hídrico disponible.

Existe también una cuenca cerrada de aproximadamente 642 km², concentrada en la laguna Salinas; que está derivada actualmente, con fines de riego, hacia el río Andamayo.

Los valles de Vítor y Quilca reciben aportes adicionales del río Chili con derivaciones aguas abajo de Charcani; así como el valle de Sihuas servido en su totalidad con los aportes del río del mismo nombre; éste, recibe los aportes de los deshielos del nevado Ampato-Sabancaya.

6.2 Actividades extractivas

La cuenca de los ríos Quilca, Sihuas y Vítor cuenta, dentro de sus recursos minerales, con depositos metálicos y no metálicos. Algunos de los cuales constituyen importantes centros de producción y generación de fuentes de trabajo en la cuenca y en el departamento de Arequipa.

Depósitos Metálicos: Los yacimientos metálicos están constituidos principalmente de minerales de cobre emplazados en estructuras del tipo relleno de fisuras, chimenea de brecha y depósitos de cobre diseminados. Destacan los yacimientos ubicados hacia la parte nor-oriental del cuadrángulo de La Joya donde se ubican las minas Cerro Verde y Rescate. La mineralización está asociada con un stock ácido intruído en el límite entre el gneis y la granodiorita Yarabamba, siendo los minerales de mena la calcopirita y calcosita.

Depósitos No Metálicos: En el área de la cuenca se encuentran depósitos de sal común, nitratos y boratos, yeso, caliza, mármol y travertino; carbón, sillar, rocas intrusivas, arenas, gravas y piroclastos; finalmente aguas termales. A excepción de los boratos, nitratos y carbón, los otros son de alto valor comercial.

Sal Común: Observada en la laguna Salinas ubicada al NO del volcán Pichu-Pichu en el cuadrangulo de Characato y en la zona comprendida entre los valles de Sihuas y Majes en el cuadrángulo de Mollendo; los depósitos están constituidos por capas de sal de espesor variable y cubiertos por un manto blanco de sulfatos de soda.

Boratos y Nitratos: Depósitos de boratos están localizados en la misma cuenca cerrada de la laguna Salinas, cuya explotación se encuentra paralizada desde hace varios años; existe también depósitos de nitratos ubicados entre los valles de Sihuas y Majes presentándose como eflorescencias cubiertas parcialmente por arenas eólicas.

Yeso: Observable en Cincha y Ojuli en el cuadrángulo de Arequipa, estos depósitos tienen variaciones en sus potencias alcanzando en Ojuli un espesor de 100 m. También se encuentran en el lugar denominado La Calera, al SE de la estación de Cañahuas en el cuadrángulo de Characato siendo de escaso valor comercial. El mayor porcentaje extraído de yeso en Ojuli y Cincha es utilizado como retardador de cemento Portland en la fábrica de Cementos Yura.

Caliza, Mármol y Travertino: La principal producción de caliza se encuentra en Yura a 30 km de la cantera Ojuli; los depósitos de mármol se ubican 5 km al sur de Yura y los de travertino en La Calera, 3 km al NO de Yura, ambos en el cuadrángulo de Arequipa. Estos depósitos son explotados para la obtención de cal, elaboración de cemento Portland (Fábrica de Cementos Yura) o para su empleo como piedras ornamentales.

Otros depósitos existen entre la localidad de Tambo de Ají y la laguna Salinas en el cuadrángulo de Characato.

Carbón: Ubicado aproximadamente a 2 km al norte del pueblo de Murco en el cuadrángulo de Arequipa. Los mantos son delgados de 10 a 40 cm de espesor, lenticulares y discontinuos, gradando hacia las capas de lutitas carbonosas y en muchas partes del área están cubiertos o escasamente expuestos.

Sillar (Tobas de la Formación Senca): Es la roca volcánica de mayor demanda en Arequipa, la cual es empleada como material de construcción y como piedra ornamental. Su mayor fuente de producción está en la quebrada Añashuayco situada entre Uchumayo y Arequipa, extrayéndose también de pequeñas canteras en Yura, de las laderas del volcán Misti cerca al distrito de Miraflores y en la Pampa Alto Cural al norte del aeropuerto de Arequipa.

Rocas Intrusivas: Algunas rocas intrusivas pueden emplearse en construcciones por su fácil extracción debido a su junturamiento en bloques, existiendo canteras en la granodiorita de San Ignacio y en las rocas del Grupo Vítor, principalmente en la monzonita cuarcífera.

Arenas, gravas y piroclastos: Los principales depósitos de arenas y gravas se hallan en las torrenteras ubicadas entre el distrito de Miraflores y los Baños de Jesús, en las quebradas de las pampas de Vítor y en los cauces de los principales ríos y quebradas secas, son utilizadas en la preparación de hormigón y como material de relleno para canteras.

Los depósitos piroclásticos por su alto contenido de pómez lapillítico son aprovechados como agregados livianos en la preparación de hormigón aligerado. Se extraen de la falda SO del nevado Chachani, los que bajan hasta Acequia Alta, cerca al Aeropuerto.

En el Mapa N° 4, se presentan los principales yacimientos y prospectos metálicos y no metálicos que se encuentran en la cuenca; de acuerdo a la informa-

ción proporcionada por el Ministerio de Energía y Minas, Banco Minero del Perú e INGEMMET.

Aguas Termales: En el área de la cuenca se encuentran importantes fuentes termales como los Baños de Jesús en Arequipa y otras que brotan en Yura, La Calera y Socosani, éstas se aprovechan en baños termomedicinales y en la fabricación de bebidas gaseosas.

6.3 Vías de comunicación

Los sistemas de transporte en la cuenca de los ríos Quilca, Sihuas y Vftor, son: Carretera (Panamericana Sur, Arequipa-Cuzco, Arequipa-Puno y red vial interna), marítimo (puertos de Matarani y Mollendo, caleta de Quilca), aéreo (Aeropuerto "Rodríguez Ballón") y ferrocarril (Mollendo - Matarani - Arequipa - Cusco - Puno).

El transporte carretero es el de mayor importancia en la cuenca, siendo el más utilizado para la movilización de carga y pasajeros entre los centros de producción y los de consumo, así como el transporte permanente entre las cuencas Quilca-Sihuas-Vftor, Tambo y Camana-Majes y la Capital de la República u otras ciudades importantes del Sur del país.

El transporte carretero ha alcanzado mayor desarrollo en los valles de Sihuas, Vftor y Chili, pero las carreteras de penetración hacia Puno, Cusco, al valle del Colca y el paso obligado a los centros mineros de Tintaya, Arcata, Orcopampa y Caylloma; son los de mayor importancia.

La distribución física y el estado de las vías internas no están de acuerdo con los requerimientos actuales de transporte, siendo necesario su mejoramiento.

A continuación describimos los principales tramos carreteros en la cuenca considerando sus características ingeniero-geológicas y su clasificación de acuerdo a sus condiciones según la Tabla N° 1 (al final de este capítulo) proporcionada por el Banco Mundial.

Esperamos que con estos datos las autoridades competentes procedan a planificar la rehabilitación de las carreteras y trochas carrozables en la cuenca.

Carretera Panamericana (San Juan de Sihuas)- Santa Isabel de Sihuas (Valle del Río Sihuas)

Trocha carrozable MAC, de 7,0 km de recorrido, discurre por el valle del río Sihuas, sobre depósitos aluviales y una zona urbana en los primeros tramos. Luego corta a conglomerados y areniscas con taludes naturales (TN) de 11° algo inestables; los taludes de corte (TC) por sectores presentan inestabilidad.

Puente Carretera Panamericana-Lluclla (Valle del Río Sihuas)

Longitud de 27.09 km, presenta las siguientes características:

- Km 0+000-20+100: Trocha carrozable MAC, corta arenas arcillosas, conglomerados (F. Moquegua) y depósitos aluviales, así como terrenos de cultivo en algunos sectores. Taludes naturales (TN) al igual que los de corte inestables por sectores: *desprendimientos de rocas y derrumbes*. Con pendientes entre 16° y 22° . Algunas quebradas pueden traer flujos de barro en épocas de lluvias excepcionales.
 - Km 8+050: Tintin
 - Km 10+840: Sónдор
 - Km 11+070: Quilcapampa
- 20 + 100 - 20 + 510: Depósitos fluviales y terrenos de cultivo.
- 20 + 510 - 27 + 210: Depósitos aluviales y proluviales, TN: Con pendientes de 25° son estables, con algunos inestables que presentan desprendimientos de roca y derrumbes; los taludes de corte (TC) son inestables por sectores: derrumbes. En el tramo se encuentran quebradas que podrían traer huaycos en épocas de lluvias excepcionales.
 - Km 23+510: Pitay
 - Km 27+090: Zona de huaycos, los taludes naturales se hacen más inestables ocasionando derrumbes y desprendimientos de roca.

Carretera La Joya-Arequipa (antigua Carretera Panamericana)

Carretera afirmada MAC, de 43.3 km de longitud, presenta las siguientes características:

- Los primeros 1 + 100 km pertenecen a la zona urbana de la La Joya.
- 1 + 100-2460: Discurre sobre depósitos proluviales, de suave pendiente, TN estables. Zona utilizada por La Joya como depósito de basura. La carretera discurre paralela a la línea del ferrocarril.
- 2 + 460-3 + 100: En este sector corta depósitos proluviales; TN con desprendimiento de rocas por sectores; TC con derrumbes y desprendimiento de roca. Sector Pozo Blanco.
- 3 + 200-14 + 230: La carretera corta rocas intrusivas, depósitos proluviales y coluviales por sectores. TN y TC: con desprendimientos de roca por sectores y algunos derrumbes en los TC. Los taludes de corte y naturales en los depósitos proluviales son estables.
 - Km 7 + 000: Derrumbes y desprendimiento de rocas ZONA CRITICA
 - Km 13 + 700: Derrumbes y desprendimientos de roca ZONA CRITICA.
 - Km 14 + 000: Puente colgante sobre el río Chili, de estructura metálica y loza de madera. En buenas condiciones, pero necesita mantenimiento. De 3,50 m de ancho, 46,50 m de largo y 80,00 m de luz
- 14 + 230-16 + 000: La carretera corta rocas volcánicas (tobas). TN y TC inestables, derrumbes y desprendimientos de roca.
- 16 + 000-26 + 350: En este sector corta rocas tobáceas, así como depósitos coluviales y proluviales. La carretera discurre por una superficie de lomadas. TN estables con presencia de mantos de arena. TC inestables por sectores.

- Km 24 + 760: Puente sobre la Qda. Apacheta. Puente apoyado sobre dos vigas de acero, con loza de concreto. De 3,60 m de ancho, 12,0 m de largo y 20,0 m de luz. Estable
- 26 + 350-29 + 300: En este sector la carretera corta depósitos aluviales y proluviales, tobas por tramos. TC inestables por sectores con pequeños derrumbes.
- 29 + 300 - 43 + 300: Discurre cortando tobas, con TC y TN estables y depósitos aluviales y coluviales con TC y TN inestables por sectores (Qda. río Seco).
- Km 36 + 600 Se ubica el río Seco. Se ha rellenado el cauce para el paso vehicular, con materiales inconsolidados de más de 40 m de alto y que podría originar represamientos con lluvias excepcionales.

Al fin del tramo se encuentra la cantera de sillar Alto Cural.

Carretera Arequipa-Yura-Huanca

TRAMO: AV. ELIAS BALLÓN (ALA AÉREA N°3 FAP) - YURA:

Carretera asfaltada BC, de 19.5 km con las siguientes características.

- 0 + 000 - 2 + 100: Zona urbana. Corta depósitos coluviales y aluvio-proluviales (antiguos lahars). TN y TC estables
- 2 + 100 - 9 + 740: Carretera corta depósitos aluvio-proluviales y tobas por sectores. Zona de pueblos jóvenes. TN estables. La carretera se ve afectada por una torrentera que ha sido rellenada totalmente para facilitar el paso del tren y la carretera, posibles represamientos en épocas de lluvias excepcionales.
 - Km:2 + 760: Puente Av. Elías Ballón, de concreto armado, con pilar central, estable. De 7,20 m de ancho de vía y dos bermas laterales de 0,60 m c/u, 42,40 m de largo y 30,0 m de luz.
 - Km:8 + 290: Puente de loza y estribos de concreto. Con 8,0 m de ancho, dos bermas laterales de 0,70 m corta rocas volcánicas, largo

de 11,40 m y una luz de 6,30 m. Se recomienda proteger los estribos, Qda. puede traer flujos de barro.

- 9+740 - 13+200: Corta depósitos proluviales (lahars antiguos) y rocas volcánicas oscuras. TN de 45°, con desprendimientos de roca y TC con derrumbes por sectores.
- 13+200 - 15+210: Corta depósitos proluviales, de suave pendiente, con TN y TC estables. Al final del tramo la carretera corta rocas volcánicas y está disectada por pequeñas torrenteras, presentando TN: con problemas de desprendimiento de rocas y TC con derrumbes por sectores.
- 15+210 - 15+390: Quebrada Honda; se atraviesa por medio de una batería de alcantarillas tipo Armco. Corte cerrado en carretera.
- 15+390 - 19+500: Carretera corta rocas tobáceas y por sectores discurre en corte cerrado sobre depósitos aluvio-proluviales. TN ± estables y TC estables. Instalaciones de la fábrica de Cementos Yura.

TRAMO YURA-HUANCA

Carretera afirmada MC, de 69.62 km de longitud, con las siguientes características:

- 0+000 - 3+100: Carretera afirmada MC, corta depósitos proluviales y tobas. Con TN estables y TC inestables por sectores. Sector La Calera
- 3+100 - 9+900: La carretera corta rocas sedimentarias: areniscas y lutitas carbonosas muy fracturadas y depósitos proluviales. TN ± estables, con pendientes entre 20° a 35° y TC inestables por sectores: derrumbes. Existen quebradas que podrían traer flujos en épocas de lluvias excepcionales.
 - Km: 5+400: Puente sobre el río Yura, de concreto armado, loza y estribos de concreto. Estable. Con un ancho de vía de 5,10 m, dos bermas laterales de 0,85 m de ancho cada uno, 20,70 m de largo y 4,0 m de luz.

- 9 + 900 - 24 + 200: Corta depósitos proluviales, tobas, así como areniscas, lutitas y depósitos coluviales. Los TN con desprendimientos de rocas y los TC estables. También en este tramo se localizan varias Qdas con posibilidades de presentar flujos de barro (huaycos) en épocas de fuertes lluvias. Desvío a la cantera Oyuli.
- 24 + 200 - 31 + 950: Trocha carrozable MMC. Corta depósitos coluvio-proluviales, aluvio-proluviales y roca sedimentaria (areniscas y lutitas) por sectores. Con TN algo inestables, desprendimientos de roca y TC con derrumbes y desprendimientos de roca.
- 31 + 950 - 34 + 400: Tramo que corta calizas y depósitos proluviales. La trocha se encañona pudiendo ser erosionada por huaycos o flujos de barro.
- Km 32 + 850: Peligro por caída planar de bloques de caliza fracturada y desprendimientos de roca.
- 34 + 400 - 36 + 510: La trocha carrozable corta calizas y depósitos coluvio-coluviales. Con TN inestables desprendimientos de roca, cárcavas, huaycos y chorreras. TC inestables, derrumbes. Este tramo puede ser erosionado por la Qda. de Liquirca en caso de huayco.
- 36 + 510 - 47 + 000: Carretera afirmada MC. Conglomerados y depósitos proluviales por sectores. TN \pm estables: algunos desprendimientos de rocas, TC inestables por sectores: derrumbes. Sector con problemas de cárcavas, chorreras, huaycos.
- 47 + 000 - 49 + 300: Tramo que corta depósitos coluvio-proluviales, cantos, gravas, bloques y tobas. Con TN con desprendimientos de roca (lodolitas, arenas tobáceas y arcillas) y TC \pm estables. Se cruzan también algunas Qdas con posibles flujos (huaycos)
 - Km 48 + 800: Abra de Romualdo.
- 49 + 300 - 52 + 730: Tramo corta arenas tobáceas, arcillas, lodolitas estratificadas. TN \pm estables, algunos desprendimientos de rocas y TC inestables: derrumbe por sectores. Zona de cárcavas y chorreras (pequeños flujos de barro).

- 52 + 730 - 52 + 980: Tramo corta conglomerados y depósitos coluviales. TN y TC estables.
- 52 + 980 - 54 + 000: Corta depósitos coluviales y tobas. TN inestables, desprendimientos de roca; TC \pm estables: pequeños derrumbes. Al finalizar el tramo la carretera corta arenas tobáceas, arcillas estratificadas y lodolitas.
- 54 + 000 - 64 + 805: Corta conglomerados, depósitos coluviales, tobas. TN \pm estables: desprendimiento de rocas por sectores; TC: estables con algunos derrumbes. Tramo presenta carcavas y chorreras.
- 68 + 805 - 69 + 220: Corta depósitos proluviales, aluviales (lahars antiguos) y terrenos de cultivo. TN: \pm estables; TC: inestables por sectores: derrumbes por mal uso del agua de regadío.
 - Km 67 + 220: Puente sobre el río Lihuaya, de concreto armado con barandas. Vía de 4,70 m de ancho, 12,40 m de largo y 6,25 m de luz. Se recomienda controlar las filtraciones de agua en los estribos.
- 69 + 220 - 69 + 620: Zona urbana, terrenos de cultivo y depósitos aluvio-proluviales. TN y TC: estables. Huanca.

TRAMO: HUANCA - TAYA - LLUTA

Trocha carrozable MAC, de 20.12 km de longitud con las siguientes características:

- 0 + 000 (Huanca) - 1 + 295: Los primeros 500m la trocha discurre por zona urbana y terrenos cultivo y depósitos proluviales (lahars antiguos), TN: estables, TC: derrumbes por sectores.
- Km 0 + 930: Qda. Huaylluma y Pte. tipo Bayly sobre río Huaylluma, apoyado sobre un arco de mampostería, que descansa sobre estribos de concreto. Estable. Con 3,70 m de ancho de vía, de 15,50 de largo m y 40,0 m de luz.

- 1 + 295 - 5 + 110: Corta depósitos aluvio-proluviales, terreno de cultivo. TN con pendientes entre 10 y 25 estables, TC: inestables por el mal uso de aguas de regadío.
- 5 + 110 - 5 + 700: Trocha discurre cortando calizas y depósitos coluvio-proluviales. TN y TC estables.
- 5 + 115: Sector San Basilio.
- 5 + 700 - 6 + 450: Terrenos de cultivo.
- 6 + 450 - 10 + 800: Depósitos proluviales (lahars antiguos), areniscas y lutitas por sectores. TN: inestables: derrumbes y desprendimientos de roca, TC: inestables por sectores (derrumbes y desprendimientos de roca). Presencia de chorreras y cárcavas.
- Km 10 + 310: Puente País Vasco, sobre el río Pichirijna. Puente de concreto armado, descansa sobre depósitos aluviales. Proteger los estribos y ambas márgenes aguas arriba: posible erosión. Deslizamientos de gran magnitud, en ambas márgenes, pueden comprometer la seguridad del puente.
- 10 + 800 - 15 + 900: Corta areniscas, cuarcitas y lutitas muy fracturadas y falladas, así como depósitos proluviales; TN: inestables derrumbes y desprendimientos de roca; huaycos, flujos de barro. TC inestables. ZONA CRÍTICA.
- 15 + 900 - 20 + 120: Depósitos coluviales y proluviales, areniscas por sectores. Terrenos de cultivo. TN: ± estables: desprendimientos de roca; TC: inestables por el mal uso de aguas de regadío. Taya.
 - Km 16 + 000: Oda. Lisera con posibles huaycos en épocas de lluvias excepcionales.

TRAMO: TAYA-MOCCA-AMPATO

Trocha carrozable MMC de 50.1 km de longitud con las siguientes características.

- 20 + 120 - 20 + 410: Zona urbana, pueblo de Taya.
- 20 + 410 - 21 + 580: Corta depósitos aluvio-proluviales (lahars antiguos) y terrenos de cultivo. TN: estables y TC: Con derrumbes, causados por el mal uso de aguas de regadío. En el km 21 + 000 se ubica la casa de máquinas de la C.H de Taya.
- 21 + 580 - 26 + 350: La trocha corta conglomerados rojos consolidados a medianamente consolidados y depósitos aluvio-proluviales. TN \pm estables con pendientes entre 30° y 50°, desprendimientos de roca por sectores. Sector con huaycos y presencia de bloques sueltos (tobas) de hasta 1,8 m de diámetro.
- 26 + 350 - 29 + 150: Tobas y depósitos coluviales. Los TN presentan algunos desprendimientos de rocas.
- 29 + 150 - 50 + 100: Se cortan depósitos aluvio-proluviales y proluviales (lahars antiguos). TN \pm estables: desprendimientos de roca y huaycos; TC: derrumbes por sectores. Hasta el Km 35 + 950 con pendientes entre 20° y 25°. Al final del tramo se suaviza la pendiente natural, se notan también grandes bloques sueltos y bosques de quinales.

TRAMO: DESVÍO (TAYA) - LLUTA

Carretera afirmada MAC, con 19.1 km de longitud y las siguientes características:

- 0 + 000 - 1 + 200: Corta calizas muy fracturadas y depósitos aluvio-proluviales. Los TN: son inestables, ZONA CRÍTICA por deslizamientos. TC: derrumbes por sectores. Los primeros metros del tramo discurre por una Qda. que puede traer flujo en época de lluvias excepcionales.
- 1 + 200 - 1 + 600: El tramo corta depósitos proluviales y coluviales. Con suave pendiente y TN y TC estables.
- 1 + 600 - 2 + 100: Depósitos proluviales y coluviales. Zona muy inestable, cuerpo del deslizamiento (A20); TC: inestable. ZONA CRÍTICA

- 2+100 - 10+800: El tramo corta areniscas, calizas, areniscas lutáceas muy fracturadas y depósitos coluviales, proluviales y aluvio-proluviales. TN: con pendientes entre 10° y 15° , \pm estables. A partir del Km 4+040 el tramo se inestabiliza, principalmente por mal uso de aguas de regadío; tramo con TN: inestables, con pendientes entre 40° y 45° y TC: inestables, desprendimientos de roca.
- 10+800 - 17+350: La trocha corta areniscas, cuarcitas, lutitas, además de tobas y depósitos coluviales. TN: con algunos desprendimientos de roca por sectores y TC: inestables, con desprendimientos de rocas y algunos derrumbes por sectores. Al final del tramo se localizan chorreras, cárcavas y flujos de barro (huaycos).
- 17+350 - 19+100: Depósitos proluviales, terrenos de cultivo. Tramo maltratado por mal uso de aguas de regadío. Lluta.

Carretera: Arequipa-Yura-Cusco

TRAMO: YURA - CUSCO (LÍMITE DE CUENCA)

- Carretera de 104.99 km de longitud, asphaltada MAC hasta el km 11+180, continuando como carretera afirmada MAC, hasta el final del tramo; presentando las siguientes características:
- 0+000 - 24+140: Corta tobas y rocas volcánicas (lavas), depósitos proluviales. TN: \pm estables, algunos desprendimientos de rocas; TC: inestables por sectores: derrumbes.
 - Km 5+800: erosión del talud inferior de la carretera: ZONA CRÍTICA
 - Km 7+190: deslizamiento
 - Km 11+180: Fin de Carretera asphaltada. Carretera afirmada MAC
- 24+140 - 33+180: Corta depósitos de piroclastos y aluvio-proluviales (arenas, gravillas, gravas). TN algo inestables por la presencia de cárcavas y chorreras, en algunos sectores desprendimientos de rocas; TC: inestables por sectores: derrumbes.

- Km 24 + 590: Qda. Los Peñones
- 33 + 180 - 69 + 390: Depósitos proluviales y depósitos de piroclásticos (bloques y arenas). TN: estables y TC: estables, con algunos derrumbes. Tramo en mal estado. Chorreras y flujos; cunetas mal diseñadas pueden malograr este tramo.
 - Km 33 + 180: Qda. La Paccha
 - km 46 + 740: Laguna Pampablanca
 - Km 55 + 280: Cruce con antigua carretera: Arequipa-Cayma-Cusco.
 - Km 56 + 490: Patahuasi (Pampa Cañihuas)
 - Km 59 + 920: Qda. Pisacuane
 - Km 60 + 790: Cruce tren a Puno
- 69 + 390 - 78 + 390: Corta cuarcitas y lutitas, además de depósitos coluviales. Los TN con pendientes entre 10°-15°, superficie ondulada, estables; presentan cárcavas y chorreras. TC: inestables por sectores; zona de oconales.
 - Km 69 + 790: Desvío a Sumbay
 - Km 76 + 840: Viscachani Grande
 - Km 80 + 090: Cruce Chivay-Caylloma (Cusco)
- 78 + 390 - 104 + 990: Transcurre sobre depósitos fluvio-glaciares y glaciares de superficie ondulada (algunos sectores con pendientes entre 10° y 20°). TN: estables, por sectores algunos bloques sueltos: desprendimientos de roca y TC: estables, en algunos sectores inestable: derrumbes. Zona de oconales y filtraciones.
 - Km 92 + 390: Desvío a Chalhuanca
 - Km 104 + 990: Límite de Cuenca (al Cusco)

TRAMO: DESVÍO CHIVAY - LÍMITE DE CUENCA

Carretera afirmada MC, con 32.04 km de longitud, con las siguientes características:

- 0 + 000 - 20 + 620: Corta depósitos fluvio-glaciares y proluviales. TN: entre 5°-15°, superficie ondulada, estables, TC: estables. Zona de oconales.
- 20 + 620 - 27 + 200: Corta rocas volcánicas, depósitos glaciares, piroclastos. TN: con algunos desprendimientos de rocas, TC: inestables por sectores: derrumbes.
 - Km 24 + 000: Derrumbes y desprendimientos de rocas
 - Km 27 + 200: Qda. Chucura, zona de filtraciones
- 27 + 200 - 32 + 040: El tramo corta depósitos coluviales y glaciares, roca volcánica alterada por sectores. TN: algo inestables: desprendimientos de rocas y TC: inestables por sectores: derrumbes
 - Km 32 + 040: Límite de Cuenca (Chivay)

TRAMO: CRUCE CHALHUANCA - IMATA

Trocha carrozable MMC con 37.64 km de longitud y con las siguientes características:

- 0 + 000 - 37 + 640: Corta depósitos fluviales, fluvio-glaciares y glaciares. TN: de suave pendiente (5° a 15°), zona de oconales, TC: estables. La trocha esta dañada por quebradas y oconales.
 - Km 22 + 130: Qda. con flujos de barro potenciales
 - Km 37 + 640: Pontón sobre río Chili, con canaletas.

TRAMO: IMATA - DESVÍO A PUNO

Trocha carrozable MMC de 6.6 km de longitud.

- 0+000 - 6+600: Corta tobas y depósitos fluvioglaciares. De superficie ondulada, zona de oconales y Qdas. que afectan trocha carrozable TN y TC estables. La trocha está en mal estado por lluvias y oconales.

Carretera: Arequipa (Cabrería)-Cañahuas**TRAMO: PLAZA DE CAYMA-CAÑAHUAS**

Tramo con 58.52 km de longitud. Carretera asfaltada MAC hasta el km 17+000, continuando como carretera afirmada MMC (en muy mal estado de conservación) hasta el final.

- 0+000 - 6+900: Zona urbana, pueblos jóvenes.
- 6+900 - 17+000: Depósito de basura (hechadero de Cayma). Corta depósitos proluviales y piroclásticos, de topografía ondulada. TN: estables y con pendientes entre 10° y 20° y TC: ± estables, inestables en zonas de piroclastos con las fuertes precipitaciones.
 - Km 17+000: Desvío a Charcani V
- 17+000 - 36+390: Depósitos proluviales, coluviales y piroclastos. TN: estables, con taludes entre 10° y 25°, inestables en algunos sectores: desprendimientos de roca. TC: derrumbes y desprendimientos de rocas por sectores. Presencia de huaycos y flujos de barro pueden interrumpir la carretera.
 - Km 23+650: Qda. Pisac (huaycos)
 - Km 24+950: Qda. con flujo.
 - Km 36+390: Qda. Tagra, lahars antiguos, flujos pueden interrumpir la carretera.

- 36+390 - 37+180: Carretera corta depósitos piroclásticos y fluvioglaciares en forma superficial y rocas volcánicas. TN: Con pendientes entre 15° y 25°: derrumbes en rocas volcánicas. TC: derrumbes.
- Km 37+180: Desvío a la represa de Aguada Blanca
- 37+180 - 58+520: El tramo corta depósitos fluvioglaciares, coluviales, piroclastos y rocas volcánicas. TN: Estables con superficie suave y ondulada. TC: estables.
 - Km 44+680: Pampa de Matacaballo
 - Km 54+180: Pampa de Puca Puca
 - Km 58+520: Cañahuas

TRAMO: DESVÍO-CHARCANI V:

- 0+000 - 6+300: El tramo corta depósitos proluviales y piroclásticos. TN: Con pendientes entre 20°-25°, estables, salvo algunos bloques sueltos. TC: ± inestables: desprendimientos de roca y derrumbes por sectores.
- 6+300 - 9+600: Corta rocas volcánicas, depósitos proluviales y coluviales. TN: ± estables y TC: inestables: derrumbes. Existen en el tramo flujos que erosionan la carretera.
- 9+600 - 12+200: Depósitos proluviales (antiguos lahars), piroclásticos y aluviales, así como terrenos de cultivo. TN: estables y TC: inestables por sectores: derrumbes.

**Trocha carrozable:
Río Campusane-Turucane-Aguada Blanca**

Trocha carrozable MMC, con 77.52 km de longitud, con las siguientes características:

TRAMO: PUENTE RÍO CAMPUSANE - TURUCANE

- 0+000 - 3+000: El tramo corta a la Fm. Maure y depósitos fluvio-glaciares. TN: estables y TC: inestables por sectores: derrumbes. Cárcavas y torrenteras (arroyos).
 - Km 1+000: Vado río Surpo (100 m).
 - Km 3+000: Turucane

TRAMO: TURUCANE-REPRESA EL FRAILE

- 3+000 - 13+200: Corta depósitos fluvio-glaciares y a la Fm. Maure (tobas, sedimentos lacustres, limolitas inconsolidadas). Con TN de superficie ondulada y suave pendiente, estables, en algunos tramos se localizan desprendimientos de rocas. TC: ± estables. Tramo deteriorado por agua de filtración y arroyos. Cárcavas.
- 13+200 - 13+900: Depósitos lagunares (Laguna Colpacocha)
- 13+900 - 14+720: Corta a la Fm. Maure y depósitos fluvio-glaciares. TN y TC: estables.
- 14+720 - 15+500: Depósitos fluviales. Vado en el área de inundación de los ríos Blanco y Cacamayo.
- 15+500 - 17+800: Fm. Maure y depósitos fluvio-glaciares. TN: de suave pendiente. Trocha deteriorada por arroyos. Al final del tramo se localizan depósitos fluviales de la Qda. Colpamay. Sector con varias huellas en abandono.

- 17+800 - 37+680: Tramo sobre superficie ondulada corta depósitos fluvio-glaciares, rocas volcánicas y depósitos piroclásticos. TN y TC: estables, derrumbes por sectores en estos últimos.

TRAMO: REPRESA EL FRAILE - AGUADA BLANCA

- 34+680 - 43+300: Carretera afirmada MC. El tramo corta depósitos fluvio-glaciares, también a la Fm. Maure por sectores. Los TN: inestables por sectores: desprendimientos de roca. Arroyos y Qdas con flujos pueden dañar carretera.
 - Km 41+800 - 42+150: Fm. Maure con tonalidad oscura inestable. Sector APO, zona de bofedales.
- 43+300 - 77+520: El tramo corta tobas, depósitos fluvio-glaciares, piroclastos, ceniza volcánica (dunas por sectores). TN con laderas entre 15-20, arroyos deterioran la trocha. TC: inestables por sectores: derrumbes. Al final del tramo la pendiente de los taludes de la vía, varía entre 10°-15°. Pampa de Aguada Blanca.

Carretera Arequipa - Puno

TRAMO: AREQUIPA - BAÑOS DE JESÚS - CHIHUATA

Es una carretera asfaltada MC de 10.7 km de longitud, que se halla sobre antiguos flujos de barro (Lahar), conformados por bloques (10%), rodados (15%), gravas (40%), con clastos subangulosos a subredondeados de naturaleza volcánica en una matriz limo arenosa medianamente consolidada.

Los taludes naturales tienen pendientes entre 5° a 10° con presencia de algunos bloques sueltos que pueden desprenderse con sismos.

- Km 8+080 : Qda. La Calera con flujos de barro, badén. Huayco en épocas de lluvias excepcionales.
- Km 9+800 : Qda. con agua salobre y flujos de barro. Se observa aguas arriba derrumbes en depósitos fluvio-aluviales.

- Km 10+700: Puente Chihuata, sobre el Río Andamayo. Puente tipo Bayle estribos de mampostería con defensas de enrocados, sobre depósitos de flujos de barro (lahars). Presentan las siguientes dimensiones: largo 56 m, ancho 7.5 m, altura 10 m con 2 bermas de 0.45 m.
- Km 13+470 - 14+600: Quebrada con flujos de barro en época de lluvia, badén en construcción. Chihuata.

TRAMO: CHIHUATA - RINCONADA - TAMBO DE SAL

Carretera afirmada MAC de 47.185 km de longitud, con las siguientes características:

0+000 - 24+900: Discurre sobre depósitos de flujo de barro (lahars antiguos) con presencia de bloques, gravas en una matriz limo-arenosa. Además se aprecia sectores con lentes limo-arcillosos y gravilla de origen aluvial, así como roca volcánica muy fracturada.

Los taludes naturales (TN) mayormente estables con pendientes entre 5° a 25°, inestables por sectores: desprendimientos de rocas. Los taludes de corte TC son inestables por sectores de derrumbes. Tramo con posibles flujos de barro.

Este tramo tiene las siguientes características:

- Km 3+880 : Qda. Tiriguaya de 120 m de ancho con flujos de barro.
- Km 7+750 : Puente tipo Bayly con plataforma de concreto, estribos de mampostería, altura 6.20 m, ancho 4.0 m, largo 25.30 m se ha observado erosión incipiente en el estribo derecho. Se recomienda proteger los estribos, no es apto para transporte pesado.
- Km 9+210 : Asentamiento de la carretera en lahares, producido por el talud de corte.
- Km 24+900 - 31+810: El tramo corta rocas volcánicas muy alteradas y fracturadas, depósitos proluviales, fluvio-glaciares y coluviales. TN con

desprendimiento de rocas, flujos de barro; TC inestables por sectores de rumbes y desprendimientos de rocas, filtraciones.

- Km 31 + 000 : Túnel en roca volcánica de 100 m (Km 96 + 000). Se recomienda desquinchar en algunos sectores y proteger los portales. La roca volcánica es de resistencia media.
- Km 31 + 810 - 34 + 600: Tobas muy fracturadas, con grandes bloques sueltos y presencia de depósitos de flujo por sectores. Carretera muy deteriorada en este sector por erosión en cárcavas, desprendimientos de rocas.
- Km 40 + 600 : Dunas de ceniza estabilizadas en la Pampa Pichu Pichu.
- Km 42 + 000 : Roca volcánica de resistencia media (100 a 500 kg/cm², muy fracturada y depósitos coluviales, por sectores. Desprendimiento de rocas y cárcavas.
- Km 47 + 185 : Quebrada Ceneguilla, con cárcavas y presencia de agua, se observan pequeños desprendimientos de rocas.

Carretera Tambo de Sal - Paty - Límite de Cuenca

Carretera afirmada MAC de 80.77 km de longitud, con las siguientes características:

- Km 57 + 430 - 68 + 270: Tramo que transcurre sobre depósitos fluvio-glaciares y lacustrinos con pendientes entre 10° a 15°, presencia de bofedales y filtraciones. TN y TC generalmente estables, algunos desprendimientos de rocas.
- Km 68 + 270 - 90 + 140: Areniscas conglomerádicas y piroclastos pertenecientes a la Fm. Maure, con depósitos fluvio-glaciares por sectores. Zonas de bofedales y filtraciones, cárcavas y flujos de barro por sectores.
 - Km 75 + 820 : Puente sobre el río Caucusane, con las siguientes características. De concreto con estructura metálica, tiene un ancho de 3.45 m, 3.65 m de altura y 35.60 m de largo. Sus estribos se hallan sobre la Fm. Maure. El estribo izquierdo se halla en mal esta-

- do presentando rajaduras. El puente sirve sólo para transporte liviano, se recomienda construir uno nuevo.
- Km 84+100 : Puente Tico Tico, sobre el río Patimayo; puente de concreto con estructura metálica, ancho 3.30 m, largo 17.60 m, y luz 4.50 m, los estribos se hallan sobre sedimentos estratificados limoarenosos, el estribo derecho presenta rajaduras en mal estado.
 - Km 87+690 : Puente sobre la Qda. Caullihuayco. Puente de concreto con estructura metálica, largo 18.60 m, ancho 3.70 m, luz 3.50 m, estribos sobre depósitos fluviales, con 3 pilotes centrales. Puente no apto para transporte pesado.
 - Km 90+140 - 123+250: Roca volcánica muy fracturada, tobas muy alteradas, depósitos deluvio-coluviales y fluvioglaciares. Este tramo corta pequeñas quebradas con cárcavas. TN: reptación de suelos, derrumbes y desprendimientos de rocas en algunos sectores del tramo.
 - Km 93+070 : Puente sobre la Qda. Angostura con las siguientes características: Puente de concreto, ancho 4.80 m, largo 6.20 m, luz 3.40 m, con estribos sobre depósitos lacustrinos erosionados en su base. Se recomienda proteger la base.
 - Km 93+170 : Reptación de suelos incipiente en depósitos lacustrinos residuales y coluviales en un tramo de 300 m.
 - Km 99+770 : Qda. Jatunocco, se ha observado desprendimiento de rocas que pueden ocasionar daños a la carretera en un tramo de 500 m.
 - Km 99+930 : Pampa Cuesta Pata y Pampa Peñane (4400 m).
 - Km 112+990 : Puente sobre la Qda. Peñane, con un largo 6.30, ancho 9 m, altura 2.40 m, estribos en buen estado, cimentados sobre depósitos fluvioglaciares.
 - Km 115+690 : Pampa de Cebadillas.
 - km 121+050 : Quebradas con presencia de sales, flujos de barro pueden interrumpir la trocha, en un tramo de 250 m.

- Km 123+250 : Depósitos morrénicos.
- Km 124+400 : Depósitos de flujo cortado por pequeñas cárcavas.
- Km 134+200 : Depósitos aluviales y fluvioglaciares de pendiente suave, cubiertos por mantos de ceniza volcánica.
- Km 136+330 : Rocas volcánicas tipo aglomerado bien cementado que sirve como base para la trocha carrozable.
- Km 138+200 : Zona de dunas, depósitos residuales, morrenas y afloramientos de roca volcánica.

Carretera principal desvío a Juliaca-Puno-Matalaque-Límite de Cuenca.

La trocha discurre por depósitos proluviales (abanicos glaciares), en la pampa de Pichu Pichu, presencia de afloramiento de rocas volcánicas, cubiertos por depósitos de arena a manera de mantos y bloques sueltos.

- Km 2+700 : Depósitos fluvioglaciares, con presencia de oconales y sales. La trocha cruza parte de la Laguna Salinas.
- Km 4+900 : Rocas volcánicas fracturadas con desprendimiento de rocas por sectores, cubierta por mantos de arena de naturaleza volcánica.
- Km 5+500 : Depósitos proluviales cubiertos por mantos de arena gruesa, medianamente consolidados y pendiente entre 2° a 5°.
- Km 16+000 : La Chilina, con presencia de mantos de arena que se hallan cubriendo los depósitos proluviales y con desprendimiento de rocas.
- Km 21+190 : Anexo Tetejón con presencia de abanicos glaciares y depósitos proluviales por sectores, cubiertos por mantos de arena gruesa a media. Las dunas de naturaleza volcánica se hallan con un espesor entre 1 a 1.5 m.
- Km 22+990 : Flujos de barro "Lahar", cubiertos por mantos de arena, con bloques superficiales por sectores.

- Km 23+090 : Rocas volcánicas cubiertas por mantos de arena y depósitos coluviales por sectores. Taludes naturales con bloques sueltos y pendientes entre 20° a 25°.
- Km 26+229 : Depósitos proluviales y aluviales, superficie plana con presencia de arena, gravas y arroyos que cortan la trocha.
- Km 27+749 : Depósitos de flujo de barro antiguos, compuestos por bloques subangulosos a subredondeados, superficie plana con talud natural y de corte estables, cortado por filtraciones, arroyos y quebradas cubiertas por mantos de arena, de morfología ondulada con bloques sueltos superficialmente.
- Km 30+119 : El tramo pasa por morrenas, compuestas por bloques, gravas y material limoarenoso.
- Km 31+049 : Tramo que pasa por depósitos fluvioglaciares compuestos por bloques, gravas subangulosas a subredondeadas con talud natural y de corte estables y pendientes entre 2° a 5° y presencia de dunas. La trocha está cortada por arroyos de material limo-arenoso.
- Km 33+440 : Quebrada con filtraciones y oconales.
- Km 34+199 : Aguas termales en roca volcánica fracturada y presencia de filtraciones. Se han observado algunas quebradas con flujos oconales por sectores, cubiertas por mantos de arena volcánica.

Carretera Arequipa - Sabandía - Characato - Yarabamba - Límite de Cuenca.

Carretera asfaltada (zona urbana) cortada por la tercera torrentera con badén de concreto, ubicada entre las avenidas Porongoche y El Salvador. Esta quebrada tiene problemas de flujo en épocas excepcionales comprometiendo a diferentes viviendas y terrenos de cultivo.

- Km 1+990 : Desvío Av. Simón Bolívar (cruce grifo), terrenos de cultivo, zona urbana.

- Km 2+470 : Puente río Socabaya. Con las siguientes características; Puente de concreto con tres pilotes centrales, largo 80 m, ancho 7 m con 2 bermas de 1.10 m cada una, luz 9.10 m y barandas de metal en buen estado, estribos en depósitos aluviales en buen estado. Este puente es utilizado como basurero.
- Km 4+320 : Qda. Canchimayo, con flujos en épocas excepcionales, donde se ha construido un puente de concreto, sobre depósitos aluviales, con las siguientes características; largo 8.60 m, ancho 9.30 m y luz 4.40 m.
- Km 4+850 : Fin de la carretera asfaltada.
- Km 5+000 : Observatorio de Characato.
- Km 6+990 : Qda. con flujos en época de lluvias excepcionales.
- Km 7+600 : Río Mollebaya. Puente Machaguaya en construcción.
- Km 8+250 : Qda. antiguo cauce. Puente de concreto en buen estado, estribos sobre depósitos aluviales, con 5.20 m de largo, 4.40 m de luz y 8.20 m de ancho. El tramo por sectores pasa por depósitos aluviales y de flujo intercalados con gravas y arenas.
- Km 8+710 : Qda. con flujos.
- Km 9+770 : Rocas intrusivas muy alteradas y fracturadas, pendiente entre 15° a 20°, con desprendimiento de rocas.
- Km 10+000: El tramo pasa por depósitos proluviales, talud natural con bloques sueltos y desprendimiento de rocas, así mismo existen afloramiento de roca intrusiva tipo granodiorita con disyunción esferoidal.
- Km 12+690: El tramo pasa por rocas intrusivas tipo granodiorita muy alterada y fracturada con presencia de depósitos aluvio proluviales.
- Km 14+400: Carretera afirmada Yarabamba-Chapi, puede ser afectada por huaycos cerca al distrito de Yarabamba. La carretera cruza el río Yarabamba.

Carretera Yarabamba - Quequeña

Tramo que pasa por depósitos proluviales con presencia de oconales y terrenos de cultivo.

- Km 0 + 260 : Río Sogay. Huayco en época de lluvias intensas, pequeños afloramientos de rocas conglomerádicas con lentes de arena limosa.
- Km 1 + 400 : Puente de concreto con estribos sobre depósitos aluviales en buen estado, con 4.80 m de largo, 3.10 m de luz y 5.20 m de ancho.
- km 2 + 300 : Desvió a Characato, carretera asfaltada suelos aluvio-proluviales con presencia de terrenos de cultivo.

Carretera Characato-Mollebaya

Zona suburbana, carretera afirmada con presencia de terrenos de cultivo.

- Km 2 + 800 : Anexo Cerrillo.
- km 3 + 650 : Quebrada con posibles flujos en época de lluvias excepcionales. Vado.
- Km 4 + 350 : Buena Vista con terrenos de cultivo.
- Km 6 + 650 : Desvío a Pocsi-Mollebaya. Puente Mollebaya con las siguientes características; 15.20 m de largo, 9.00 m de luz y 5.80 m de ancho con 2 bermas de 0.70 m.

Carretera Yarabamba-mina Santa Cecilia-Límite de Cuenca.

El tramo pasa por depósitos deluvio proluviales, residuales, tobas y depósitos coluviales, talud natural y de corte estables, superficie suave.

- Km 0 + 900 : Anexo el Cerro, las tobas se hallan muy fracturadas, talud natural y de corte estable, carretera afirmada.

- Km 2+550 : El tramo pasa por depósitos aluvio proluviales de superficie plana y talud natural con bloques sueltos superficialmente, cubiertos por mantos de arena. Carretera afirmada.
- Km 3+600 : San Antonio, zona suburbana, el tramo pasa por depósitos aluvio proluviales con talud natural y de corte estable. Carretera afirmada. En la quebrada La Zorra se observa depósitos de huayco, los bloques son superficialmente redondeados a subangulosos.
- Km 5+760 : Rocas volcánicas cubiertas por depósitos deluvio proluviales de pendiente entre 10° a 15° , superficialmente se observan bloques redondeados a subangulosos sueltos. Se presentan pontones de rocas intrusivas alteradas a suelos residuales.
- Km 6+980 : El tramo pasa por rocas intrusivas muy alteradas con disyunción esferoidal y bloques de grandes dimensiones, también se presenta depósitos coluviales con taludes entre 15° a 25° . La alteración de las rocas intrusivas es de grado IV.
- Km 14+450 : Depósitos residuales, coluvio deluviales, rocas intrusivas, con talud natural con bloques sueltos, pendientes entre 10° a 15° .
- Km 15+150 : Pampa de Tumbambaya, con depósitos proluviales. Zona de cárcavas y mantos de arena por sectores.
- Km 18+450 : Depósitos proluviales, superficie plana con presencia de erosión en cárcavas.
- Km 18+900 : Quebrada canguillo, zona de filtraciones.
- Km 20+430 : Depósitos coluvio deluviales y rocas intrusivas. Talud natural entre 10° a 20° con desprendimiento de rocas.

Carretera Pampa Cruz Verde - Polobaya

El tramo pasa por rocas intrusivas de pendiente entre 20° a 30° , con depósitos coluviales y talud natural con desprendimiento de rocas. La roca intrusiva se halla muy alterada presentando disyunción esferoidal.

- Km 1 + 880 : Depósitos residuales y afloramientos de pontones de rocas intrusivas tipo granodiorita muy alteradas, cubierta por mantos de arena, con taludes naturales y de corte estable, pendientes entre 2° a 10°.
- Km 3 + 100 : Depósitos proluviales compuestos por bloques, gravas y gravilla, talud natural y de corte estable.
- Km 3 + 790 : Zona de filtraciones.
- Km 4 + 550 : Qda. con peligro de huaycos, algunos pontones de roca volcánica. Pendiente entre 10° a 15°.
- Km 5 + 800 : Terrenos de cultivo.
- Km 6 + 850 : Tobas que se encuentran alteradas con pendiente entre 20° a 25°, talud natural y de corte estables.
- Km 8 + 690 : Carretera afirmada que cruza terrenos de cultivo, talud natural de corte estables.
- Km 9 + 800 : Anexo La Capilla-Mollebaya.
- Km 10 + 600: Oconales, presencia de filtraciones. La carretera se encuentra deteriorada por tramos debido al uso del agua de riego.

Carretera Mollebaya-Pocsi-Puquina-Omate

Esta carretera es asfaltada y pasa por depósitos coluvio proluviales, con taludes entre 20° a 25°, constituidos por rodados 5%, gravas 40% y arena gruesa a media medianamente consolidada.

- Km 0 + 140 : Tramo de carretera afirmada que pasa por rocas intrusivas alteradas con talud natural con bloques sueltos por sectores.
- Km 1 + 550 : Abra con presencia de depósitos coluvio-deluviales, con pendientes entre 20° a 25°.
- Km 1 + 900 : La trocha pasa por depósitos residuales de pendiente suave. Talud natural estable.

- Km 2+800 : Rocas intrusivas muy alteradas con pendientes entre 20° a 30° y bloques sueltos superficialmente. se han observado en todo el tramo presencia de cárcavas.
- Km 3+800 : Rocas intrusivas se presentan con disyunción esferoidal y muy a alteradas con derrumbes por sectores.
- Km 6+290 : Tobas que se encuentran alteradas. Talud natural con desprendimiento de rocas cuya pendiente está entre 10° a 15°.
- Km 8+550 : Lomadas con pendientes entre 5° a 10°, cubiertas por mantos de arena, constituídas por depósitos proluviales.
- Km 10+350: Depósitos proluviales y aluviales de pendiente suave cubiertos por arena a manera de mantos.
- Km 10+800 : Zona disectada por arroyos y cárcavas.
- Km 15+350 : Depósitos aluvio-proluviales, con presencia de arroyos, superficie plana.
- Km 19+750 : Puente sobre el río Poroto, sobre depósitos proluviales, con las siguientes características; puente de concreto con estribos y un pilote central en buen estado, 3.50 m de ancho, 3.80 m de luz y 16.50 m.
- Km 21+550 : Erosión en Cárcavas.
- Km 23+300 : Puente sobre el río Polobaya - vía Pocsi. Puente y estribos de concreto y manpostería, sobre depósitos proluviales con barandas de metal, 12 m de largo, 3,70 m de ancho y 9.70 m de luz.
- Km 28+000 : Lomadas en depósitos proluviales cubiertos por mantos de arena por sectores, bloques sueltos.
- Km 29+900 : Arroyo, superficialmente bloques y cantos.
- Km 33+550 : Puente Baquerillo, de concreto y estribos en buen estado sobre depósitos proluviales; 3.70 m ancho, 6.60 m largo y 7.0 m de altura.

- Km 34 + 320 : Qda. cubierta por dunas de origen volcánico.
- Km 35 + 190 : Puente sobre Qda. Totorane vía a Pocsi-Puquina. Puente de concreto con estructura de fierro y estribos sobre rocas volcánico-sedimentaria, 3.40 m ancho, 4.90 m largo y 7.15 m altura.
- Km 36 + 390 : Terrenos de cultivo, desvió a Totorani.
- Km 36 + 340 : Depósitos aluviales compuestos por cantos, gravas y matriz arenosa.
- Km 36 + 420 : Cárcavas.
- Km 36 + 390 : Carretera afirmada, pelagra por erosión y huaycos, en épocas de lluvias se interrumpe la carretera Arequipa-Puquina en un tramo de 1 Km.
- Km 37 + 890 : Qda. Cacahuarayoc con agua (nacientes), pontón de piedra.
- Km 38 + 250 : Rocas volcánicas alteradas y fracturadas y depósitos coluvio-deluviales.

Tramo Carretera Panamericana Sur El Alto - Repartición

Carretera asfaltada que pasa por depósitos aluvio-proluviales con taludes naturales entre 10° a 20°, compuestos por cantos y gravas en una matriz areno-limosa, con desprendimiento de rocas por sectores y Qdas. estabilizadas con azudes.

- Km 915 + 200 : Depósitos proluviales, carretera asfaltada, talud natural con pendiente entre 10° a 20° cubierto por mantos de arena por sectores.
- Km 916 + 200 : Depósitos aluviales compuestos por conglomerados de grandes espesores, medianamente consolidados, talud natural con desprendimiento de rocas por sectores.

- Km 917 + 550 : Puente sobre río Sihuas con estructura de fierro y estribos en depósitos aluviales con problemas de erosión; 8 m ancho, 11.17 m largo, altura 6.90 y bermas de 45 cm.
- Km 921 + 250 : terrenos de cultivo, zona suburbana en depósitos aluviales, talud natural con desprendimiento de rocas por sectores.
- Km 941 + 250 : La carretera pasa por la Pampa de Sihuas sobre depósitos aluviales, talud natural y de corte estable. En el Km 923 se observan algunos cursos de agua que pueden ser activados en épocas de lluvia excepcionales provocando daños en la plataforma de la carretera. También se presentan dunas en diferentes partes del tramo. En la Qda. Los Molles de un ancho de 700 m se presenta flujos que pueden ser activados en época de lluvias excepcionales.
- Km 942 + 050 : Qda. Impertinente, que corta depósitos aluviales potentes con tobas retrabajadas en la parte superior. Talud natural inestable por sectores. Huayco en época de lluvias excepcionales.
- Km 945 + 000 : Túnel Impertinente en areniscas, en estratos subhorizontales de resistencia media a blanda con un largo de 390 m, ancho de 7 m y altura 4 m.
- Km 946 + 600 : Estratos de areniscas subhorizontales muy fracturados con pendientes entre 15° a 20° y Depósitos aluviales por sectores, Qda. con flujos en época de lluvias.
- Km 946 + 300 : Zona suburbana (Localidad de Vítor), con depósitos aluviales y taludes naturales con desprendimiento de rocas por sectores.
- Km 948 + 000 : Puente Vítor de estructura metálica con estribos de concreto sobre depósitos aluviales; ancho 7,8 m, largo 7,5 m, altura 5,90 m y bermas de 0,45 m.
- Km 951 + 350 : La carretera pasa por areniscas muy fracturadas cortadas por depósitos proluviales por sectores, talud natural con pendientes entre 20° a 25°. Presencia de terrenos de cultivo al Norte de la Pampa de Repartición.

Carretera Pueblo Viejo - El Tambo

El tramo atravieza areniscas y limolitas con depósitos aluviales y terrenos de cultivo por sectores. Se han observado conos de escombros desprendimiento de rocas.

- Km 1+000 : Derrumbe que puede afectar la carretera en el sector de Valencia.
- Km 6+000 : Se ha detectado un deslizamiento acuoso ocasionado por filtraciones de agua del canal de irrigación La Joya. En el área de Santa Fortunata las filtraciones determinadas tienen abundantes sales.
- Km 14+000 : Afloran rocas intrusivas muy fracturadas cubiertas por depósitos coluvioproluviales y zonas de filtraciones de agua por sectores.

Carretera Pueblo Nuevo-Ex-hacienda La Morante-Boyadero

- Km 0+000-17+000 : Este tramo pasa por rocas de la Fm. Moquegua muy fracturadas que consideran de areniscas y limolitas cubiertas por depósitos proluviales aluviales, coluviales y terrenos de cultivo, afectados por desprendimiento de rocas y filtraciones como se aprecia en el área de Huachipa y La Capilla.

Cerca al sector Fundo Villarreal se aprecia mantos de arena que cubren la zona y en el área de Ophela a Boyadero existe en forma notoria derrumbes y desprendimiento de rocas debido al fuerte agrietamiento de las rocas.

Carretera Puerto de Quilca - Pueblo Nuevo

- Km 0+000-10+800: Trocha carrozable paralela al litoral de superficie suave, donde afloran areniscas y lodolitas cubiertas por mantos de arena. Las Qdas. Corralones y Pérez sirven de relleno sanitario y por sectores desprendimiento de rocas y derrumbes.
- Km 10+800-38+000: Tramo que pasa por depósitos proluviales, marinos, coluviales, areniscas y lodolitas cubiertas por mantos de arena por sectores. En la zona de Quilca afloran rocas metamórficas tipo filitas las cuales se hallan muy fracturadas, de dureza media y zonas de derrumbes por sectores en al área de la localidad de Sururuy.

TABLA N° 1

CLASIFICACIÓN DE LOS CAMINOS DE ACUERDO A SUS CONDICIONES

(BANCO MUNDIAL)

BUENAS CONDICIONES (BC)	Los caminos pavimentados están sensiblemente libres de defectos y solamente requieren mantenimiento de rutina.
MEDIANAS CONDICIONES (MC)	Los caminos pavimentados tienen defectos de importancia y requieren renovación del afirmado o refuerzo. Los caminos no pavimentados necesitan reperfilado o renovación del afirmado (nueva capa de gravilla) y reparaciones del drenaje en determinados puntos.
MALAS CONDICIONES (MAC)	Los caminos pavimentados tienen defectos extensos y requieren rehabilitación o reconstrucción inmediatas. Los caminos no pavimentados necesitan reconstrucción y obras de drenaje grandes.
MUY MALAS CONDICIONES (MMC)	Los caminos pavimentados y las trochas carrozables están intrasitables y requieren replanteo del trazo y estudios geológicos-geotécnicos puntuales.

7.0 RIESGOS GEOLÓGICOS (AMENAZAS)

Antes de empezar con el Capítulo, es importante dar a conocer algunos alcances y definiciones dados por el Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (DHA/NU Dic. 1992) en el "glosario multilingüe de términos convenidos internacionalmente relativos a la Administración de Desastres. Es importante conocer el significado de la terminología aplicada a desastres, para su uniformización y un mejor entendimiento en la materia.

Desastre Natural: Impacto de un fenómeno de la naturaleza; en el caso específico del estudio: riesgos geológicos que produce sobre una comunidad vulnerable ocasionando daños, caos y víctimas, los cuales no se pueden superar sólo mediante la movilización de recursos locales sino que requieren además ayuda externa.

Peligro: Se conoce como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente dañino para un período específico y una localidad o zona conocida.

Vulnerabilidad: Es el grado de resistencia y exposición (física y/o social) de un elemento o conjunto de elementos en riesgo como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud dada. Se expresa en términos de probabilidad (en porcentaje de 0 a 100).

Riesgo: Estimación matemática probable de pérdidas de vida, daños a los bienes naturales, a la propiedad y a la economía, para un período específico y un área conocida. Se estima en función del peligro y la vulnerabilidad.

Prevención: Medidas diseñadas para proporcionar protección permanente contra los efectos de un desastre. Incluye medidas de ingeniería, de legislación sobre el uso de la tierra, del agua y el ordenamiento urbano.

La evaluación del riesgo requiere de la identificación del peligro y del análisis de la vulnerabilidad.

Riesgo = Amenaza + Vulnerabilidad

Para identificar un peligro o amenaza se necesita primero la identificación del fenómeno natural, luego la identificación de los efectos (intensidad de un sismo, niveles de inundación, área de influencia de un huayco, grado de estabilidad de laderas, etc.) a los cuales una comunidad puede estar expuesta. La información proporcionada por los especialistas (geólogos y geofísicos) puede ser dada en mapas de zonificación y microzonificación geológica, geomorfológica, suelos, sísmica. En forma de datos climáticos e hidrológicos, mapas topográficos, etc.

Las principales causas que contribuyen para la formación de áreas de riesgo (vulnerabilidad) son:

La desigual distribución de la renta: La elevada distribución de la renta en una parte de la población es la principal causa del empobrecimiento de un país.

El "Boom" Industrial: El desarrollo de la industrialización de los principales centros urbanos (Arequipa), provoca un intenso flujo migratorio, generando un crecimiento de la población en estas zonas sin la respectiva organización ni inversiones en las obras de servicios e infraestructura urbana (pueblos jóvenes).

La falta de planeamiento: La falta de integración entre los diferentes entes de gobierno, asociada a los intereses ocasionales y una visión equivocada del desarrollo de las ciudades, hacen que se planifique, si lo hay, totalmente en desacuerdo con la realidad.

La falta de títulos de propiedad: Los pobladores que ocupan los pueblos jóvenes, por tratarse de terrenos del Estado, en litigio o de particulares, no tienen títulos de propiedad y por lo tanto no tienen como requerir beneficios frente a los organismos competentes o la dificultad que tienen las instituciones públicas para organizar el área ocupada. Los datos de registro son aproximados y no se tiene un sistema adecuado para tratar el problema.

La inexistencia de una legislación específica respecto a la ocupación de los terrenos dificulta la posibilidad de mejoramiento de estas áreas. Si existen, éstas son técnica y jurídicamente desusadas e ineficaces o simplemente no son aplicadas de manera eficiente (en la Ley de Aguas está especificado que no se debe construir viviendas a 50 metros de ambos márgenes de los ríos)

La identificación del peligro es un proceso dinámico ya que requiere de investigaciones y actualización permanente.

El análisis de la vulnerabilidad considera a la población misma, las estructuras, las obras de ingeniería y otros elementos en riesgo y en áreas propensas a peligros, éste debe ser un producto dinámico.

La información producto de la evaluación del riesgo es importante para que los responsables del manejo de los desastres puedan decidir qué nivel de recursos son necesarios para dedicar a la prevención, preparación y a las unidades de respuesta en el caso de una emergencia y al mismo tiempo puedan identificar la combinación apropiada de medidas a adoptar.

7.1 Factores de vulnerabilidad en la Cuenca

Vulnerabilidad Física

Como vulnerabilidad física entendemos la localización de pueblos y obras civiles en zonas de alto riesgo y a la incapacidad de sus estructuras para anular sus efectos.

En la cuenca este tipo de vulnerabilidad es importante; así tenemos numerosas zonas críticas en los valles de Sihuas, Vítor y en la Pampa de Majes donde han ocurrido derrumbes y deslizamientos debido a la filtración de agua proveniente de las pampas; saturando y disminuyendo o anulando el ángulo de fricción y la coherencia de los materiales que conforman los frentes de talud, originando zonas críticas en los pueblos ubicados en las márgenes de los ríos tales como Pachaqui, Huachipa y Santa Isabel de Sihuas, donde su mala ubicación se debe a que en esos terrenos fértiles se siembran artículos de pan llevar que constituyen su única fuente de ingreso.

Dentro de las zonas de peligro volcánico se encuentran la C.H. de Charcani I, II, III, IV y V construída en el cañón de Charcani y la ciudad de Arequipa, ambas ubicadas en las faldas del volcán Misti.

Existen también pequeños pueblos y estancias cerca al complejo volcánico Ampato-Sabancaya como Colihuiri, Macalla, Piscone, Japo e Iscaychaca con riesgo alto de erupción violenta; otros como Taya, Mocca, Cabildo, Huaynapata, Capilla y Cuñirca ubicados muy cerca de la Oda. Colquemarca; originaría del río Sihuas, amenazados por flujos de lahars.

Dentro de la ciudad de Arequipa existen varios distritos que podrían ser afectados por las torrenteras que bajan desde el volcán Misti; como el es caso de Chilina e Independencia por donde discurre la torrentera San Lázaro.

El peligro de inundaciones se hace más evidente en los valles de Sihuas, Vítor, Quilca y Chili pues un represamiento de sus ríos, podría afectar los pueblos de Sónдор, Santa Isabel de Sihuas, Pampa Blanca, Sururuy y Pueblo Nuevo entre otros; hasta la misma ciudad de Arequipa.

La actividad sísmica no deja de ser un peligro para la ciudad en general; ya que los sismos producidos por la misma actividad volcánica como por la colisión y subducción de placas las cuales liberan alta energía; con movimientos de masas de agua (tsunamis), en algunos casos, que afectarían a los pueblos ubicados en la parte baja de la cuenca como Pueblo Nuevo y La Caleta de Quilca.

Vulnerabilidad Técnica

En la ciudad de Arequipa existen edificaciones hechas de material noble, de sillar y de barro inclusive; unas cimentadas sobre suelos de alta capacidad portante y otras sobre material que no reúne buenas características geomecánicas para cimentaciones; lo que es observable tanto en la misma ciudad como en las zonas marginales. Esto se debe a que la población de Arequipa se ha incrementado notablemente en los últimos años creándose muchos pueblos jóvenes en lugares no aptos para construir ya sea por la calidad del suelo o por estar expuestos a peligros de agentes naturales exógenos, a lo que se añade la humedad del suelo, los sismos ocurrentes en el área lo que podrían provocar la destrucción total de las zonas críticas. Otros por falta de orientación técnica han construído estructuras en zonas de alto riesgo como por ejemplo el Termini-

nal Terrestre de Arequipa parte del cual está cimentado dentro del cauce de una torrentera; o la quebrada El Cazador muy cerca a la presa El Fraile, en donde el vaso se encuentra en tobas volcánicas, arcillas y arenas; material permeable que contribuye al humedecimiento de los taludes pudiendo originar deslizamientos y derrumbes en caso de fuertes sismos.

Vulnerabilidad Social

La mayoría de pueblos ubicados en la cuenca no están preparados para soportar desastres naturales de gran magnitud debido a la falta de organización para solucionar comunitariamente los problemas que se presentan durante la ocurrencia de un desastre.

Cada pueblo en el área está dominado por las ideas de sus autoridades (alcaldes, regidores, etc.), siendo muchos de ellos analfabetos. Desde el punto de vista de desarrollo, algunos pueblos de la cuenca no cuentan con los servicios mínimos vitales como lo es el agua y desagüe, postas médicas y colegios con personal capacitado; estando propensos a enfermedades, epidemias y a una total desorganización en caso de ocurrencia de un desastre con pérdidas de vidas humanas; lo cual podría evitarse si se tomara conciencia para la prevención y mitigación de un inminente riesgo geológico.

Vulnerabilidad Económica

Una de las pocas actividades económicas que se desarrollan en el área de la cuenca es la agricultura; la comunidad dedicada a esta actividad está conformada por lo general por campesinos de bajos recursos económicos y que solamente cuentan con su parcela como única fuente de ingreso; por lo tanto, la falta de lluvias o la contaminación del agua que los abastece provenientes de quebradas que bajan de volcanes vulneran económicamente a los habitantes de los pueblos de Taya, Mocca, Japo entre otros, acelerando el empobrecimiento y la migración.

En la misma ciudad de Arequipa se observa un incremento de pueblos jóvenes, ubicándose en zonas no aptas para urbanizar intensificando aún más la población y la vulnerabilidad.

Vulnerabilidad Educativa

En las partes altas de la cuenca, existen pueblos prácticamente olvidados, carentes en varios de ellos de centros educativos; donde sus habitantes desde pequeños aprenden a trabajar ayudando a sus padres en la agricultura y crianza de ganado; en los poblados donde existen escuelas, por ser considerados sectores marginales, se envían profesores de escaso nivel académico. Existe una tasa de analfabetismo de 7.6% a nivel de toda la población de Arequipa, donde muchos de los pobladores solo hablan y entienden quechua.

7.2 Aspectos Geodinámicos

En la cuenca del río Quilca-Sihuas-Vítor los riesgos geológicos están condicionados principalmente a los procesos de geodinámica interna (sismos, vulcanismos) y a los fenómenos de geodinámica externa en menor magnitud.

En casi 500 años de historia, Arequipa ha sido destruida por sismos de gran magnitud en varias ocasiones, a comienzos del siglo XV, el volcán Misti erupcionó y causó la muerte de cientos de personas, en la actualidad la actividad del volcán Sabancaya y la reciente del volcán Ubinas preocupan a los pobladores de la cuenca. Asimismo en las últimas décadas, la cuenca se ha visto afectada por graves inundaciones causadas por los desbordes de cursos de agua normalmente secos, que se activan cuando llueve excepcionalmente, según la tendencia aproximadamente cada 10 a 15 años. Es importante notar que en los flancos de los valles de Sihuas y Vítor se están reactivando antiguos deslizamientos, como producto del mal uso del agua de regadío, así como derrumbes, desprendimientos de rocas y flujos de barro en el Cañón de Charcani (río Chili).

Las actividades humanas reactivan y/o aceleran los procesos naturales y también originan otros nuevos que pueden perturbar el medio físico. Ejemplos de estas actividades tenemos en los grandes deslizamientos ocurridos en los valles de Vítor y Sihuas, producidos por la ruptura de los canales y la infiltración del agua de regadío, así como también la construcción de la Represa de El Frayle, aumentando los problemas de inestabilidad en la Qda. El Cazador y la desestabilización de los taludes en la construcción de carreteras.

Los riesgos geológicos producto de la geodinámica externa están relacionados a las unidades geomorfológicas y se agrupan de acuerdo a su espacio y origen: Ver Mapa N° 3.

Faja litoral: Inundaciones en épocas de avenidas coadyuvadas con la barra litoral.

Pampa costanera y áreas adyacentes: Se producen flujos de barro asociados a lluvias ocasionales y excepcionales. En los flancos de los valles de Sihuas y Vítor se localizan deslizamientos de gran magnitud, desprendimientos de rocas y derrumbes. En el valle de Quilca, desprendimientos de rocas.

Cordillera Occidental: Se dan procesos de dinámica fluvial principalmente en los ríos Sihuas, Chili, Sumbay, Andamayo, Mollebaya, etc.: socavamientos (erosión lateral y de fondo) y transporte. Se produce también erosión laminar y cárcaveo, flujos de barro, derrumbes, desprendimientos de rocas y en menor proporción deslizamientos y reptación de suelos.

7.3 Flujos Morfodinámicos

Los flujos morfodinámicos más desarrollados en la cuenca, son los hidromorfodinámico y los eolimorfodinámicos. (Ver Mapa N° 2).

Los hidromorfodinámicos son los causantes de los procesos de incisión, socavamiento, transporte y colmatación a lo largo de los cauces de los ríos principales (normales), así como también los procesos de incisión y desgaste laminar. A los flujos de barro se les conoce como huaycos, torrenteras, etc. y pueden ser productos de lluvias periódicas, ocasionales y excepcionales.

Sobre la Pampa Costanera y en algunas zonas de las Llanuras y Planicie Alta se desarrollan los flujos eolimorfodinámicos, en forma de dunas, mantos de arena y barcanas. Estos se desarrollan con amplitud en las pampas de Sihuas, las Mellizas, Vítor, Repartición, Camino Chico, Tambillo, de la Horqueta y Tolomoco, Tulupampa y Uzuña en la parte alta de la cuenca.

7.4 La Erosión

Se le conoce como el desgaste de los terrenos (pueden ser agrícolas) debido al arrastre o pérdida progresiva del suelo por acción de los agentes erosivos (agua, viento, hombre, etc.) y por el mal manejo de los recursos naturales.

La cuenca tiene una geografía compleja, con pronunciadas variaciones de clima, que aunada a la sobre explotación y mal uso del suelo y aguas, producen la erosión. En el Mapa N° 1, se presentan los grupos litológicos más susceptibles a la erosión.

La erosión puede ser un proceso lento o violento. El agua de lluvia o riego que llega a la superficie del terreno tiene energía y desprende las partículas finas del suelo que luego son arrastrados hacia las partes bajas, las quebradas y los ríos. Es un proceso irreversible porque el suelo perdido no se recupera jamás. El agua se lleva la capa capa más rica, fina y fértil del suelo. Entendamos que para formar una capa de un centímetro de espesor la naturaleza puede tardar cientos de miles de años y la erosión la destruye tan sólo en unos años o a veces en pocos días u horas.

La deforestación o tala indiscriminada de los bosques, el sobrepastoreo, las abundantes y persistentes precipitaciones sobre terrenos con pendiente pronunciada, la falta de protección de los suelos de ladera y el mal manejo de las aguas de regadío en terrenos con fuerte pendiente, son las principales causas de la erosión.

Las consecuencias de la erosión son varias, nombraremos sólo las más importantes:

- Empobrecimiento del suelo.
- Disminución de la producción agrícola.
- Escasez de productos en los mercados.
- Migración de la población rural hacia las ciudades.
- Estragos en la economía campesina y la economía nacional.

- Aumento de la importación de alimentos con la consecuente fuga de divisas y la dependencia alimentaria del país.
- Disminución de la frontera agrícola.
- Los suelos erosionados necesitan de mayor inversión en insumos para producción.
- Deterioro de viviendas, instalaciones y otras estructuras por huaycos, deslizamientos, aludes, inundaciones, sedimentación, etc.
- Disminución de las posibilidades de autoabastecimiento alimentario, de desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida.

8.0 PRINCIPALES RIESGOS GEOLÓGICOS EN LA CUENCA

En este Capítulo se estudian los principales riesgos geológicos, en términos de amenaza, que pueden afectar a personas y obras de infraestructura; éstos se producen como consecuencia de la dinámica propia del medio geológico, correspondientes a acciones previsibles a escala de tiempo humano y fruto de los procesos de geodinámica externa e interna.

Los factores desencadenantes son productos de procesos independientes en gran medida, aunque no totalmente de la voluntad humana. Como las inestabilidades producidas en la Qda. El Cazador en la Represa del Frayle.

A continuación se presentan, de manera compacta y por tipo de fenómeno, los sectores críticos encontrados. Su localización respectiva está en el Mapa N° 3.

Inundaciones

Son producto de las avenidas extraordinarias, causadas por fuertes precipitaciones, estos fenómenos se dan principalmente en el denominado "valle estrecho inundable" en la cuenca baja, principalmente en los tramos: Chapi Chico-La Chilina (río Chili), Sachaca-Quishuarani (río Chili), Palca-Boyadero (río Vítor), Lluccla-Las Higuieritas (río Sihuas) y Huañamarca-Pueblo Nuevo (río Quilca). También en los sectores de Polobaya y Quequeña-Yarabamba (río Yarabamba).

En algunos sectores de la cuenca alta, donde el río discurre formando pequeños meandros, como en los sectores: Imata (río Chili) y en algunos tramos del río Sumbay

En el Cuadro N° 12, se presentan algunos de los sectores más propensos a las inundaciones y desbordamientos en la cuenca.

Daños a terrenos de cultivo, puede afectar a las defensas de la C.H. de Quilcampa

Deslizamientos

Forma de remoción en masa, en la cual el suelo y/o la masa rocosa, se desprenden y desplazan cuesta abajo, como una sola unidad, sobre una superficie de deslizamiento.

En la cuenca, las zonas de deslizamientos más activas se localizan en el valle del río Sihuas (margen izquierda) y en el valle del río Vítor (margen izquierda), debido a la incompetencia del material de la Formación Moquegua y Formación Sotillo respectivamente.

En el valle del río Vítor, se observa un ensanchamiento apreciable, producto del colapso de las laderas, en la parte del valle en la que se localiza la Fm. Sotillo, (aguas arriba del puente Panamericana), encontrándose muy meteorizada, fracturada y deformada (lutitas, areniscas arcóscicas y tufáceas, areniscas conglomerádicas, yeso). En algunos sectores estos deslizamientos se han reactivado, como el observado en el sector de El Tambo, producto de las infiltraciones de agua de regadío y canales.

También en el sector entre Sotillo (puente Panamericana) y La Ophela, se han localizado grandes deslizamientos en la Fm. Moquegua (areniscas arcóscicas y arcillas rojas, muy fracturadas, láminas de yeso y conglomerados). Estos están reactivados en algunos sectores como frente a Tacar, Huachipa y a La Cosio.

En el valle del río Sihuas los deslizamientos se han producido en las areniscas feldespáticas arcillosas (yeso). Produciendo cambios bruscos en la dirección del río; estos deslizamientos se hallan, por la margen izquierda, entre Santa Ana y Sónдор, siendo la más crítica la que se ubica entre Tambillo y Sónдор. En la margen derecha se localizan entre Zarzal y Pachaquí.

Las reactivaciones se produjeron y producen en los dos valles, (coincidentemente en la margen izquierda) con la puesta en marcha de las grandes irriga-

CUADRO N° 12
INUNDACIONES EN LA CUENCA DE LOS RÍOS QUILCA-SIHUAS-VÍTOR

SECTOR	CÓDIGO PLANO	CARACTERÍSTICAS	DAÑOS
Cujan	AP ₄	Ambas márgenes del río Sihuas, terrenos de cultivo cerca a las riberas	Puede afectar terrenos de cultivo
Socavón		Ambas márgenes del río Vitor	Terrenos de cultivo
La Cano		Ambas márgenes del río Vitor. ZONA CRITICA	Extensos terrenos de cultivo
La Chilina	A ₂₈	Márgen derecha del río Chili	Terrenos de cultivo
Club Internacional	A ₂₇	Desbordes del río Chili, margen derecha, fuertes precipitaciones	Posibles daños a las instalaciones del Club
Santa Ana	AP ₁₁	Desbordes del río Sihuas	Daños a terrenos de cultivo
Pachaqui Grande	AP ₁₂	Desbordes del río Sihuas	Daños a terrenos de cultivo
San Juan de Sihuas (800 m aguas abajo)	AP ₁₃	Desbordes del río Sihuas	Daños a terrenos de cultivo
Tambillo (2 Km aguas abajo)	AP ₁₄	Desbordes del río Sihuas	Daños a terrenos de cultivo
San Basilio	AP ₁₅	Desbordes del río Sihuas	Daños a terrenos de cultivo y viviendas rurales.
Oquines	AP ₁₆	Desbordes del río Sihuas	Daños a terrenos de cultivo
Pitay	AP ₁₇	Desbordes del río Sihuas	Daños a terrenos de cultivo
Liucclla (aguas abajo)	AP ₁₈	Desbordes del río Sihuas	Daños a terrenos de cultivo
Quilcapampa	AP ₁₉	Desbordes del río Sihuas	Daños a terrenos de cultivo, puede afectar a las defensas de la C.H. de Quilcapampa

CUADRO N° 12A

DESLIZAMIENTOS EN LA CUENCA DE LOS RÍOS QUILCA-SIHUAS-VÍTOR

SECTOR	CODIGO PLANO	CARACTERÍSTICAS	DAÑOS
El Tambo	A ₄	Areniscas y lodolitas bien fracturadas, ruptura del canal de irrigación de La Cano, filtraciones.	Terrenos de cultivo, trocha carrozable a Socavón
San Basilio	A ₁₅	Materiales Inconsolidados (gravas y arenas), agua de regadío	Se puede reactivar, afectando terrenos de cultivo
C Lluracmocco	A ₁₉	Intenso fracturamiento, de las rocas, material de cobertura suelto, fuerte pendiente (ZONA CRÍTICA).	Puede afectar la carretera Huanca-Taya, represar la qda. Lisera.
Frente a Taya	A ₂₀	Rocas del Grupo Yura (are. lutáceas y dz.) muy fracturadas, dep. proluviales.	Puede afectar la carretera afirmada Taya-Lluta.
Lluta	A ₂₁	Antiguo deslizamiento reactivado, mal uso de agua de regadío, precipitaciones	Puede destruir la carretera a Lluta.
San Juan de Sihuas	AP ₃	Areniscas muy fracturadas, filtraciones, sismos.	Puede afectar terrenos de cultivo y represar el río Sihuas (ZONA CRÍTICA)
Santa Isabel	AP ₆	Incompetencia del material (F. Moquegua), filtraciones	Puede causar represamiento del río Sihuas.
Frente a Tintin	AP ₇	Incompetencia de los materiales, fuertes precipitaciones, erosión fluvial, sismos.	Reactivaciones pueden causar el represamiento del río Sihuas.
La Ramada	AP ₉	Incompetencia de los materiales, socavamiento del río.	Puede represar el río Sihuas.
Km 16+500 Carretera Arequipa	CH ₁	Material cuaternario inconsolidado, filtraciones, talud de corte inestable.	Afecta carretera.
Chihuata	J ₁	Incompetencia de la F. Moquegua, filtraciones de aguas de irrigación sismos. ZONA CRÍTICA	Reactivaciones pueden represar el río Vítor, daños en la agricultura
Frente a Tacar	J ₃ , J ₄	Incompetencia de la F. Moquegua, filtraciones, fuerte pendiente, sismos. ZONA CRÍTICA	Puede represar el río Vítor.
Frente a Huachipa	J ₅	Incompetencia de la F. Moquegua, sismos, fuerte pendiente, filtraciones. ZONA CRÍTICA	Puede represar el río Vítor
Frente a La Cosío	M ₁	Intenso fracturamiento en gneis, sismos, fallas en cuña y planares	Puede represar el río Sihuas y afectar pueblos aguas abajo

ciones: Santa Rita de Sihuas, Vítor, La Joya, San Isidro, San José, etc. Fotos N° 15 y 16

Otros sectores con problemas de deslizamientos son los localizados en el río Pichirijna, afectando la carretera Huanca-Taya. Foto N° 17

Derrumbes

Caída violenta de materiales, en macizos rocosos y/o depósitos de cobertura, son originados por: heterogeneidad litológica, meteorización, fracturamiento, fuertes pendientes, humedad y/o precipitaciones, sismos, congelamiento de agua en las fracturas, presión de las raíces de los árboles en las fracturas.

Estos fenómenos suelen producirse en taludes verticales en suelos inconsolidados a medianamente consolidados, rocas muy fracturadas y en el corte de carreteras, canteras, acantilados marinos, taludes de terrazas, etc. Foto N° 18

En la cuenca del río Quilca-Sihuas-Vítor se han ubicado muchas zonas de derrumbes; en el Cuadro N° 13, se presentan la relación de derrumbes más importantes.

Lahars

Se denominan así a los "flujos de barro" que están constituidos casi exclusivamente por materiales volcánicos (cenizas, lapilli, bombas y bloques de rocas), estos se extienden hacia los focos eruptivos.

Un lahar se compone de una mezcla de materiales finos y agua, que en su arrastre pueden acarrear materiales gruesos y grandes bloques. Estos descenden por las laderas de las montañas a velocidades de hasta 100 km/h con recorridos de hasta 300 km.

Los lahars son considerados como los principales agentes de destrucción en las zonas volcánicas de la Tierra y es uno de los riesgos más importantes si se localizan en zonas glaciadas.

En la cuenca se pueden producir por:

- Fusión rápida del hielo y la nieve de las laderas y áreas adyacentes de un volcán, ante una reactivación de éstos: Ampato y Sabancaya.
- Por la caída de antiguos residuos rocosos, provocados por explosiones, que interrumpen los cursos de agua: Ubinas, Misti.
- Por el descenso hasta las corrientes de agua de aludes incandescentes o torrentes de ceniza: Misti, Ubinas, Sabancaya, Misti, Chachani.
- Por el desplazamiento ladera abajo, iniciado por un sismo, de cenizas o suelos saturados de agua: Misti, Ubinas, Ampato.
- Por acumulación de cenizas volcánicas sobre el hielo o nieve: Ampato, Sabancaya.
- Por la brechación de la lava que fluye sobre nieve, hielo o terrenos muy húmedos de las laderas del volcán.
- Por lluvias copiosas sobre materiales sueltos en las laderas de las montañas de naturaleza volcánica: Misti, Ubinas, Chachani, Sabancaya.

En la actualidad la presencia de nieve y hielo sólo se localiza en los volcanes Sabancaya (en actividad) y Ampato, siendo éstos los de mayor riesgo en lahars. Los volcanes Ubinas (actividad fumarólica), Misti (actividad fumarólica) y Chachani no presentan nieves perpétuas, pero en la época de invierno sus laderas pueden estar cubiertas de nieve, aumentando el riesgo en estas épocas. Por lo tanto existe riesgo en las zonas de influencia de los volcanes "activos" y "latentes" de la cuenca. Ver Cuadro N° 14. Fotos N° 19 y 20

Se han observado restos de pequeños lahars en las laderas del Pichu Pichu y del Ubinas. Foto N° 20

Flujos de Barro (huaycos)

Se denomina así al desplazamiento lento o rápido de materiales, cuesta abajo, por la acción conjunta de la gravedad y la saturación del material. Se forman principalmente después de lluvias torrenciales. El desplazamiento del material

CUADRO N° 13

DERRUMBES EN LA CUENCA DE LOS RÍOS QUILCA-SIHUAS-VÍTOR

SECTOR	CÓDIGO PLANO	CARACTERÍSTICAS	DAÑOS
Pueblo Nuevo	A ₂	Intenso fracturamiento de las rocas, sismos	Peligra asentamiento humano
Valencia Grande	A ₃	Rocas de la F. Moquegua muy fracturadas (paralela al talud), sismos	Daños en la Trocha carrozable y en terrenos de cultivo.
Mocoro	A ₅	Fracturamiento en la F. Moquegua, sismos	Puede afectar terrenos de cultivo y granjas.
La Cano	A ₆	Areniscas, lodolitas muy fracturadas, sismos, fuerte pendiente	Puede afectar viviendas y terrenos de cultivo.
Antigua carretera Panamericana	A ₇	Rocas intrusivas muy fracturadas, fallas planares y en cuña. ZONA CRÍTICA	Puede afectar la carretera afirmada La Joya-Pozo Blanco-Quishuarani, embalsar el río Chili y obstruir la ventana del túnel de conducción del canal a la Joya.
Río Chili	A ₈	Intenso fracturamiento de las rocas intrusivas, formando fallas planares y en cuña. ZONA CRÍTICA	Puede afectar terrenos de cultivo y represar el río Chili.
Río Chili	A ₉	Intenso fracturamiento de rocas intrusivas, sismos.	Represamiento del río Chili
Qda. El Cuico	A ₁₀	Tobas muy fracturadas, sismos.	
Cantera Caihua	A ₁₁	Intenso fracturamiento de la roca, depósitos proluviales y aluviales	Puede afectar la carretera.
Mollebaya Grande	A ₁₃	Tobas fracturadas, bloques grandes a medianos, sismos.	Puede represar el río Yura y afectar trocha.
Mollebaya Chico	A ₁₄	Tobas muy fracturadas con bloques grandes a medianos en ambos flancos del río Chili	Puede afectar viviendas rurales y terrenos de cultivo
Murco	A ₁₆	Incompetencia de los materiales en la F. Yura Tobas muy fracturadas F. Yura muy fracturada, filtraciones	Puede afectar terrenos de cultivo y viviendas rurales
Qda. Pichirigna	A ₁₇	Agrietamientos paralelo al talud, en dep.	
Al pie de San Basilio	A ₁₈	proluviales sismos	Puede afectar trocha carrozable
San Juan	AP ₂	Agrietamientos en depósitos proluviales, bloques sueltos, sismos	Puede afectar puente Pais Vasco
Km 917+500 Carretera Panamericana	AP ₁	F. Moquegua muy fracturadas, sismos	Puede afectar trocha carrozable
Cujan-Tambillo	AP ₄	F. Camaná muy fracturada, fuerte pendiente, sismos	Puede interrumpir la carretera Panamericana
Qda. La Pila-Agua Salada	C ₁	Rocas volc. muy fracturadas y alteradas, dep. inconsolidados	Puede interrumpir la carretera afirmada a Zondor, terrenos de cultivo
Tunel C° Yareta	CH ₃	Rocas volc. muy fracturadas, fuerte pendiente, sismos, volcanismo. ZONA CRÍTICA	Afecta trocha carrozable
Ladera Oeste del Volcán Misti	CH ₄	Rocas volcánicas muy fracturadas, sismos, fuerte pendiente	
Cañón de Charcani	CH ₅		Puede afectar la Central Hidroeléctrica de Charcani, represar el río Chili. Puede represar el río Chili aguas arriba de la Central Hidroeléctrica.

CUADRO N° 13 (Continuación)

DERRUMBES EN LA CUENCA QUILCA-SIHUAS-VÍTOR

SECTOR	CÓDIGO PLANO	CARACTERÍSTICAS	DANOS
Carretera Charcani	CH ₆	Intenso fracturamiento en las rocas volcánicas, sismos, desprendimientos de rocas	Afecta la carretera a Charcani
Cabrería	CH ₉	Dep. coluviales inconsolidados, grandes bloques sueltos, sismos	Afecta antigua carretera Arequipa-Cusco
Aguada Blanca	CH ₁₂	Intenso fracturamiento de la roca, fuerte pendiente, sismos	Puede represar el río Chili
La Capilla	J ₁₂	Rocas de la F. Moquegua muy fracturadas, fuerte pendiente, incompetencia de los materiales, sismos	Afecta la trocha carrozable, viviendas rurales, terrenos de cultivo, en un tramo de 170 m.

CUADRO N° 14

LAHARES EN LA CUENCA DE LOS RÍOS QUILCA-SIHUAS-VÍTOR (POSIBLES)

SECTOR	CÓDIGO PLANO	CARACTERÍSTICAS	DANOS
Volcán Misti	CH ₁₆	Laderas con fuertes pendientes. Puede provocarse por: erupción volcánica, fuertes precipitaciones, sismos	Zona de alto riesgo, con consecuencias catastróficas en el valle del río Chili y en Arequipa
Volcán Sabancaya	CHI ₁	Erupción volcánica, fuertes precipitaciones, sismos, en actividad.	Consecuencias catastróficas en el valles de Sihuas.
Volcán Ampato	CHI ₂	Erupción volcánica, fuertes precipitaciones, sismos. Riesgo alto	Consecuencias catastróficas en el valle de Sihuas.
Volcán Ubinas	I ₃	Abundante material suelto en sus faldas, erupción, sismos, fuertes precipitaciones., pequeña actividad fumarólica en la actualidad	Consecuencias catastróficas en el valle del río Tambo. En la cuenca el riesgo es bajo.



Foto N° 14. Zona de inundación que puede comprometer la C.H. de Quilcapampa, río Sihuas.



Foto N° 15. Filtraciones de agua de los canales de irrigación en la parte superior, una de las principales causas de los deslizamientos en los valles de los ríos Sihuas y Vitor, en rocas de la Formación Moquegua.



Foto Nº 16. Deslizamiento frente a Tacar que compromete rocas de la Fm. Moquegua, aguas abajo del puente en la carretera Panamericana Sur, valle del río Vitor.



Foto N° 17. Deslizamiento en la carretera Huanca-Taya, sobre el río Pichirijna. Zona crítica.



Foto N° 18. Derrumbes en el sector Valencia Grande (valle del río Vitor), sobre rocas de la Fm. Moquegua que compromete a la trocha carrozable.



Foto N° 19. Lahars antiguos de las quebradas que drenan las faldas del volcán Misti. Quebrada El Huarangal.



Foto N° 20. Pequeños lahars en el volcán Pichu Pichu.

puede ser en estado plástico (chorreras, llocllas o llapanas) o en estado líquido a semi-plástico (huaycos, aluviones, golpes de cuchara). Los flujos de barro pueden ser, según su ocurrencia, periódicos, ocasionales y excepcionales. Los últimos se producen generalmente en la parte baja de la cuenca

En la cuenca estudiada los flujos de barro están localizados principalmente en los flancos del río Yura, Qda. Gramadal, laderas del Misti y Pichu Pichu, así como también en el río Sihuas (aguas arriba de Huarangal) Foto N° 21.

Se denominan torrentes a las avenidas de agua que se forman por la confluencia de arroyos formados inmediatamente después de fuertes precipitaciones; desarrollándose geográficamente en quebradas o torrenteras. Estos constituyen el sistema natural de drenaje de las quebradas de las laderas suroccidentales del Volcán Misti: Qda. de San Lázaro, Huarangal, Huarangueros, Independencia y otros, que en la ciudad de Arequipa constituyen el sistema de drenaje.

Al ocurrir una fuerte precipitación en la zona de captación de las torrenteras (ladera SO del Misti) se produce lo que se denomina "entrada de torrenteras" que no es más que una riada súbita y violenta, de pocas horas de duración.

El crecimiento indiscriminado de la ciudad (por falta de planificación), su mal sistema de alcantarillado, la invasión de los cauces naturales, la construcción de puentes y pasos sin estudios previos, la acumulación de desmonte en los cauces y la falta de limpieza de los mismos, hace que la incursión de una riada tenga características destructivas afectando viviendas y vías de transporte urbano, ocasionando ingentes pérdidas de horas/hombre con la interrupción del tránsito en la ciudad. Es importante recalcar que con lluvias excepcionales, éstas torrenteras se pueden convertir en "huaycos" (existen las condiciones), en este caso las consecuencias para la ciudad serían desastrosas.

En el Cuadro N° 15, se presentan los principales flujos de barro localizados en la cuenca.

Desprendimiento de rocas

Es uno de los riesgos geológicos más comunes en la cuenca. Se localizan principalmente en los flancos de los valles, debido al intenso fracturamiento, la poca competencia de las rocas, meteorización diferencial y fuertes pendientes.

Se les encuentra con frecuencia en los valles de Sihuas (areniscas, lodolitas, tobas), Vítor (areniscas, conglomerados, tobas), Chili (tobas, andesitas, ignimbritas, aglomerados, tufos, granodioritas), y Quilca (gneis, granitos). En el Cuadro N° 16, se presentan las principales zonas de la cuenca, donde ocurren desprendimientos de rocas. Fotos N° 26 y 27

Vulcanismo

El vulcanismo sudamericano está asociado a los primeros movimientos de la Cordillera Andina y a las grandes fallas paralelas a la costa. Los volcanes Ampato, Chachani y Misti se encuentran alineados con un rumbo aproximado de N45°O, sugiriendo un control por una sola línea de debilidad en las rocas más antiguas a través de la cual, irrumpieron los materiales que hoy forman los citados volcanes. De igual manera el volcán Ubinas está alineado con los volcanes Tutupaca, Torata y Tacora (Bolivia) y las zonas volcánicas de Caylloma (Cuenca del río Colca) siguen un alineamiento con rumbo N36°O, es decir una diferencia de 9° con la anterior, lo que demuestra cierto paralelismo.

También los volcanes Coropuna, Solimana y Sara Sara, siguen un alineamiento que resulta ser transversal a las anteriores y que coincide con el cambio de dirección que tiene el litoral peruano. Todo esto induce que la Tectónica de Placas está asociada con estas manifestaciones.

En la cuenca de estudio se localizan numerosos conos volcánicos: activos, latentes e inactivos.

Volcán Sabancaya-Ampato

Volcán de tipo simple, es parte del complejo del Ampato. Tiene una altura de 5 967 m, con una estructura que se alza a 1 600 m de la superficie.

Volcán de categoría activo (eruptivo), es el más joven componente del complejo consistente en tres centros: Hualca Hualca al norte, Sabancaya y Ampato hacia el sur, reportándose erupciones hace 300 años.

Entre diciembre de 1986 y junio de 1988 una cúpula de lava había crecido en el cráter y exhibió una fuerte actividad fumarólica, expulsando tefras, vapor y



Foto N° 21. Huayco en la quebrada Demillo; afecta terrenos de cultivo.



Foto N° 22. Torrentera San Lázaro (Arequipa),
aguas arriba del Puente Olaya.

Cuadro N° 15

PRINCIPALES FLUJOS DE BARRO LOCALIZADOS EN LA CUENCA

QUEBRADA O RÍO	CÓDIGO PLANO	CARACTERÍSTICAS Y DAÑOS
Qda. de Millo	A ₁₂	Puede reactivarse con lluvias excepcionales y/o ocasionales, con una amplia cuenca de recepción y abundante material suelto. Puede destruir terrenos de cultivo.
Río Yarabamba	P ₁	Se reactiva con lluvias excepcionales, amplia cuenca de recepción. Puede afectar la carretera Yarabamba-Chapi (bado), en un tramo de 160 m y terrenos de cultivo.
Qda. Nivera	CH ₂	Con fuertes precipitaciones, gran cuenca de recepción, abundante material suelto, puede afectar la carretera Arequipa-Juliaca-Puno en un tramo de 100 m y terrenos de cultivo (antiguo lahar)
Qda. Cacharma	AP ₈	Fuertes precipitaciones pluviales, extensa cuenca de recepción, abundante material suelto en sus laderas. Puede afectar el acueducto del canal de conducción de la Central Hidroeléctrica de Quilcapampa, terrenos de cultivo
Qda. Písac	CH ₇	Se puede reactivar con precipitaciones excepcionales y/o ocasionales, abundante material suelto, fuerte pendiente. Daños a la carretera Arequipa-Cusco (sector Cabrería), puede represar el río Chili.
Torrentera Zamácola (Chullo-Azufra)	A ₂₅	Precipitaciones excepcionales, amplia cuenca de recepción, fuerte pendiente, invasión del cauce. Se pueden producir grandes daños en Dean Valdivia, puente La Concordia, Urb. Juan XXIII, Primavera, Los Cedros (ZONA CRÍTICA), Magisterial; Flora Tristán, sector La Cervecería La Dorada (ZONA CRÍTICA) y la línea férrea Arequipa-Juliaca
Torrentera Independencia	A ₂₆	Precipitaciones excepcionales y/o ocasionales, vertido de basura y escombros en su cauce, construcción de la Av. Fernando Mostajo. Puede afectar áreas adyacentes a la Av. F. Mostajo y a su desembocadura
Torrentera San Lázaro	A ₂₄	Precipitaciones excepcionales y ocasionales, fuerte pendiente, invasión del cauce por viviendas. Posibles daños en el pueblo de San Lázaro (torre de alta tensión) y su desembocadura en el río Chili
Torrentera Miraflores	A ₂₃	Fuertes precipitaciones, cuenca de recepción amplia, material suelto abundante, invasión del cauce por viviendas, puentes. Daños en Urb. Francisco Mostajo, Av. Puente Amao, aguas abajo del puente Elias Aguirre, importantes daños entre Puente Zarumilla-Ovalo y Mercado de Productores-Urb. Manzanitos.
Torrentera Melgar	A ₂₂	Fuertes precipitaciones, cuenca de recepción grande, abundante material suelto, basura en el cauce e invasión del mismo por viviendas. Daños en la Urb. Miguel Grau, San Bernardo y Santo Domingo, frente a la Feria del Altiplano, Urb. Pablo VI, terminal terrestre. Fuertes daños a la altura del Cuartel Arias Araguez, Pte Parque Industrial, Urb. Los Rosales. Qdas. de aporte: Guarangal y Huarangueros
Torrentera Paucarpata	CH ₄	Precipitaciones excepcionales y/o ocasionales, invasión del cauce por viviendas y terrenos de cultivo. Daños posibles en las cercanías de los badenes Av. Jesús, Av. Kenedy y calle Colón, puente San Martín y áreas adyacentes. Daños fuertes en la Av. Santa Clara, Urb. California, Baden calle Colón-P.J. San Salvador y Urb. El Porvenir.

Cuadro N° 16

**DESPRENDIMIENTOS DE ROCAS EN LA CUENCA
QUILCA-SIHUAS-VÍTOR**

SECTOR	CÓDIGO PLANO	CARACTERÍSTICAS	DAÑOS
La Chilina	A1	Rocas volcánicas muy fracturadas y alteradas, fuerte pendiente, sismos	Posibles daños en la carretera afirmada, terrenos de cultivo, puede represar el río Chili
Mollebaya Grande	A13	Intenso fracturamiento de las rocas volcánicas, grandes bloques sueltos	Puede represar el río Chili y afectar viviendas rurales
Qda. Honda	A29	Intenso fracturamiento de la roca volcánica, fuerte pendiente, sismos	Daños a terrenos de cultivo
Puente Quishuarán	A30	Flancos del río Chili muy fracturados, sismos	Puede represar río Chili
Lluclla	AP4	Fracturamiento de las rocas, sismos	Puede afectar viviendas rurales
Colpacocha	CH8	Incompetencia de las rocas volcánicas, fuerte pendiente	Puede afectar al caserío de Colpacancha
Volcán Misti	CH11	Cara NO, fuerte pendiente, fracturamiento intenso, abundante bloques sueltos,	Puede afectar las instalaciones del Complejo Hidroeléctrico de Charcani
Cerro Jayu	CH13	sismos, erupción Intenso fracturamiento de las rocas volcánicas, fuerte	Puede afectar un tramo importante de ferrocarril
Cabecera Qda. Jatun Acco	I2	pendiente. ZONA CRÍTICA Piroclastos muy fracturados,	Puede ocasionar daños en la carretera Arequipa-Puno
La Capilla	J6	sismos, precipitaciones Fracturamiento de las rocas de la F. Moquegua, fuerte pendiente, sismos	Afecta viviendas rurales

cenizas. El 29 de mayo de 1990 la actividad fumarólica del Sabancaya fue interrumpida por una actividad de fase explosiva.

Las fuertes perturbaciones periódicas acompañadas por erupciones con expulsión de cenizas y bloques resplandecientes, sugieren un vulcanismo activo. Inicialmente la actividad fue de 2 a 3 veces al día, pero reportes desde el 3 de junio de 1990 indicaron explosiones cada 20 minutos (fuerte olor a azufre y aumento del ruido), resultando emanaciones de vapores al NE y ENE con vientos densos a 5 km y caída de cenizas sobre los 10 km.

Alrededor de 6 000 personas viven en, cerca o a lo largo de los valles que drenan desde el complejo, flujos de lodo (lahars), lava, piroclastos pueden entrar al drenaje del río Sihuas con consecuencias lamentables, lo que se incrementaría, por la presencia de nieves perpetuas, si entrase en erupción el volcán Ampato. Es importante mencionar el alto riesgo existente en la Cuenca del río Camaná-Majes (Colca). Foto N° 29

Volcán Chachani

Volcán de tipo complejo, tiene una altura de 6 057 m, con una elevación de su estructura de 2 000 m. Es de categoría latente (durmiente).

El Chachani, localizado a 20 km al N de la ciudad de Arequipa, cubre un área de 360 km². Aunque no hay reportes de actividad en el pasado, fuentes termales brotan en los flancos Oeste y SO del mismo (Yura y Socosani respectivamente), que evidencian una actividad hidrotermal baja del sistema Chachani.

El Chachani presenta un riesgo potencial, los suburbios de Arequipa al Oeste del río Chili pueden ser vulnerables por flujos de piroclastos o lahars.

Volcán Misti

Volcán de tipo simple (estrato volcán), con una altura de 5 822 m, y una elevación de su estructura de 2 200 m, de categoría activo (fumarólico). Foto N° 28

Desde el cráter del Misti, se hacen visibles y constantes las fumarolas, que esporádicamente emite (1983, 1984 y 1985).

El Misti, normalmente, no presenta hielos permanentes, históricamente no se le conoce la presencia de glaciares. En épocas de verano (enero a marzo) se nota la presencia de nieve.

Los tipos de erupción más frecuentes del Misti; han sido las plíneanas, los antecedentes pre-históricos evidencian además la ocurrencia de grandes erupciones volcánicas.

La actividad eruptiva ha originado: flujos de lava, flujos piroclásticos incandescentes, avalanchas de roca, caídas de piroclastos y lahars.

El primer reporte que se conoce de las erupciones del volcán Misti data de 1440-1450, luego el 2 de mayo de 1677, 9 de julio de 1784, del 28 de julio al 10 de octubre de 1787, 1949, 1983, 1984 y 1985.

Entre las zonas amenazadas por el volcán Misti están: Quebrada San Lázaro, Qda. Agua Salada, Qda. Huarangal, Sta. Luisa, Miraflores, Mariano Melgar, Miguel Grau, Alto San Martín, Santo Domingo, río Andamayo; Central Hidroeléctrica de Charcani (I, II, III, IV y V), represas de Aguada Blanca y El Frayle, carreteras y caminos, la ciudad de Arequipa, Chiguata y alrededores.

La amenaza puede ser de diversas formas: **flujos de lava**, por su gran viscosidad, característica común de los volcanes andinos, tienen baja velocidad y corto alcance. Los **flujos piroclásticos**, son masas secas y de gran temperatura, densos en su parte baja y nubes turbulentas de ceniza en su parte alta. Se producen por colapso de la columna eruptiva vertical o por explosión lateral. Este es el fenómeno potencialmente más peligroso en las vecindades del volcán Misti. Puede causar muertes por asfixia, incendios, enterramiento o impacto. Los flujos piroclásticos, en caso de hundimiento de la columna, podrían alcanzar 21 km hacia el lado Sur del volcán donde se ubica la ciudad y 16,5 km hacia el Norte, en caso de alta energía y 15 a 12 km en caso de mediana energía. Esto amenaza principalmente el lado NE de la ciudad, las Qdas. San Lázaro y Agua Salada que nacen en la parte más baja del borde del volcán. Estudios de las columnas estratigráficas a lo largo de San Lázaro, efectivamente indican que en pasados eventos allí se han depositado materiales piroclásticos en zonas actualmente pobladas como, La Chilina, Independencia, Selva Alegre, etc. (MACEDO L. 1993). Si éstos se mezclan con agua, forman los flujos de



Foto N° 23. Torrentera Paucarpata, es recomendable utilizarla como cante-
ra de áridos, ya que ampliaría su capacidad de almacenamiento
ante posibles flujos.



Foto N° 24. Torrentera Melgar. Obsérvese la acumulación de desmonte y
basura.



Foto N° 25. Torrentera Miraflores, aguas abajo del puente Elías Aguirre. Nótese las construcciones cimentadas sobre el cauce.



Foto N° 26. Desprendimiento de rocas. Carretera Arequipa-Puno, sector Paty-Pampa Confital, cabecera de la quebrada Jatun Orco.



Foto N° 27. Desprendimiento de rocas, sector La Chilina, margen izquierda del río Chili.



Foto N° 28. Volcán Sabancaya en erupción.

barro o lahars que pueden bajar por las Qdas. que nacen del volcán y avanzar grandes distancias.

La **avalancha de escombros** se produce por debilitamiento del aparato volcánico, por explosión eruptiva, sismos o erosión en su base. La inestabilidad del edificio volcánico puede tener serias consecuencias sobre la ciudad, considerando que ésta se abastece casi exclusivamente de las aguas del Chili, que rodea al volcán. Además, sobre el río Chili al pie del volcán se ubica la Hidroeléctrica de Charcani, que proporciona energía eléctrica a la ciudad de Arequipa y al Sur del Perú.

Las caídas de piroclastos constituídas principalmente por cenizas y fragmentos de pómez, dependen del volumen de emisión, sus características y la dirección y velocidad de los vientos.

Volcán Ubinas

Volcán de tipo complejo, con una altura de 5 675 m y una elevación de su estructura de 1 200 m. Volcán de categoría activa (fumarólica).

Es un volcán de amplio y casi simétrico cono, con apariencia, truncada debido a la larga cima del cráter.

Diversos flujos "juveniles" de lava están presentes en el flanco oeste, cubriendo morrenas terminales cercanas a los 10 000 años. El Ubinas ha estado en actividad intermitente, erupciones fueron reportadas en 1677, 1784 y 1800. En la actualidad presenta una débil actividad fumarólica.

El mayor riesgo por flujos piroclásticos o lahars se halla al SE de la ladera del volcán (cuenca del río Tambo).

Sismicidad

El Sur del Perú, por su ubicación en el borde occidental de Sudamérica, se encuentra en el área de influencia del proceso de convergencia de las placas de Nazca y Sudamericana, caracterizada por su alta sismicidad y la ocurrencia eventual de sismos destructivos. Se sabe que la región de Arequipa ha sido

afectada, con variable severidad, por más de 30 terremotos, siendo los más importantes los de 1958, 1960 y 1979, ocurridos en los últimos 35 años.

El Sur del Perú y el Norte de Chile constituyen una zona común de silencio sísmico, pues en la zona de subducción no se producen sismos de gran magnitud desde 1868; cuando un devastador sismo destruyó las poblaciones ubicadas en la franja comprendida entre Camaná (Perú) y Pisagua (Chile) y un ancho promedio desde la costa de 120 a 150 km. Arica, Ilo y otras ciudades costeras fueron destruidas por tsunamis. Por su parte STUART P. NISHENKO (1995), señalan que en la zona común de silencio sísmico Sur del Perú - Norte de Chile, existe una probabilidad condicional estimada entre 50 y 100% que, entre 1986 y el año 2000, ocurra allí un terremoto de gran magnitud.

Según LAZO M. et al (1991), se han identificado 9 fuentes sísmicas, que sirvieron de base para la zonificación del peligro sísmico de Arequipa y el Sur del Perú. De acuerdo a esto, le corresponde a la región de Arequipa y sur del Perú, valores máximos de aceleraciones de 260, 300 y 340 gals para períodos de exposición de 30, 50 y 100 años respectivamente. Ver Gráfico N° 11.

Tsunamis

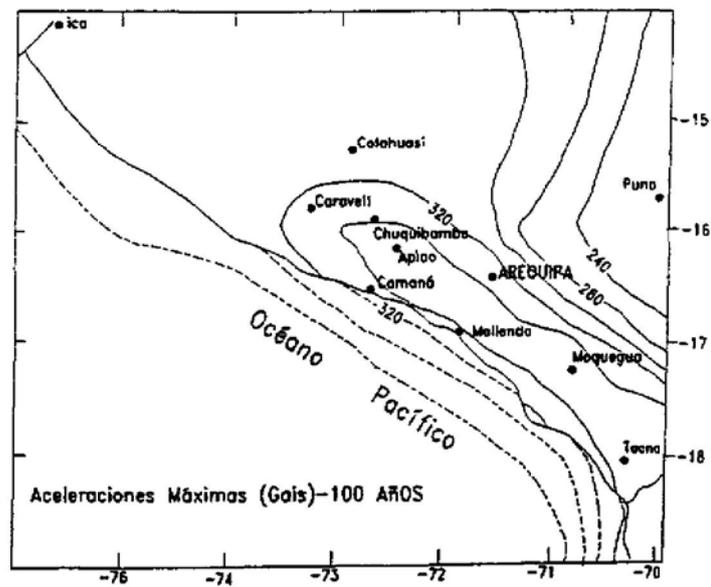
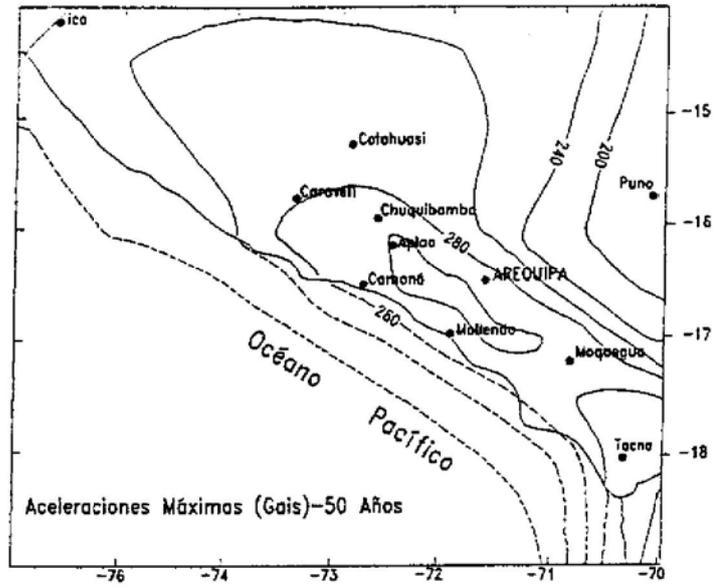
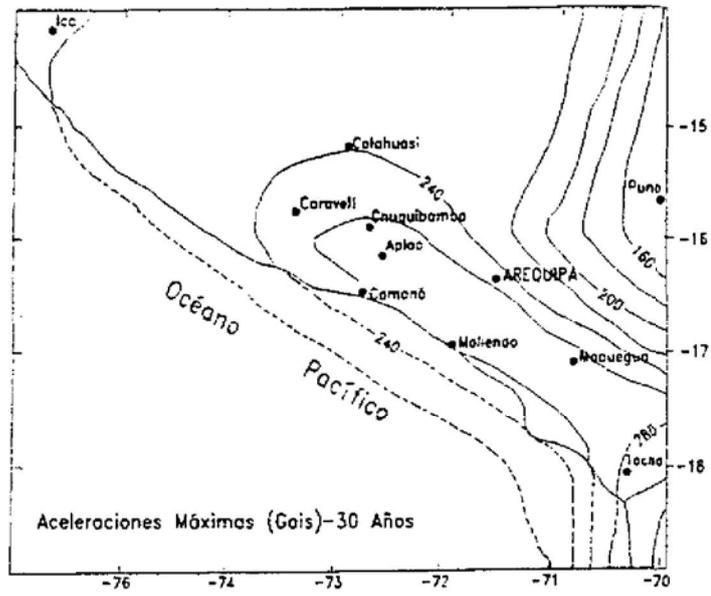
Tsunami ó maremoto, son ondas generadas por una fuerte actividad sísmica en el fondo marino (terremoto submarino, explosión volcánica submarina o un deslizamiento en el fondo del mar). Estas ondas llevan gran velocidad y energía, sus efectos son devastadores al llegar a las costas. Por lo común se producen cuando ocurre un sismo de intensidad mayor de 7,5 grados en la escala Richter. Las olas llegan a las costas con intervalos de 10 hasta 70 minutos y pueden alcanzar grandes alturas al llegar a ésta: hasta 30 m en bahías en forma de "U" o "V" abiertas a mares profundos. En el Perú se han registrado numerosos tsunamis, siendo los más importante los del 9 de julio de 1586 (Lima), 12 de mayo de 1664 (Pisco, Ica), 28 de octubre de 1746 (Callao, Chancay, Huacho), 1ro de diciembre de 1806 (Callao), 13 de agosto de 1868 (Trujillo-Arica) y finalmente el 1ro de abril de 1946 (Chile, Perú, Ecuador y Colombia).

La costa sur del Perú y norte de Chile, se caracteriza por la ocurrencia de sismos de gran magnitud, del orden de 8 a más, en la zona de subducción. Estos eventos han causado severos daños por vibraciones sísmicas e inundación por tsunamis en las costas bajas, como el terremoto ocurrido el 13 de agosto de

1868, cuya magnitud asignada fue de $M_s = 8,5$ grados Richter y un tsunami asociado a éste cuya magnitud asignada fue de $m = 4$ (INAMURA & LIDA), que destruyó la faja costera y parte de la sierra de los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna. Arica e Ilo fueron arrasadas por olas gigantescas.

Asumiendo un terremoto similar al del 13 de agosto de 1868 ($M_s = 8,5$ y $m = 4$), la altura de la ola y el tiempo de arribo de la primera ola a Chala será de 9,78 m y 5 minutos: para Mejía de 8,23 m y 10 minutos y a Mollendo de 8,74 m y 8 minutos.

En la cuenca afectaría a zonas rurales y terrenos de cultivo cercanos a la desembocadura del río Quilca.



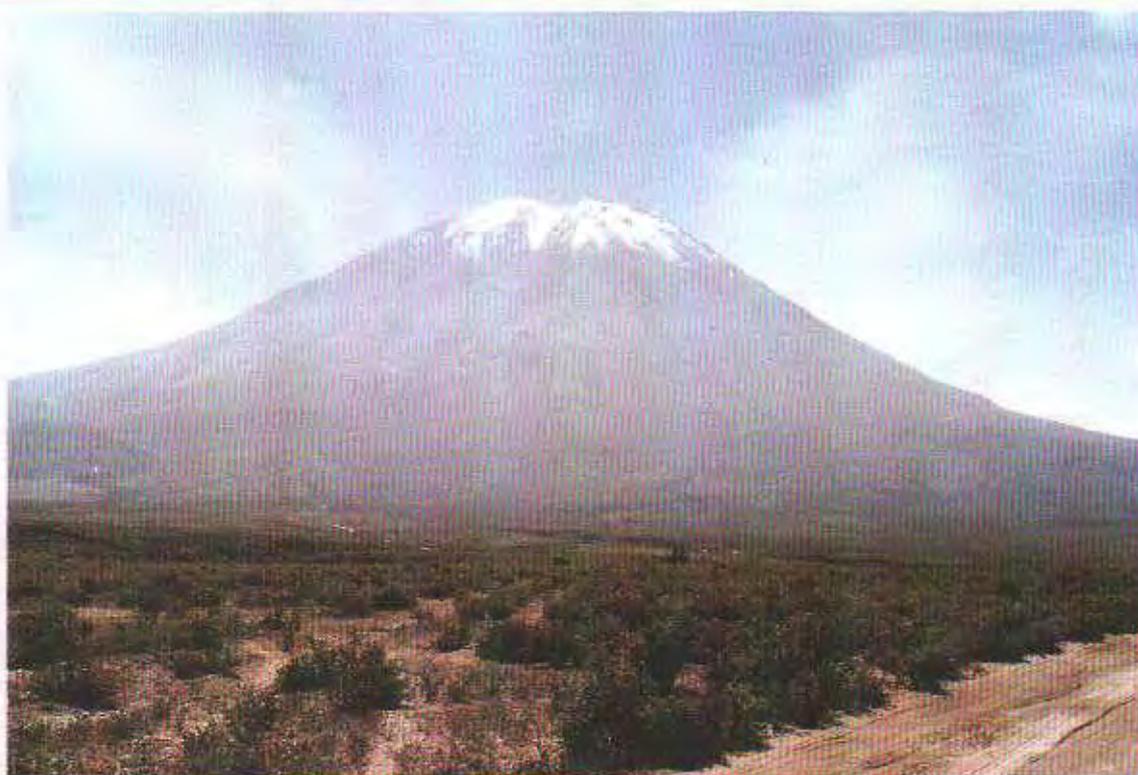


Foto N° 29. Volcán Misti.

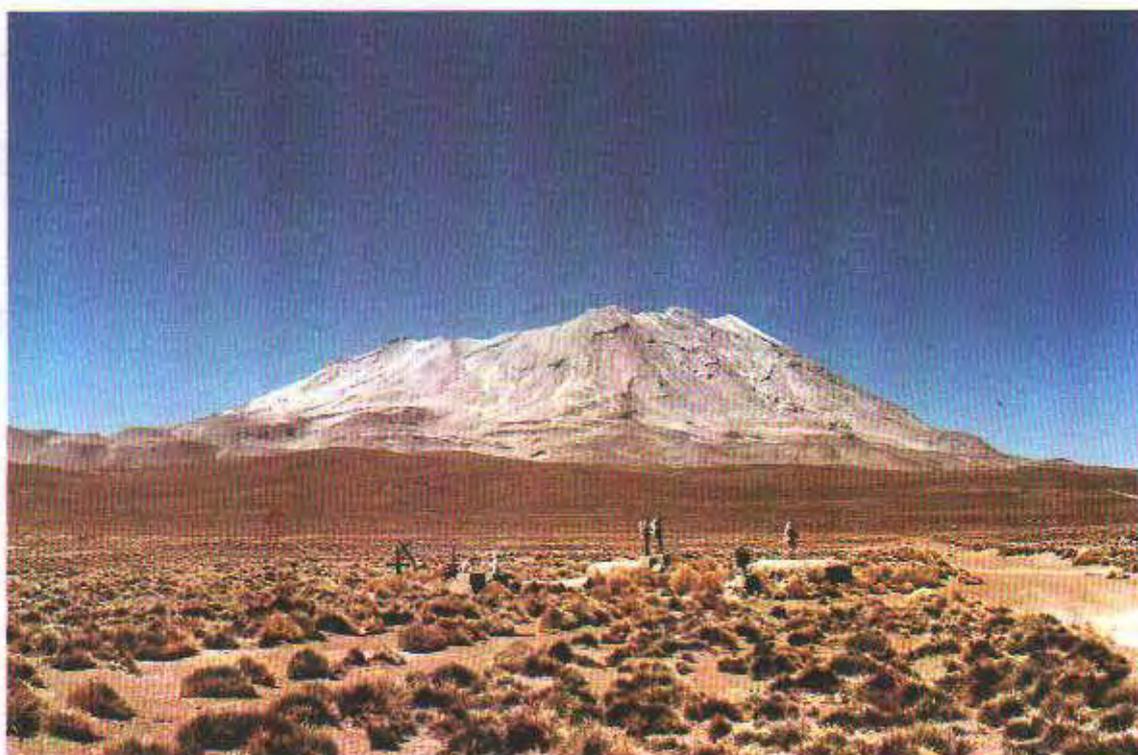


Foto N° 30. Volcán Ubinas.

9.0 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

9.1 Zonas críticas

En la cuenca de los ríos Quilca, Sihuas y Vítor se han localizado 15 zonas críticas. La principal amenaza son los deslizamientos, seguido por lahars, derrumbes y desprendimientos de roca. Las zonas críticas presentan un alto riesgo y podrían ocasionar ingentes daños en las áreas afectadas. En el Cuadro N° 17 se presenta un resumen de las principales zonas críticas de la Cuenca.

9.2 Evaluación de los principales centros poblados

Se presenta en este Capítulo, la relación de los principales centros poblados de la Cuenca, listado que incluye las observaciones ingeniero-geológicas más importantes de cada uno de ellos.

Localidad: Arequipa

La ciudad de Arequipa tiene 676 790 habitantes (INIE 1993). Es la segunda ciudad en población en el Perú, aunque muy alejada de Lima, ciudad capital, con más de 7 millones de habitantes.

En sus casi 500 años de historia, Arequipa ha sido destruida por sismos de gran magnitud en varias ocasiones. A comienzos del Siglo XV, el volcán Misti erupcionó causando la muerte de centenares de personas. En las últimas décadas, la ciudad se ha visto afectada por graves inundaciones causadas por desbordes de cursos de agua normalmente secos (reactivados por lluvias excepcionales).

Las amenazas más importantes para la ciudad de Arequipa están dadas por: terremotos, inundaciones y el volcán Misti.

El río Chili, divide la ciudad en 2 sectores, siendo la margen izquierda la más desarrollada. El área urbanizada y sus zonas de expansión están cruzadas por tributarios de dicho río, que localmente se les llama torrenteras. Estos cursos de agua se activan con lluvias excepcionales, saturando primero sus cuencas altas, discurriendo luego, pendiente abajo. Aproximadamente cada 10 años, se producen lluvias excepcionales en las cuencas altas de las torrenteras, causando inundaciones cada vez más severas. Esto se debe principalmente a que la natural capacidad del drenaje se reduce por acción del hombre: construcción de viviendas, arrojado de desmonte y basura; y vertido de aguas servidas en el cauce de las torrenteras.

En los sectores más pobres, por donde cruzan las torrenteras, el problema de contaminación ambiental es más grave. Unos 300 m a ambos lados de los cauces, se llenan de basura y aguas servidas, lo que provoca la proliferación de ratas, moscas, zancudos y otros insectos provocadores de enfermedades.

También es importante mencionar la falta de adecuados rellenos sanitarios en la ciudad, lo que hace que los municipios arrojen sus desperdicios indiscriminadamente, como en el sector de Cayma.

La amenaza de las torrenteras hace que el riesgo sea alto en las zonas por donde éstas cruzan las zonas urbanizadas.

Este es un lamentable ejemplo de cómo la actividad del hombre puede repercutir negativamente en el medio ambiente, intensificando los efectos de los desastres naturales.

Es importante mencionar la Tesis del Ing. Roberto Ticona (1994) de la UNSA que trata de la "Microzonificación para la Prevención y Mitigación de Desastres de la Ciudad de Arequipa", en la cual realiza una zonificación de la ciudad dividiéndola en 4 sectores:

- **Sector I:** Alto peligro volcánico sísmico y de torrenteras. Sector comprendido en las cercanías del volcán Misti.
- **Sector II:** Amenaza media. Pequeño sector ubicado en la parte central norte de la ciudad y otro en la parte sur.

CUADRO N° 17

ZONAS CRÍTICAS EN LA CUENCA DE LOS RÍO QUILCA - SIHUAS - VÍTOR

ZONA CRÍTICA	SECTOR	TIPO DE FENÓMENO	CARACTERÍSTICAS	RIESGO	DAÑOS
I	Huanc-falda del cerro Luracmocco.	Deslizamiento	Fuerte fracturamiento en la roca, alta pendiente.	alto	Puede afectar trocha Huancataya y represar la Qda. Lisera.
	Al pié de San Basilio.	Deslizamiento	Intenso fracturamiento de roca (cuarcitas, calizas y lutitas de la Fm. Yura), presencia de agua.	alto	Puede afectar al puente País Vasco y obstruir tránsito vehicular.
II	Puente País Vasco-trocha Huanca-Taya.	Deslizamiento Derrumbe Desprendimiento de roca	Material incompetente, fracturamiento de roca, pendiente del terreno, aguas de regadío y lluvia.	alto	Fuertes daños a terrenos de cultivo y a la carretera afirmada Huanca-Taya.
	San Juan de Sihuas, Río Sihuas. Hda. Pa-chauqui Grande.	Deslizamiento	Fuerte fracturamiento en roca (argilitas y areniscas Fm. Moquegua) y filtraciones en la parte superior.	medio	Puede afectar parte de las áreas de cultivo y represar el río Sihuas.
III	Valle de Vitor, frente al anexo Tacar.	Deslizamiento	Fuerte fracturamiento en roca (argilitas y areniscas Fm. Moquegua) y filtraciones en la parte superior.	alto	Represamiento del río Vitor puede malograr terrenos de cultivo y viendas rurales.
IV	Valle de Vitor, margen izquierda, frente a Huachipa y Santa Rosa.	Deslizamiento	Fuerte fracturamiento en roca (argilitas y areniscas Fm. Moquegua) y filtraciones en la parte superior.	alto	Represamiento del río Vitor puede malograr terrenos de cultivo y viendas rurales.
V	Valle de Vitor frente a la Hacienda Cossio.	Deslizamiento	Fuerte fracturamiento en roca (argilitas y areniscas Fm. Moquegua) y filtraciones en la parte superior.	alto	Represamiento del río Vitor puede malograr terrenos de cultivo y viendas rurales.
VI	Volcán Misti (ladera oeste).	Derrumbe Desprendimiento de roca Flujo de Barro	Intenso fracturamiento de roca volcánica, alta pendiente.	alto	Puede afectar las instalaciones de la C.H. de Charcani V, represar el río Chili.
VII	Hacienda La Cano-río Vitor.	Inundación	Intensas precipitaciones pluviales en las alturas.	medio	Daños a terrenos de cultivo.
VIII	El Tambo (pie de cuesta)	Deslizamiento	Areniscas y lodolitas muy frías, ruptura del canal de irrigación La Cano (Irrig. La Joya). Filtraciones del canal.	medio	Destruyó trocha a socavón y terrenos de cultivo. Zona de derrumbes. Riesgo continua.

ZONA CRÍTICA	SECTOR	TIPO DE FENÓMENO	CARACTERÍSTICAS	RIESGO	DAÑOS
IX	Río Chili	Derrumbe	Intenso fracturamiento en roca intrusiva (gr, ton, gdi) formando discontinuidades tipo cuña y planar.	alto	Interrupción de trocha La Joya-Pozo Blanco-Quishuarani, puede embalsar río Chili y obstruir la ventana del túnel de conducción del canal a la Joya.
	Río Chili	Derrumbe	Intenso fracturamiento en roca intrusiva (gr, ton, gdi) formando discontinuidades tipo cuña y planar.	alto	Puede afectar terrenos de cultivo y represar el río Chili.
X	Qda. El Cazador-San Juan de Tarucani.	Colapso por filtraciones	Material incompetente (arenas, arcillas, tobas de la Fm. Maure) y fuertes filtraciones de aguas proveniente del vaso de represa El Fraile.	alto	Desestabilización del represamiento El Fraile. Un colapso ocasionaría cuantiosas pérdidas materiales y humanas, dañando la Represa Aguada Blanca, C.H. Charcani, Valle del río Chili y a la ciudad de Arequipa.
XI	Volcán Misti	Lahars Torreteras	Erupción volcánica, fuertes precipitaciones pluviales, sismos.	medio	La actividad del volcán, su alta pendiente originaría que éste tipo de fenómeno traiga consecuencias catastróficas en el valle del río Chili, Vitor y la ciudad de Arequipa.
XII	Chivay-volcán Ampato	Lahars	Erupción volcánica, fuertes precipitaciones pluviales, sismos.	alto	Una reactivación del volcán con la cobertura de hielo existente y la pendiente podría causar ingentes daños en el Valle del río Sihuas.
XIII	Chivay-volcán Sabancaya	Lahars	Erupción volcánica, fuertes precipitaciones pluviales, sismos.	alto	Volcán en actividad adicionada a la cobertura de hielo existente y la pendiente podría causar ingentes daños en el Valle del río Sihuas y Colca.
XIV	Charcani I-V. Ladera NO y O del volcán Misti.	Huaycos Derrumbes Desprendimiento de roca	Intenso fracturamiento de roca volcánica, fuerte pendiente, precipitaciones pluviales y abundante material suelto.	alto	Represamiento río Chili, interrupción de la carretera.
XV	Cerro Jayu, frente al caserío de Casenahuasi.	Desprendimiento de roca	Intenso fracturamiento de roca volcánica, fuerte pendiente.	alto	Puede afectar tramo importante del ferrocarril.

- **Sector III:** Peligro moderado. La ciudad se desarrolla en su mayor parte sobre este sector.
- **Sector IV:** Recomendable para el desarrollo Urbano. Sectores al sur de Characato, hacia Yarabamba y sobre todo el sector comprendido al norte de la Carretera Panamericana y al oeste de la Urb. Pachacútec, extenso terreno eriazo con algunas áreas verdes cultivadas en terrazas, que a manera de lengua penetra de Norte a Sur.

En el desarrollo urbano de la ciudad, es necesario preservar los terrenos de cultivo, particularmente valiosas en zonas desérticas como Arequipa.

Localidad: Bellavista

UBICACIÓN: Margen derecha del río Polobaya, a 3 150 m de altitud, con coordenadas 16°33'48" LS y 71°21'14" LO

MORFOLOGÍA: Se emplaza sobre una ladera proluvial de pendiente suave.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos proluviales compuestos por bolos, cantos, gravas, y arenalimosa.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: Estable.

Localidad: Buena Vista

UBICACIÓN: Se ubica en la margen derecha la Qda. Rumiyoq, a una altitud de 2 500 m entre las coordenadas: 16°28'22" LS y 71°27'58" LO

MORFOLOGÍA: Sobre una lomada de suave pendiente, al pie de un afloramiento rocoso.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Sobre depósitos proluviales, medianamente consolidados.

BASAMENTO: Rocas volcánicas.

RIESGO GEODINÁMICO: Estable.

RECOMENDACIONES: Mejorar el sistema de construcción de viviendas.

Localidad: Carmen Chaclaya

UBICACIÓN: Se encuentra ubicada en la margen izquierda del río Chaclayo, a una altitud de 4 450 msnm en las siguientes coordenadas 70°55'18" LS y 16°08'48" LO.

MORFOLOGÍA: Morfológicamente se encuentra asentada en el borde de una planicie fluvio-aluvial.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Como terreno de fundación se observan arenas limosas.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: Estable

Localidad: Cerrillo

UBICACIÓN: Se halla a 1.5 km de la localidad de Characato, a una altitud de 2 500 m., con las siguientes coordenadas: 16°28'09" LS y 71°27'8" de LO

MORFOLOGÍA: Emplazado sobre una terraza proluvial de suave pendiente.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos proluviales, constituidos por cantos, gravas y material limo-arenoso medianamente compacto.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: Estable.

Localidad: Chalhuanca

UBICACIÓN: Se encuentra ubicada en la margen derecha del río del mismo nombre, a una altitud de 4 350 msnm en las siguientes coordenadas 71°19'12" LS y 15°42'51" LO.

MORFOLOGÍA: Según la morfología se observa que se encuentra asentada en una planicie fluvio-glaciar de suave pendiente.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos compuestos por fluvio-glaciares, bloques y tobas.

BASAMENTO: Tobas

RIESGO GEODINÁMICO: Estable

Localidad: Characato

UBICACIÓN: Se ubica 5 km al Sureste de Arequipa a 2 480 m de altitud, con coordenadas geográficas: 16° 27'58" LS y 71°28'58" LO.

MORFOLOGÍA: Terraza aluvio-proluvial de suave pendiente.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos aluvio-proluviales, medianamente consolidados.

BASAMENTO: Rocas volcánicas.

RIESGO GEODINÁMICO: Estable.

Localidad: Chihuata

UBICACIÓN: Se ubica en la Prov. de Arequipa a una altitud de 2 960 m, con coordenadas 16°23'56" LS y 71° 23'22" LO.

MORFOLOGÍA: Sobre una lomada en depósitos fluvio-glaciares y de flujo, de pendiente suave a subhorizontal.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósito de flujo compuesto por bloques, gravas, cantos, arenas, en una matriz limo-arenosa medianamente consolidada y terrenos de cultivo.

RIESGO GEODINÁMICO: Dada su cercanía al volcán Misti, el pueblo de Chihuata puede ser afectado por la caída de piroclastos.

Localidad: Huanca

UBICACIÓN: Se encuentra ubicada en la margen derecha del río Lihuaya y hacia la margen izquierda de la Qda. Huaylluma, a una altitud de 3 100 msnm en las siguientes coordenadas 71°52'30" LS y 16°01'43" LO.

MORFOLOGÍA: según la morfología se observa que se encuentra asentada en una terraza proluvial (lahars) de suave pendiente.

TERRENO DE FUNDACIÓN: depósitos proluviales compuestos por bloques de 5 m de diámetro dentro de una matriz areno-limosa.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: posible riesgo de lahars y eupción volcánica del Sabancaya; también posibles desprendimientos de roca pueden afectar terrenos de cultivo.

Localidad: Huancarane

UBICACIÓN: Se encuentra ubicada en la margen izquierda del río Chaclaya, a 2 km en línea recta de la localidad de Carmen Chaclaya, a una altitud de 4 500 msnm en las siguientes coordenadas 70°54'12" LS y 16°09'03" LO.

MORFOLOGÍA: se encuentra asentada en una ladera coluvial de pendiente moderada.

TERRENO DE FUNDACIÓN: depósitos coluviales compuestos por gravas y arenas.

BASAMENTO: roca volcánica

RIESGO GEODINÁMICO: posible riesgo de desprendimientos de roca que pueden afectar la trocha de acceso.

Localidad: Imata

UBICACIÓN: Se encuentra ubicada en la margen izquierda del río Chili, a una altitud de 4 350 msnm en las siguientes coordenadas 71°05'12" LS y 15°50'19" LO.

MORFOLOGÍA: Se encuentra asentada sobre las laderas de un promontorio de tobas.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Tobas.

BASAMENTO: Depósitos fluvioglaciares.

RIESGO GEODINÁMICO: Estable.

Localidad: La Calera

UBICACIÓN: Se encuentra ubicada en la margen izquierda del río Yura, a una altitud de 2 490 msnm en las coordenadas 71°42'06" LS y 16°14'36" LO.

MORFOLOGÍA: Se encuentra asentada sobre las laderas de un promontorio de tobas.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Compuesto por tobas.

BASAMENTO: Depósitos coluviales y fluvioglaciares.

RIESGO GEODINÁMICO: Estable.

Localidad: La Joya

UBICACIÓN: Se encuentra ubicada en el valle y hacia la margen izquierda del río Vítor, a inmediaciones de la Base Aérea de Vítor, a una altitud de 1 500 msnm en las siguientes coordenadas 71°48'45" LS y 16°25'21" LO.

MORFOLOGÍA: Se encuentra asentada sobre depósitos aluvio-coluviales de pendiente moderada.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos compuestos por gravas medianamente consolidadas.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: En épocas de fuertes precipitaciones se pueden producir chorreras que afecten al pueblo.

RECOMENDACIONES: Tratar de encausar los canales de las chorreras al Oeste del pueblo.

Localidad: Lluta

UBICACIÓN: Se encuentra ubicada en la margen izquierda de la Oda. Lluta, a una altitud de 3 090 msnm en las siguientes coordenadas 72°00'42" LS y 16°00'45" LO.

MORFOLOGÍA: La geoforma donde se localiza el pueblo corresponde a un cono proluvial con pendiente moderada en la quebrada Lluta.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Compuesto por arena limosa y gravas.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: Estable.

OBSERVACIONES: Problemas de contaminación en sus canales de irrigación, como consecuencia de la presencia de pequeños lahares, en las quebradas donde se ubican sus respectivas bocatomas.

Localidad: Mollebaya

UBICACIÓN: Se halla ubicado en la margen izquierda del río Mollebaya a 2 550 m de altitud, con coordenadas 16° 29'04" LS y 71°27'55" LO

MORFOLOGÍA: Se emplaza en una terraza aluvio-proluvial de pendiente suave.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos aluvio-proluviales compuestos por bloques, cantos, gravas y arenas gruesas.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: Desprendimiento de rocas en la parte Este del pueblo.

Localidad: Mocca

UBICACIÓN: Se encuentra ubicada en la margen derecha de la Qda. Huaycunayo, a una altitud de 3 650 msnm en las coordenadas 71°54'57" LS y 15°59'30" LO.

MORFOLOGÍA: La geoforma donde se localiza el pueblo corresponde a una ladera coluvial cuya pendiente está en el orden de los 25°.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Compuesto por depósitos coluviales: arena limosa, bloques, cantos y gravas.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: Pueden haber desprendimientos de rocas en caso de sismos.

Localidad: Mocopuquio

UBICACIÓN: Se encuentra ubicada en la pampa Solabaya, a una altitud de 3 260 msnm en las siguientes coordenadas 71°21'12" LS y 16°26'42" LS y 16°26'42" LO.

MORFOLOGÍA: Se encuentra asentada en una ladera proluvial de pendiente moderada.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Compuesto por cantos y gravas dentro de una matriz areno-limosa.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: Estable. Foto N° 32

Localidad: Pampa de Arrieros

UBICACIÓN: Se encuentra ubicada entre las quebradas del Soroche y La Pacha, a una altitud de 3 600 msnm en las coordenadas 71°35'18" LS y 16°03'42" LO.

MORFOLOGÍA: Se encuentra asentada en una planicie proluvial de suave pendiente.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Compuesto por depósitos proluviales: arenas y bloques.

BASAMENTO: Rocas volcánicas

RIESGO GEODINÁMICO: Estable.

Localidad: Paty

UBICACIÓN: Se halla en la margen izquierda de la quebrada angostura a una altitud de 4 280 m, en las coordenadas 16°04'53" LS y 71°57'41" LO.

MORFOLOGÍA: Se emplaza en una ladera sobre depósitos fluvioglaciares de pendiente suave a moderada.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósito fluvioglaciares con matriz limo arenosa de compactación media.

BASAMENTO: Rocas volcánica tipo tobas.

RIESGO GEODINÁMICO: Estable.

Localidad: Poesi.

UBICACIÓN: Se ubica a 10 km al Noreste de Yarabamba, a una altitud de 3 047 m, con coordenadas: 16°30'45" LS y 71° 23'18" LO.

MORFOLOGÍA: Pampa Culanayoc, cubierta por mantos de arena.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos proluvio-aluviales compuestos por cantos, gravas y matriz limo arenosa, medianamente consolidada.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: Estable.

Localidad: Polobaya

UBICACIÓN: Se ubica en la margen izquierda del río Polobaya al Este de Yarabamba, a una altitud de 3 091 m, en las coordenadas: 16°33'42" LS y 71°22'00" LO.

MORFOLOGÍA: Planicie con terrenos de cultivo, pendiente suave.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos proluviales medianamente compactos, compuestos por gravas, cantos de naturaleza volcánica en matriz areno-limosa.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: Estable.

COMENTARIOS: Mejorar la construcción de las viviendas.

Localidad: Piaca

UBICACIÓN: Se encuentra ubicada en la margen izquierda del río Mollebaya, a una altitud de 3 120 msnm en las coordenadas 71°21'30" LS y 16°30'04" LO.

MORFOLOGÍA: Se encuentra situada sobre una terraza proluvial disectada paralelamente por dos quebradas.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Compuesto por depósitos proluviales: arenas limosas, gravas y cantos.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: Estable.

Localidad: Quequeña

UBICACIÓN: Se encuentra entre las Qdas. Puentelón y Cambraca a 2 550 m de altitud, con coordenadas: 16°33'15" LS y 71°26'54" LO.

MORFOLOGÍA: Ladera coluvial de pendiente moderada.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósito coluvio-deluviales.

BASAMENTO: Roca intrusiva tipo granodiorita.

RIESGO GEODINÁMICO: Desprendimiento de rocas del C° Pancomarca en la parte norte.

Localidad: Rinconada

UBICACIÓN: Se halla en una lomada a una altitud de 3 110 m, en las coordenadas 16°24'19"LS y 71°57'41" LO.

MORFOLOGÍA: En una lomada de origen proluvial de pendiente suave a moderada.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Sobre depósitos proluviales compuestos por bloques, gravas, cantos en matriz limo-arenosa medianamente consolidada.

RIESGO GEODINÁMICO: Zona de influencia ante posible actividad volcánica del Misti.

Localidad: San Antonio de Chuca

UBICACIÓN: Se encuentra ubicada al pie del cerro Anccase, a una altitud de 4 500 msnm en las siguientes coordenadas 71°06'15" LS y 15°55'02" LO.

MORFOLOGÍA: Se encuentra situada sobre una ladera proluvial estable.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Compuesto por depósitos fluvioglaciares

BASAMENTO: Rocas volcánicas, depósitos coluviales y fluvioglaciares.

RIESGO GEODINÁMICO: Estable.

Localidad: San Juan de Sihuas

UBICACIÓN: Se ubica en la margen derecha del río Sihuas, a una altitud de 1 300 msnm en las siguientes coordenadas 72°07'24" LS y 16°20'48" LO.

MORFOLOGÍA: Se encuentra asentada sobre una terraza aluvial de suave pendiente.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos aluviales compuestos por conglomerados, arenas y lentes de arena limosa, medianamente consolidados.

BASAMENTO: Areniscas tufáceas, areniscas arcósicas y conglomerádicas de las Fms. Sotillo, Moquegua y Millo.

RIESGO GEODINÁMICO: Estable.

Localidad: Santa Isabel de Sihuas

UBICACIÓN: Se ubica en la margen izquierda del río Sihuas, a una altitud de 1 360 msnm en las coordenadas 72°05'58" LS y 16°18'55" LO.

MORFOLOGÍA: Se encuentra asentada sobre una altiplanicie producto de un antiguo deslizamiento. Es de suave pendiente.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos aluviales compuestos por conglomerados medianamente consolidados con intercalaciones de arenas y arenas limosas.

BASAMENTO: Areniscas tufáceas, areniscas arcósicas y conglomerádicas de las Fms. Sotillo, Moquegua y Millo.

RIESGO GEODINÁMICO: Estable, salvo algunos desprendimientos de rocas en las viviendas cercanas a los taludes de las terrazas. Foto N° 31

Localidad: Sabandía

UBICACIÓN: Se encuentra en el Km.2 + 980 de la Carretera Arequipa-Mollebaya, a 2 380 m de altitud, en las coordenadas siguientes: 16°27'12" LS y 71°29'38" LO.

MORFOLOGÍA: Se encuentra ubicada sobre un abanico de flujos de barro, de pendiente moderada.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos proluviales.

RIESGO GEODINÁMICO: Desprendimiento de rocas por sectores.

Localidad: Sogay

UBICACIÓN: Margen izquierda del río Sogay, a una altitud de 2 600 m, en las siguientes coordenadas: 16°33'59" LS y 71°25'55" LO.

MORFOLOGÍA: Ladera aluvio-proluvial del cerro Corotillar.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos aluvioproluviales constituidos por gravas con matriz areno-limosa y aisladamente cantos y bloques, medianamente consolidados.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: Estable. Foto N° 34

Localidad: San Juan de Tarucani

UBICACIÓN: Se halla ubicado en la margen derecha del río Sogay, a una altitud de 4 210 m, con coordenadas geográficas: 16°10'17" LS y 71°03'52" LO.

MORFOLOGÍA: Loma en depósitos fluvioglaciares, superficie ondulada de moderada pendiente.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos fluvioglaciares compuestos por gravas y material limo arenoso.

RIESGO GEODINÁMICO: Estable.

COMENTARIOS: Siendo San Juan de Tarucani capital de distrito es recomendable que el paso de la carretera sea por este pueblo.

Localidad: Són dor

UBICACIÓN: Se ubica en la margen derecha del río Sihuas, a una altitud de 1 500 msnm en las coordenadas 72°04'37" LS y 16°16'35" LO.

MORFOLOGÍA: Se encuentra asentada sobre una ladera aluvio-coluvial de moderada pendiente.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos compuestos por gravas medianamente consolidadas.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: Estable, en épocas de fuertes precipitaciones podrían producirse pequeños flujos de barro que afectarían al pueblo.

Localidad: Taya

UBICACIÓN: Se ubica en la margen izquierda de la Qda. Lisera y hacia la margen derecha del río Pichirijna, a una altitud de 3 300 msnm en las siguientes coordenadas 71°55'45" LS y 16°00'54" LO.

MORFOLOGÍA: Se encuentra asentada sobre una ladera proluvial de moderada pendiente.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos proluviales: gravas, arenas y algunos bloques.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: Estable, salvo las cárcavas que bordean ambos flancos del pueblo.

OBSERVACIONES: El canal de irrigación de Taya, presenta problemas de arenamiento y contaminación, a consecuencia de pequeños lahares que acarrear cenizas, que contaminan las quebradas en donde se ubican las bocatomas. Las quebradas nacen en las cercanías del Nevado Ampato. Este mismo problema presentan los canales de irrigación de Murco y Lluta.

Localidad: Tambo de Sal

UBICACIÓN: Se halla a 500 m de la laguna Salinas a 4 300 m de altitud y coordenadas 16°19'04" LS y 71°09'16" LO.

MORFOLOGÍA: El poblado de Tambo de Sal se halla sobre una ladera en depósitos fluvioglaciares de pendiente suave, con presencia de oconales.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos fluvioglaciares, compuestos por gravas, cantos, arenas y material limo-arenoso.

RIESGO GEODINÁMICO: El pueblo puede ser afectado por desprendimiento de rocas.

Localidad: Totorane

UBICACIÓN: Se encuentra ubicado en la margen izquierda de la Qda. Totorane, a una altitud de 3 200 m, en las coordenadas: 16°33'48" LS y 71°16'24" LO.

MORFOLOGÍA: Se emplaza en una ladera de pendiente suave.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos coluvio-deluviales.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: Estable.

Localidad: Tuctumpalla

UBICACIÓN: Se ubica en la margen izquierda de la Qda. Cutanay, a una altitud de 3 370 msnm en las siguientes coordenadas 81, 760 N y 2510 E.

MORFOLOGÍA: Se encuentra asentada sobre una terraza proluvial de aproximadamente 5° de pendiente en la Qda. Cutanay.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos proluviales: gravas, arenas, algunos bloques y cantos.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: Estable, salvo en épocas de lluvias excepcionales puede ser afectada por flujos hídricos.

Localidad: Uzuña

UBICACIÓN: Se encuentra en la margen izquierda del río Polobaya a una altitud de 3 125 m, con coordenadas: 16°34'16" LS y 71°21'20" LO.

MORFOLOGÍA: Se emplaza en una ladera que corresponde al cerro Condortiana de pendiente suave.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Sobre depósitos proluviales, medianamente consolidados.

BASAMENTO:

RIESGO GEODINÁMICO: Estable.

Localidad: Yarabamba

UBICACIÓN: Se ubica en la margen izquierda del río Yarabamba, cuyas coordenadas son: 16°32'39" LS y 71°28'33" LO, a una altitud de 2 460 m.

MORFOLOGÍA: Terraza aluvial de pendiente moderada.

TERRENO DE FUNDACIÓN: Depósitos aluviales compuestos por bloques, gravas y arenas medianamente compactados.

RIESGO GEODINÁMICO: Posibles huaycos que pueden afectar la carretera. Frente al pueblo se halla desprendimiento de rocas que podrían afectar viviendas.



Foto N° 31. Santa Isabel de Sihuas, valle del río Sihuas.



Foto N° 32. Localidad de Moccopuquio, ubicada sobre lahars antiguos del volcán Pichu Pichu.



Foto N° 33. Pampa de Arrieros.



Foto N° 34. Poblado de Sagay, valle del río Yarabamba.



Foto N° 35. Pueblo de Taya; obsérvese erosión en cárcavas.



Foto N° 36. Arequipa, sector Club Internacional; peligro por inundaciones en crecidas del río Chili.

10.0 PREVENCIÓN Y PREDICCIÓN

En la actualidad las elevadas tasas de crecimiento de la población, la rápida urbanización y propagación de los asentamientos humanos, están causando la expansión de las ciudades hacia zonas marginales altamente peligrosas: como la ciudad de Arequipa hacia las faldas del Misti; la ampliación de áreas agrícolas en el área inundable y riberas de los ríos, etc; dejando en segundo plano la seguridad y protección de sus pobladores, viviendas y obras civiles en general.

Las condiciones y características geológicas y topográficas, son determinantes en el grado de distribución de los daños causados por los desastres naturales, como los ocurridos en el terremoto de Ancash en 1970, el aluvión de Yungay (67,000 víctimas), el deslizamiento de Manyamarca con 450 víctimas (1974), las inundaciones de Piura (1983), el lahar de Armero, Colombia con 23,000 víctimas (1985), etc.

Hoy en día todavía no se puede, predecir la ocurrencia y las consecuencias de la mayoría de los fenómenos naturales. Pero sí es posible impedir sus efectos destructivos, mitigando sus consecuencias, cuando se conocen sus modalidades de comportamiento y las zonas expuestas al peligro.

Las finalidades directas de la planificación física, como medio de prevención de los desastres naturales, son entre otras:

- Disminuir el nivel del riesgo potencial.
- Mitigar o prevenir el desarrollo de una cadena de acontecimientos desastrosos.
- Localizar y limitar el alcance de los desastres naturales.

Es muy lamentable que, conocimientos simples que pueden salvar la vida de decenas de miles de personas, no llegan a quienes más lo necesiten. Por ejemplo:

- No se deben construir viviendas de adobe en terrenos blandos y húmedos, por la gran amplificación que sufren las ondas sísmicas.
- No construir con adobe en suelos inundables, ya que si permanecen sumergidas bajo agua colapsan completamente.
- Debe hacerse de conocimiento general que la colocación de una viga collar continúa a la altura del dintel de puertas y ventanas incrementa en un 200-300 % la resistencia sísmica de tales construcciones.
- No se debe construir en áreas de inundaciones súbitas, en pendientes inestables ni en zonas pantanosas donde las intensidades sísmicas serán altas y periódicamente serán inundadas.
- No debe construirse en lugares donde es alto el grado de amenaza de fenómenos naturales

10.1 Planificación física y riesgos geológicos

Es importante formular un conjunto de medidas de protección del medio físico para impedir que un centro poblado se desarrolle al azar y en forma peligrosa, así como también prevenir los efectos de la ocurrencia de fenómenos naturales.

La primera medida, de gran importancia, consiste en evaluar cuidadosamente las condiciones naturales existentes (condiciones geológicas).

La segunda medida es definir las zonas de diferente grado de riesgo potencial (vulnerabilidad + amenaza). Los sectores más seguros serán destinados para los componentes urbanos más importantes como las áreas residenciales de alta densidad o la ubicación de obras significativas de ingeniería. Los sectores más amenazados se asignarían para zonas de recreación abierta, zonas de cultivo u otros usos apropiados.

La tercera medida es definir las modalidades de aprovechamiento de la tierra (ubicación de los diversos programas de desarrollo) mediante la relación de las zonas disponibles de menor riesgo.

Una premisa fundamental es que ninguna clase de riesgo geológico se reparte por igual en toda la superficie de la cuenca o región.

El estado actual del ambiente físico y su evolución por causa natural debe ser definido por la geología y sus ramas (geodinámica, geomorfología, etc.), la cual además, debe establecer la velocidad de aquella evolución.

Para complementar la caracterización del medio físico y la previsión de la respuesta del territorio a la intervención humana, es necesario se realicen estudios multidisciplinarios con la intervención de la hidrología, geofísica, agronomía, etc.

10.2 Planteamiento General

Las medidas de defensa contra los fenómenos naturales en las áreas donde se ubican los centros poblados y obras de ingeniería que se desarrollan o pueden desarrollarse en zonas vulnerables de la cuenca, se plantean mediante acciones que pueden clasificarse en dos tipos fundamentales:

Medidas Estructurales

Son aquellas que implican la realización de obras de ingeniería de cierta importancia, tales como, presas de regulación, diques de encauzamiento, muros de contención, etc., cuyo propósito es el control de los fenómenos geodinámicos de cierta magnitud.

Medidas No Estructurales

Medidas que no requieren obras como las anteriores y que incluyen actuaciones de diversa condición como: sistemas de predicción y alerta, seguros contra daños, normas de construcción y ubicación, zonificación y control de áreas vulnerables, formación y educación de la población y defensa civil.

CONCLUSIONES

1. Según el origen y composición de las rocas en la cuenca, se han agrupado seis Unidades Litológicas: I) Rocas Intrusivas e Hipabisales, II) Rocas Volcánicas, III) Rocas Volcánico-Sedimentarias, IV) Rocas Sedimentarias, V) Rocas Metamórficas y VI) Formaciones Superficiales.

A su vez se han agrupado, de acuerdo a su susceptibilidad a los procesos geodinámicos externos en: Depósitos inconsolidados (las Formaciones superficiales). Materiales incompetentes: Los materiales agrupados en las Unidades III1, III2, IV1, IV2, IV3 y IV4: Formaciones Murco, Chilcane, Moquegua, Seraj, Camaná, Sotillo; éstas con presencia de yeso, así como las Formaciones Socosani, Arcurquina, Maure y el Grupo Yura. Medianamente competentes: las Unidades: II1 (F. Senca, Ubinas, Ampato), III1 (Grupo Tacaza), IV1 (F. Huanca) y V (Complejo Basal de la Costa, Gneiss Charcani). Competentes: I1 (Super Unidades Tiabaya e Incahuasi), I2 (Pórfidos dioríticos), II1 (F. Sillapaca) y II2 (Grupo Barroso y F. Toquepala).

2. Desde el punto de vista estructural se ha dividido la cuenca en dos sectores:

Cuenca Baja: Con el sistema E-O y NO-SE

Cuenca Media-Alta: Rumbo general NO-SE y plegamientos asimétricos.

3. Los ríos Quilca-Sihuas-Vítor (Chili), tiene 309 km de recorrido y 12 839,16 km² de área. Comprende un importante valle agrícola en el sector del valle del río Chili.

4. La precipitación anual para la cuenca es de 261 mm, siendo 7,0 mm para la cuenca baja, 168 mm, para la cuenca media y 455 mm para la cuenca alta. En este último sector las precipitaciones abundantes ocurren entre diciembre y marzo, con promedios altos registrados en Huinco de 159.1 mm mensuales, para este período, que representan el 69% de la precipitación total anual.
5. La cuenca Quilca-Sihuas-Vítor, comprende toda la provincia de Arequipa y parte de la provincia de Caylloma. Arequipa, la segunda ciudad más importante del país, cuenta con más de 700,000 habitantes (INIE 1993), con una tasa de crecimiento de 5,0% a nivel de la ciudad y 2,0% a nivel de crecimiento departamental. La población ha crecido casi 10 veces, desde el último censo (1981), el 60% de la población vive en los pueblos jóvenes. El 90% de la población del departamento está concentrada en la ciudad de Arequipa.
6. En la cuenca la relación proceso geodinámico externo/clima es indesligable, siendo el factor que condiciona la alteración física de las masas de tierra y sus efectos múltiples. A esto debemos de añadir la influencia de las erupciones volcánicas y la acción antrópica.
7. El Río Quilca-Sihuas-Vítor (Chili) presenta sus mayores descargas entre febrero y abril. El volumen promedio anual descargado es de 380,32 millones de m³, con un promedio mensual anual de 12,23 m³. Los años con mayor volumen descargado fueron 1973-1974 y 1974-1975. Los de menor volumen fueron 1939-1940, 1949-1950 y 1958-1959. El rendimiento anual de la cuenca es de 86,200 m³/k². La tendencia de descargas del río Chili nos indica que tendremos años húmedos extremos entre 1996 y 1998.
8. Del análisis hidroquímico, se puede determinar que la salinidad observada en los sectores agrícolas de río Quilca, Uchumayo-Boyadero (río Vítor) y Luclla-Higueretas (río Sihuas) se podría deber a que en las pampas que limitan a estos ríos se localizan materiales que contienen costras salinas de variado espesor irregularmente distribuidas, las que al ser lavadas por las aguas de regadío o de precipitación pluvial que se infiltran, provocan que las sales de cloruro de sodio, o en menor proporción sulfatos, carbonatos o nitratos sean transportadas y depositadas en las zonas bajas afectando los terrenos agrícolas y contaminando las aguas del río.

De acuerdo a las normas técnicas peruanas, la mayoría de las aguas presentan tenores que sobrepasan los valores admisibles para su uso doméstico.

Para uso industrial la mayoría de las muestras arrojan valores que se podrían considerar aceptables.

Para uso agrícola las aguas sobre todo en la parte baja de la cuenca se pueden considerar como mediocres debido a su alto contenido de los cationes cloro y sulfato y sus aniones sodio y calcio-magnesio.

De la evaluación de los resultados obtenidos en laboratorio y las observaciones de campo se puede concluir lo siguiente:

- Que, las costras de sales de variado espesor que se distinguen sobre los suelos de cultivo de los sectores que se encuentran a un nivel inferior a las pampas de Vítor y Sihuas, son producto del lavado que sobre los suelos están efectuando las aguas subterráneas, las que son alimentadas por la infiltración de las aguas de regadío de estas pampas y también el sistema de regadío que se está empleando en la parte baja (por gravedad) que permite que las aguas al acumularse, por la fuerte evaporación existente en la zona debido a la intensa insolación, hacen que el agua tienda rápidamente a evaporarse precipitándose las costras de sales en superficie; las que al final progresivamente van dañando los terrenos de cultivo si no se efectúan los tratamientos pertinentes en los suelos agrícolas.
- Que, la minería en la cuenca no ocasiona ningún tipo de contaminación sobre todo en las aguas de los ríos.

9. Los ríos Quilca, Sihuas y Vítor (Chili), en su recorrido, desde sus nacientes presenta una relación "estructura/curso" con los materiales o rocas que atraviesa (especialmente por los depósitos volcánicos que controlan su curso), así como por los sistemas de fallamiento de la cuenca.

10. Las áreas de riesgo en la cuenca (lugares peligrosos) están sujetos a la ocurrencia de fenómenos de naturaleza geológica (peligros geológicos) e hidrológicos, que resultan en la posibilidad de pérdida de vidas y daños materiales. Estos lugares son, generalmente, los terrenos de fuerte

pendiente (deslizamientos, derrumbes, desprendimientos de rocas), zonas bajas (valles y áreas aledañas a las torrenteras y quebradas) sujetas a inundaciones y avenidas. Estas áreas generalmente son invadidas por los pobladores para vivienda y terrenos de cultivo.

11. Los principales factores condicionantes de los fenómenos geodinámicos de la cuenca, están ligados a incentivación sísmica, actividad volcánica, clima y morfología; que inciden en la litología y la estructura geológica,
12. Los riesgos geológicos, producto de la geodinámica externa, están relacionados a las unidades geomorfológicas, y se agrupan según su espacio y origen en los ambientes:

Marino-litoral: Transgresión marina, acumulación marina de playa y barra litoral.

Planicies costeras y áreas adyacentes: Procesos de origen fluvial (huaycos y flujos de barro, periódicos ocasionales y excepcionales), socavamiento de riberas, ensanchamiento de cauce, inundaciones, procesos de erosión eólica (acumulaciones de arena, dunas).

Cordillera Occidental: procesos de origen fluvio-aluvial (incisión, socavamiento y colmatación, carcaveo y desgaste laminar, flujos de barro, erosión laminar y en surcos, procesos de origen hidrogravitacional (derrumbes, deslizamientos, desprendimientos de rocas y reptación de suelos).

13. Las actividades del hombre: Urbanismo, obras de infraestructura (construcción de carreteras, presas, canales de irrigación), mineras, agrícolas; reactivan y/o aceleran los procesos naturales y también originan otros nuevos. Esto se observa claramente en la rehabilitación de la carretera Arquipa-Puno, en la construcción de casi toda la red vial de la cuenca, así como en los trabajos agrícolas de los valles de los ríos Quilca, Sihuas y Vftor principalmente.
14. Los principales sectores con riesgo de inundaciones son: Sector Cuján (río Sihuas: AP4), sector Socavón (río Vftor), sector La Cano (río Vftor: Zona Crítica) y el sector La Chilina (río Chili: A28), Quilcapampa (río Sihuas AP19), Pitay (río Sihuas: AP17), Oquines (río Sihuas:

AP16), San Basilio (río Sihuas: AP15), Tambillo (río Sihuas: AP14), San Juan de Sihuas (río Sihuas: AP13), Pachaqui Grande (río Sihuas: AP12), Sector Santa Ana (río Sihuas : AP11), sector Club Internacional (río Chili: A27).

15. La zona de deslizamientos más activa es la que se ubica en los valles del río Vítor y Sihuas debido a la incompetencia de la Formación Moquegua. Siendo más importantes en los sectores de El Tambo, entre Sotillo y la Ophela, frente a Tacar, frente a Huachipa y frente a La Cosio en el río Vítor. En el río Sihuas tenemos entre Santa Ana y Sándor; siendo el sector más crítico: entre Tambillo y Sándor.

Un sector también crítico por deslizamientos es el que se localiza a ambos márgenes del río Pichirijna en la carretera Huanca-Taya (Sector: Puente País Vasco).

La causa principal de las reactivaciones de los deslizamientos, se debe principalmente a la puesta en marcha de las irrigaciones: Santa Rita de Sihuas, Vítor, La Joya, San Isidro, el Canal de La Cano, etc.

16. Importantes zonas de derrumbes se localizan en ambos flancos de los valles de los ríos Quilca, Sihuas, Vítor, Chili, en las laderas del volcán Misti, etc.
17. Los lahars antiguos evidentes en la cuenca, son los que se localizan en la ladera occidental del Pichu Pichu, en las faldas del Misti hasta la ciudad de Arequipa, en el borde del área limitada por Chiguata, La Bedoya, Sabandía, Mollebaya y Pocci; con origen en los centros volcánicos Misti y Pichu Pichu.

También en las faldas de los volcanes Ubinas, Chachani y Ampato-Sabancaya.

Debido a la actividad volcánica actual, se considera con riesgo potencial alto ante la posible ocurrencia de lahars, las áreas circundantes a los Volcanes Ampato-Sabancaya (erupción, presencia de nieves perpetuas) y Misti (por sismos, lluvias, nevadas, erupción).

- 18.- En la cuenca se ha localizado flujos de barro (huaycos) de diversa magnitud, los cuales se han diferenciado en: excepcionales, ocasiona-

les y periódicos. Estos están localizados principalmente en ambos márgenes del río Yura, Qda. Gramadal y el río Sihuas (aguas arriba de Gramadal).

Las torrenteras constituyen el sistema de drenaje natural del Misti. Las de mayor potencial de riesgo son: Zamácola, Independencia, San Lázaro, Miraflores, Melgar y Paucarpata, ya que al pasar por zonas urbanas dan origen a graves problemas urbanísticos en la ciudad de Arequipa.

19. Los desprendimientos de rocas, son comunes en la cuenca, ocurren en forma más o menos importante, generalmente en rocas tobáceas y en taludes de coladas de lava. También se producen en rocas metamórficas de la Cordillera de la Costa: cuenca baja de los valles del río Sihuas, Vitor y Quilca.
20. La erosión en cárcavas es un proceso muy desarrollado en la cuenca, con un control principalmente litológico; se les ha detectado afectando a rocas de materiales incompetentes (formaciones Yura, Murco, Moquegua, etc.). Es importante mencionar que este proceso se acelera con la intervención del hombre, como es el caso de la Qda. El Cazador en la represa El Frayle.
21. La actividad en el complejo volcánico Ampato-Sabancaya, representa uno de los riesgos naturales potenciales de la cuenca y del país. La amenaza principal fuera de la explosión volcánica en sí la constituye la generación de lahars, tanto en el área del Volcán Sabancaya, como también en el Volcán Ampato, donde un incremento del calor podrían producir la licuefacción de los glaciares con consecuencias catastróficas a lo largo de los valles del río Sihuas y Colca. En la actualidad los glaciares de estos volcanes presentan grandes agrietamientos.

El riesgo potencial también existe en los volcanes Misti y Ubinas. Este último con gran influencia en la cuenca del río Tambo.

22. El volcán Sabancaya inició sus actividades fumarólicas en noviembre de 1986 y sus fase eruptiva moderadamente explosiva, el 28 de mayo de 1990 hasta la actualidad.

El volcán Misti, se encuentra en una fase fumarólica.

El volcán Ubinas volvió a entrar en fase fumarólica en diciembre de 1995.

23. Se han identificado 9 fuentes sísmicas, las que sirvieron de base para la zonificación del peligro sísmico de Arequipa y el Sur del Perú.

Es notorio un silencio sísmico en el Sur del Perú y el Norte de Chile, pues en la zona de subducción no se producen sismos de gran magnitud desde 1868. Existiendo una probabilidad condicional estimada entre 50 y 100%, de que entre 1986 y el año 2000, ocurra en este sector un terremoto de gran magnitud. (STUART P. NISHENKO 1995)

24. Las 15 Zonas Críticas de la cuenca en las cuales predominan los deslizamientos, inundaciones, flujos de barro (lahars y torrenteras) y derrumbes son:

Los derrumbes en el sector del río Chili (IX), Laderas O y NO del volcán Misti (XIV)); las inundaciones en el río Vitor (VII); los deslizamientos en la carretera Huanca-Taya (I), en Pachaqui Grande (II), frente a Tacar (III), frente a Huachipa y Santa Rosa (IV), frente a La Cosio (V) y El Tambo (VIII); el posible colapso en la Oda. El Cazador, por filtraciones en la Formación Maure, represa El Frayle (X) y los lahars potenciales de los volcanes Ampato-Sabancaya, Misti, Chachani y Ubinas.

25. Se ha realizado una evaluación geodinámica y de seguridad física de 62 centros poblados y se encontró la relación pueblo/ fenómeno geodinámico que lo afectó o lo puede afectar: Los pueblos que están en peligro son los siguientes: Arequipa (torrenteras, lahars, sismos, vulcanismo), Chiguata (caída de piroclastos), Mollebaya (desprendimientos de rocas), Mocca (desprendimientos de rocas), Santa Isabel de Sihuas (desprendimientos de rocas en las viviendas que están cerca a la base del talud).

26. La red vial de la cuenca, mayormente está formada por carreteras afirmadas y trochas carrozables de medianas (MC) a malas condiciones (MAC); encontrándose también trochas en muy malas condiciones (MMC), como las de la cuenca alta. La carretera asfaltada Camaná - Arequipa se encuentra entre las de medianas condiciones (MC) según la clasificación proporcionada por el Banco mundial.

27. Las obras de defensa ante los fenómenos naturales se plantean mediante dos tipos de acciones:

Medidas estructurales: implican obras de ingeniería.

Medidas no estructurales: Sistemas de predicción y alerta, zonificación y control, normas de construcción, zonificación, control de áreas vulnerables y defensa civil.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable en la cuenca de los ríos Quilca, Sihuas y Vítor, la creación de un Plan de Reordenamiento Ambiental, dirigido esencialmente al manejo de las zonas críticas. El Plan debe enfocar dos aspectos esenciales: Primero, el referido al planteamiento de medidas técnicas para el control de los procesos deteriorantes prioritarios dentro de las zonas críticas y el segundo referido a la creación de una Oficina Ambiental dentro de la organización actual de la Región Arequipa (Oficina Regional de Defensa Civil u otro organismo afín), cuya labor sería condicionar y supervisar el manejo ambiental y la aplicación de medidas de control planteadas, teniendo como una de las tareas prioritarias el monitoreo de la evolución de los volcanes Sabancaya-Ampato, Misti y Ubinas, además de empezar a difundir las medidas de prevención ante sus efectos. Esta oficina trabajaría estrechamente con los diversos sectores públicos y privados presentes en la región.
- Una vía para reducir la vulnerabilidad es la educación formal, ya que a través de ella lograremos que los futuros ciudadanos asuman una actitud preventiva y que dispongan de los elementos necesarios para tomar decisiones más concientes sobre sus actuaciones en la vida.
- Vigilancia visual, instrumental o por imágenes de satélite a los volcanes Sabancaya - Ampato, Ubinas y Misti.
- Informar a la comunidad mediante diferentes actividades, tales como cursos de capacitación, producción de cartillas didácticas, audiovisuales, afiches, mensajes institucionales que se emitan por los medios masivos de comunicación (TV y radio) con el propósito de sensibilizar a la población y de orientar en cuanto a su comportamiento en caso de emergencia.

- Se realicen estudios geológicos-geodinámicos y geotécnicos, en los sectores amenazados por riesgos geológicos con prioridad en las ZONAS CRITICAS (Planos 3). Así como completar y difundir los siguientes trabajos:

"Microzonificación para la prevención y mitigación de desastres en la ciudad de Arequipa". R. TICONA. UNSA

"Peligro volcánico potencial del Misti". L. MACEDO. UNSA

"Vulnerabilidad sísmica de ciudades representativas del departamento de arequipa y recomendaciones técnicas para la mitigación de desastres". G. RODRÍGUEZ. CISMID FIC/UNI

"Estudio de los Tsunamis en las costas de los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna". L. LAZARES. CISMID FIC/UNI

- El planteamiento de las medidas técnicas para el manejo de la problemática geoambiental, se debe basar principalmente en consideraciones de orden ecológico y socioeconómico; en los que se incluyan las medidas para el manejo de los procesos naturales, las actividades agropecuarias, cultivos tradicionales y formas ancestrales de uso de la tierra.
- En el Capítulo 11.0 se proponen sugerencias de corrección y comportamiento poblacional para los diferentes problemas de geodinámica externa e interna (riesgos geológicos) existentes en la cuenca.
- En la planificación física de prevención de desastres, se debe adoptar medidas de protección contra los fenómenos que implican riesgo geológico.
- Cuando los lahars, puedan crear una situación de peligro, se debe advertir a la población de las posibilidades de tener que alejarse de las partes axiales de los valles, especialmente si se trata de zonas que se sabe fueron invadidas anteriormente por lahars.

La alerta del comienzo real de un lahar, en la actualidad, sólo puede darse mediante la observación visual directa.

- Para prever que un centro poblado se desarrolle sin planificación, de forma peligrosa y sin medir las consecuencias que generan las catástrofes, se tienen que aplicar las siguientes medidas: Primero, evaluar cuidadosamente las condiciones naturales existentes; segundo, definir las zonas con diferentes grados de riesgo potencial y tercero, definir los aprovechamientos de la tierra, mediante la selección de las zonas disponibles de menor riesgo, para situar allí los componentes más importantes del centro poblado.
- Instruir a la población sobre los temas relacionados a los factores “antrópicos” (intervención de la mano del hombre) que afectan al medio ambiente, como: mal uso del agua de regadío, invasión de cauces y quebradas, deforestación, construcción de canales y carreteras, corte en taludes naturales, etc.
- Se acuda al INGEMMET que cuenta con la infraestructura necesaria para realizar los estudios geológicos, geodinámicos, geotécnicos y de ingeniería de proyectos a nivel de ejecución, para solucionar problemas que afectan áreas críticas, centros poblados y obras de ingeniería.

BIBLIOGRAFÍA

- BARREDA, W. (1968) - Reconocimiento geomorfológico preliminar del valle del río Vítor. Tesis. Bach., Univ. de San Agustín, Arequipa.
- CALDAS, J. (1993) - Geología de los cuadrángulos de Huambo y Orcopampa. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 46, 62 p.
- CALDERON, A. (1967) - Geomorfología del valle del río Chili. Tesis Bach., Univ. de San Agustín, Arequipa.
- DOUROJEANNI, A. (1979) - Marco referencial para el desarrollo, uso y conservación de los recursos hidráulicos.
- DURAN, J.; ELIZAGA, E. & GARZON, G. (1985) - Geología y prevención de daños por inundación. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- FIDEL, L. & ZAVALA, B. (1994) - Estudio geodinámico de la Cuenca del río Camaná-Majes (Colca), departamento de Arequipa. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geod. e Ing. Geol., 14, 206 p.
- GALDOS, J. (1977) - Geomorfología de la zona de Sihuas. Tesis Bach., Prog. Acad. de Geología, Univ. de San Agustín, Arequipa, 40 p.
- García, Erwin.- "Estudio de los Tsunamis en las Costas de los Departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna". CISMID FIC/UNI
- GARCIA, W. (1968) - Geología de los cuadrángulos de Mollendo y La Joya. Serv. Geol. Min., Boletín 19, 113 p.
- GARCIA, W. (1978) - Geología de los cuadrángulos de Puquina, Omate, Huaitire, Mazo Cruz y Pizacoma. Serv. Geol. Min., Boletín 29, 63 p.

- GONZALEZ, O. (1985) - Regiones de mayor riesgo volcánico de América del Sur. En: Centro Regional de Sismología para América del Sur. Proyecto SISRA, Lima, vol. 14, p. 421-432.
- GUEVARA, C. (1969) - Geología del cuadrángulo de Characato. Serv. Geol. Min., Boletín 23, 54 p.
- GUIZADO, J. - Geología del cuadrángulo de Aplao. Serv. Geol. Min., Boletín 20, 50 p.
- HERMELIN, M., ed. (1990) - Memorias: I Seminario Andino de Geología Ambiental, I Conferencia Colombiana de Geología Ambiental, III Conferencia de Riesgos Geológicos del Valle de Aburra. Universidad EAFIT, Medellín, AGID Report 13: Environmental Geology and Natural Hazards of the Andean Region, 593 p.
- HUAMAN, R., et al (1993) - Cadre structural et risques géologiques étudiés à l'aide de l'imagerie spatiale: la région du Colca (Andes du Sud Pérou). Bull. Soc. Géol. France, 164(6):807-818.
- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1980) - Mapa geotécnico para ordenación territorial y urbana de Córdoba. IGME, Madrid.
- KLINCK, B.A., et al (1993) - Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al oeste del Lago Titicaca - sur del Perú (Proyecto Integrado del Sur). INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 42, 367 p.
- LAZO, M., et al (1991) - Evaluación de la actividad sísmica del volcán Sabancaya. En: Congreso Peruano de Geología, 7, Lima, 1991, Resúmenes extendidos, Soc. Geológica del Perú, Lima, t. I, p. 19-22.
- LAZO, M. & KOSAKA, R. (1992) - Evaluación del peligro sísmico en la Región Sur Oeste del Perú. Instituto Geofísico, Univ. de San Agustín, Arequipa.
- MACEDO, L. (1993) - Peligro volcánico potencial del Misti. Univ. de San Agustín, Arequipa.
- MARANGUNIC, C. (1978) - Importancia de la geología en la planificación urbana y en la conservación y mejoramiento del medio ambiente. En:

Seminario Nacional de Geología, Santiago, 1978, Colegio de Geólogos de Chile. Santiago.

- MAROCCO, R. & DEL PINO, M. (1966) - Geología del cuadrángulo de Ichuña. Serv. Geol. Min., Boletín 14, 57 p.
- MISION JAPONESA (1979) - Cooperación Técnica para la Prevención de Desastres en el Area de Lima Metropolitana. Lima.
- NACIONES UNIDAS (1976) - Prevención y mitigación de desastres. Vol. 1: Aspectos vulcanológicos. Naciones Unidas, Ginebra.
- NACIONES UNIDAS (1977) - Prevención y mitigación de desastres. Vol. 2: Aspectos hidrológicos. Naciones Unidas, New York.
- ONERN (1974) - Inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la Costa. Cuencas de los ríos Quilca y Tambo. ONERN, Lima, 3 t.
- PECHO, V. & MORALES, G. (1969) - Geología de los cuadrángulos de Camaná y La Yesera. Serv. Geol. Min., Boletín 21, 72 p.
- PETER, F. (1991) - Principales volcanes del Perú.
- SENAMHI.- Boletines Meteorológicos e Hidrológicos.
- TICONA, R. (1994) - Microzonificación para la prevención y mitigación de desastres en la ciudad de Arequipa. Univ. de San Agustín, Arequipa.
- UNI (1987) - Memorias del Primer Simposio Nacional de Prevención y Mitigación de Desastres Naturales. UNI-CISMID, Lima.
- VARGAS, L. (1970) - Geología del cuadrángulo de Arequipa. Serv. Geol. Min., Boletín 24, 64 p.

ANEXO I

SUGERENCIAS DE CORRECCIÓN Y COMPORTAMIENTO POBLACIONAL

En éste capítulo se trata de presentar algunas medidas estructurales y proyectos de solución a los problemas geodinámicos que se localizan en la cuenca, así como también algunas sugerencias y medidas simples y de fácil comprensión para los pobladores de las áreas amenazadas por los fenómenos naturales. Las medidas de tratamiento planteadas por lo general son de bajo costo y realizables por los mismos pobladores debidamente organizados.

RESUMEN DE TRATAMIENTO POR FENÓMENO

Flujos de barro (huaycos) y erosión intensa con cambio de curso en los conos de deyección

Las acciones preventivas deberán contemplar la canalización de la quebrada o torrentera, consolidación de los materiales sueltos mediante repoblación forestal y en el caso de los huaycos y torrenteras, limpiar periódicamente el cauce (materiales traídos por los huaycos, basura, etc.); así mismo efectuar variantes locales (si éste es de gran dimensión).

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

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

- Diques reguladores o azudes
- Desbroce de los materiales sueltos, basura, etc.
- Forestación de las laderas
- Eliminación de obstáculos (ensanche en pasos estrechos). En caso de las torrenteras es importante contemplar a largo plazo la erradicación de las construcciones que obstruyen el paso de la torrentera.
- Canalizaciones.

Todas las obras a realizar deben estar dirigidas a la protección, según dimensionamiento de las obras civiles proyectadas o construidas en la cuenca.

Que hacer en casos de huaycos?

ANTES:

- Construir sus viviendas en lugares altos, lejos de las quebradas o desembocadura de las mismas.
- Identificar las áreas de seguridad y evacuación.
- Informarse sobre la temporada de lluvias.
- Observar si las aguas del río están turbias.
- Tenga siempre a la mano: Plan familiar de emergencia, directorio de emergencia (Cruz Roja, Bomberos, Hospitales, etc.)

DURANTE:

- Salga de inmediato y ubíquese en zonas altas.

DESPUES:

- Utilice racionalmente sus reservas de agua y alimento.
- No tome agua y alimentos contaminados.
- No reconstruya en zona de huaycos.
- Ejecute las disposiciones y normas de organización y seguridad dispuestas por Defensa Civil.

Avenidas Extraordinarias

- a) Para evitar o menguar los efectos de estos fenómenos, las acciones a tomar son: Mejorar las redes meteorológicas e hidrométricas de control, con un sistema de transmisión rápida a lo largo del curso del río o quebrada, para prever el momento del paso de las ondas de crecida. Estas redes de medida nos proporcionarán los datos para el conocimiento más exacto del comportamiento hidrológico de la cuenca.

- b) Previsión en las zonas más afectadas fruto del análisis del perfil transversal y el caudal.
- c) Medidas correctoras preventivas: embalses, forestación de la cuenca vertiente, ensanche de los pasos estrechos (mejorar la dinámica fluvial) dimensionamiento de obras de ingeniería (puentes, etc.) y canalizaciones.

Como debe la población enfrentar una inundación? (INDECI-DIRDN 1990-2000)

ANTES DE LA INUNDACIÓN:

- Construir sus viviendas en zonas seguras, no lo deben de hacer en la ribera de los ríos y quebradas, planicies o valles tradicionalmente inundables.
- Conservar los bosques y vegetación existentes, evitando que se destruyan, ya que las plantas dan firmeza al suelo e impiden la erosión.
- Organizar con los vecinos trabajos de forestación o reforestación en las orillas de los ríos, incluyendo especies de rápido crecimiento que se extiendan por el suelo y den solidez a las riberas.
- Organizar con los vecinos trabajos de limpieza del cauce del río, quebrada o torrentera
- Conservar limpio el cauce de los ríos, evitando el arrojado de basura o materiales, que puedan generar represamientos.
- Dar a conocer las rutas de evacuación y zonas de seguridad establecidas por el comité de defensa civil de la localidad.
- Tener preparado un equipo de emergencia compuesto por un botiquín de primeros auxilios, frazada, radio y linterna a pilas, fósforos, velas, etc.
- Organizar un local comunal y mantener en él una reserva constante en agua potable, alimentos envasados, frazadas y medicinas.

DURANTE LA INUNDACIÓN:

- Si el tiempo lo permite apile todos los enseres que quedan en la vivienda, colocando los de mayor valor en las partes más altas.
- Evacúe con su familia hacia zonas altas y seguras, asegúrese que cada miembro de su familia lleve únicamente lo indispensable y no olvidar la identificación.
- No atraviese ríos o zonas inundadas sin apoyo de embarcaciones o de personal especializado.
- No cruce puentes donde el nivel de las aguas se acerque al borde mismo, ya que sus bases pueden estar debilitadas.
- Al efectuar rescates de personas atrapadas, válgase de cuerdas, extensiones, botes y/o flotadores.
- No ingrese a zonas afectadas, aléjese de lugares donde puedan producirse derrumbes.

DESPUES DE LA INUNDACIÓN:

- Siga las instrucciones del Comité Defensa Civil de la comunidad u otro organismo competente y ocupe sólo las viviendas que han sido declaradas habitables.
- Beba sólo agua potable o hervida.
- Participar en el desagüe y apertura de canales de desagüe para evitar el estancamiento de agua que pueda ocasionar epidemias.
- Entierre a los animales muertos y limpie los escombros dejados por la inundación.
- Participar en las tareas de rehabilitación.

Desprendimiento de Bloques

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

Deslizamientos

Forestación o reforestación con el implante de hierbas o arbustos (de raíz profunda) de especies apropiadas al suelo y clima. El drenaje con cunetas de coronación, zanjas drenantes paralelas a la línea de máxima pendiente, trincheras, etc. Es fundamental para evitar los efectos alteradores del agua, modificar el perfil del talud con corte y relleno (Bancales) y disminuir los esfuerzos sobre la superficie de corte. El cosido con pilotes o pozos hormigonados puede ser interesante para pequeños deslizamientos. La colocación de bermas en el pie del talud es a menudo útil, así como el contrapeso de pie de talud.

Deslizamientos: Como enfrentarlos?

ANTES:

- Construya sus viviendas en zonas seguras, no lo haga en terrenos erosionados o en las faldas de los cerros demasiado húmedos.
- Cuide los bosques, ya que favorecen la firmeza de los suelos y evitan la erosión, no permita la destrucción o tala indiscriminada de estos.
- No realice quema de la vegetación como técnica para el cultivo de la tierra, ya que esta práctica ocasiona la destrucción de la capa vegetal del suelo, erosiona el terreno y puede generar incendios de grandes proporciones.
- Evite el sobrepastoreo, cambiando periódicamente el ganado de un lugar a otro para evitar el desgaste de los terrenos y su posible erosión.
- Siembre plantas que se arrastren y reproduzcan rápidamente, para que se forme una barrera que fortalezca la tierra.

- La construcción de andenes para el cultivo de terrenos empinados, es una excelente medida de prevención para evitar deslizamientos.
- Informe al Comité de Defensa Civil de su comunidad si observa que se producen agrietamientos en el terreno.
- El Comité de Defensa Civil establecerá las zonas seguras y las rutas de evacuación.
- Tenga preparado un equipo de emergencia conteniendo: un botiquín de primeros auxilios, radio y linterna a pilas, frazadas, fósforos, velas, etc.
- El Comité de Defensa Civil debe mantener en el local comunal una reserva consistente en agua potable, alimentos envasados, frazadas y medicinas, etc.

DURANTE:

- Conserve en todo momento la calma, evacúe rápidamente hacia los lugares establecidos asegurándose que cada miembro de su familia lleve únicamente lo indispensable y no olvide su identificación.
- Infunda serenidad y ayude a los demás.

DESPUÉS:

- El Comité de Defensa Civil de la comunidad realizará una inspección técnica de las viviendas determinando cuales son las que puedan ser habitadas nuevamente.
- El Comité de Defensa Civil organizará las faenas para el restablecimiento de los servicios esenciales como el abastecimiento de agua y la reparación de calles afectadas.
- Participe en las brigadas de búsqueda y rescate cuidando de no producir derrumbes.
- Participe con la brigada de primeros auxilios ayudando en la atención y traslado de heridos a los puestos asistenciales.

- En las zonas de reubicación temporales o definitivas, acate las instrucciones del Comité de Defensa Civil particularmente en lo que respecta al saneamiento ambiental.

Erupción Volcánica-Lahars

Existen mapas donde se indican las zonas amenazadas por los fenómenos asociados con una posible erupción de los Volcanes Misti, Ampato y Sabancaya (UNSA-IGP)-(INGEMMET). Aunque está basado en lo que se sabe de la naturaleza de los fenómenos eruptivos y erupciones anteriores de éste y otros volcanes, los límites no son exactos y las áreas afectadas podrían ser mayor o menor que aquellas indicadas en el mapa.

MÁXIMO PELIGRO: Durante una erupción grande esta zona podría ser devastada por flujos volcánicos calientes y rápidos y/o flujos de lodo que también se propagan a grandes velocidades; también sería afectada por la caída de rocas cenizas y polvo. La probabilidad de sobrevivir sería muy reducida y por lo tanto será necesario la evacuación de todas las personas de esta zona en caso de una inminente erupción.

MODERADO PELIGRO: Podría ser afectada por la nube de cenizas, del flujo piroclástico, flujos de lodo y lahars. Se podría permanecer dentro de esta zona siempre y cuando uno se mantenga vigilante y la abandone inmediatamente si una erupción mayor es inminente.

ALTO PELIGRO: Si ocurre una erupción, lahars peligrosos podrían bajar por estos valles y extenderse hasta grandes distancias del volcán. Las personas que viven y trabajan en estas áreas (riberas de los ríos Quilca, Sihuas y Vítor) deben mantenerse vigilantes y estar en guardia todo el día y toda la noche durante la crisis volcánica. Se deben evitar los fondos del valle, debiendo alejarse hacia zonas altas. Sería importante instalar un sistema de alarma para avisar a los moradores aguas abajo en caso de existir un peligro inminente.

CAIDA DE PIROCLASTOS: Al ocurrir una erupción, la zona indicada podría ser afectada por la caídas de fragmentos de rocas, ceniza y polvo, conocidos como materiales piroclásticos. Las personas deberán buscar refugio en una casa o edificación cercana. Si permanece en la intemperie, deberá usar la ropa adecuada y para evitar problemas respiratorios se recomienda el uso de un pañuelo para cubrirse la boca y nariz. Se podría acumular suficiente ceniza como

para causar el colapso de los techos de las casas. Muchos techos sólo podrían soportar unos 15 cm de piroclastos y mucho menos si el material está mojado. Para evitarlo será necesario remover constantemente el material que se acumule con una pala o escoba. En caso que sea imposible remover la ceniza y exista un peligro de colapso del techo, las personas deben buscar refugio en el sitio más seguro, dentro o fuera de la casa. Los animales pueden ser perjudicados si comen la ceniza y por lo tanto, si es posible, deben ser juntados en algún refugio o evacuados.

Teniendo en cuenta que una erupción volcánica puede ocurrir cualquier día es necesario tener presente algunas recomendaciones (INDECI-DIRDN 1990-2000):

ANTES DE LA ERUPCIÓN:

- Por los cauces de los ríos, quebradas o torrenteras situadas en las faldas del volcán, podrían bajar, lodo, piedras, árboles y destruir puentes, viviendas u otros.
- Si observa algún cambio en el volcán, como nuevas fumarolas, fuentes termales, pozos que se secan, cenizas o deslizamientos, comuníquelo a las autoridades de Defensa Civil u otro organismo competente.
- Manténgase enterado de la actividad del Volcán por medio de los informes de Defensa Civil.
- Realice ensayos de evacuación con su comunidad durante el día y la noche. Determine el tipo de alarma (timbres, campana, silbato, etc.) para evacuar las zonas establecidas.
- Tenga a la mano una linterna con baterías extras, un radio portátil, un pequeño botiquín, agua potable, frazada y su documento de identidad.
- Reúnase inmediatamente con su familia y escuche los mensajes y siga las instrucciones que a través de la radio transmitan Defensa Civil o autoridades locales.

CUANDO ERUPCIONE:

- Evite respirar gases nocivos, polvo fino, colocando tela humedecida con agua o vinagre sobre la boca y la nariz. Protéjase la cabeza y hombros con un sombrero y poncho grueso u otras prendas.
- Si se da la alerta para evacuar la zona, asegúrese que cada miembro de su familia lleve únicamente lo indispensable y no olvide la identificación. Es importante, cada vez que se da la alerta, evacuar la zona; algunas veces las alertas no condicionan a la ocurrencia del fenómeno pero es importante siempre evacuar, no vaya a suceder como la tragedia de Armero (Colombia), que luego de varias alertas la población no hizo caso y sucedió la desgracia.
- Diríjase a los campamentos establecidos por Defensa Civil.
- Lave bien los vegetales que va a consumir.

SISMOS

Que hacer para estar preparados en el hogar? (INDECI-DIRDN 1990-2000).

ANTES DEL SISMO:

- Conversa con tu familia e identifica y determina las zonas de seguridad de tu vivienda (encuentro de vigas, dinteles, patio, jardines, escalera, etc.); las rutas de evacuación más directas y seguras y las áreas de seguridad en lugares amplios.
- Delegar responsabilidades a los miembros mayores de la familia. Ejemplo: el hermano mayor cuidara al menor.
- Capacitar a todos los miembros de la familia en defensa civil.
- Si tiene teléfono cuente con un directorio de emergencia con teléfonos de hospitales, compañías de bomberos, Cruz Roja, policía y otros.
- Aprenda y enseñe a su familia como cortar el agua, la luz y el gas.

- Prepare un botiquín de primeros auxilios (algodón, gasa, desinfectantes, analgésicos, etc.)
- Prepare un equipo de emergencia con los siguientes artículos: Extintores, botiquín, agua, linterna, radio, frazadas, velas, fósforos y alimentos enlatados.

DURANTE EL SISMO:

- No corra, tranquilízese y cobjese en las zonas de seguridad.
- Si vive en edificios altos abra de inmediato las puertas para evitar que se traben.
- No use el ascensor.
- Proteja su integridad física ubicándose debajo de mesas fuertes y/o zonas seguras.

DESPUÉS DEL SISMO:

- Encienda su radio a pilas para recibir instrucciones de las autoridades.
- Aléjese de calles angostas, de las playas y de las riberas de los ríos.
- Si están en edificios altos comience la evacuación por las escaleras con tranquilidad y seguridad.
- Coopere proporcionando ayuda a sus familiares y atención a sus vecinos.

Tsunamis (maremotos):

Sugerencias para la población rural ubicada en la desembocadura del río Quilca y caleta de Quilca; medidas válidas para toda población costera.

ANTES:

- Conozca las zonas de seguridad establecidas y las rutas de evacuación, para lo cual se debe hacer las consultas necesarias en la oficina de Defensa Civil de su Municipalidad.

- Si vive en la playa o cerca a ésta, asegúrese que todos sus familiares conozcan las rutas de evacuación y las zonas seguras.
- Si vive en la playa o cerca de ésta, evacúe hacia las zonas de seguridad después que haya ocurrido un sismo de gran intensidad llevando su equipo de emergencia. Sintonice los boletines oficiales y retorne cuando las autoridades confirmen que no se producirá un tsunami.
- Tenga preparado un equipo de emergencia conteniendo un botiquín de primeros auxilios, radio a pilas, linterna, frazada, fósforos, velas, etc.

DURANTE:

- Si se produce este fenómeno en el área del Pacífico, las autoridades de Defensa Civil tomarán conocimiento de inmediato por intermedio de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra que representa al Perú ante el SISTEMA INTERNACIONAL DE ALERTA CONTRA LOS TSUNAMIS EN EL PACIFICO, alertando inmediatamente a la población a través de los medios de comunicación.
- Evacúe inmediatamente a las zonas de seguridad siguiendo las rutas de evacuación establecidas, asegúrese que cada miembro de su familia lleve únicamente lo indispensable y no olvide la identificación. Recuerde que la aproximación de un Tsunami es precedida normalmente por un alza o baja (retirada) notable de las aguas en la costa.
- Infunda serenidad y ayude a la evacuación de niños ancianos e incapacitados.

DESPUÉS:

- El Comité de Defensa Civil de la comunidad realizará una inspección técnica para determinar los daños causados por el tsunami.
- Retorne a su vivienda cuando el Comité de Defensa Civil lo autorice.
- Manténgase informado escuchando los boletines radiales de las autoridades de Defensa Civil.
- Participe en los trabajos de rehabilitación que realizará el Comité de Defensa Civil.

Alternativas de solución

Las acciones a ejecutar para proteger las zonas afectadas por los fenómenos de geodinámica en las márgenes de los ríos, susceptibles a erosiones e inundaciones, torrenteras, quebradas, taludes inestables, etc.; tienen que estar íntimamente relacionadas a las que se ejecutarán en las áreas adjuntas (nivel de cuenca, subcuenca y microcuenca) ya que la solución tiene que ser afrontando los problemas como un todo y no sólo en los lugares afectados. Existen alternativas de solución variadas y de todo precio, éstas deben estar guiadas y apoyadas por un buen informe geológico.

En el "Estudio Geodinámico de la cuenca del río Camaná-Majes (Colca)" se presentan variadas técnicas para enfrentar a los fenómenos de geodinámica externa. Se recomienda divulgarlas.

ANEXO II

Estudio Hidroquímico de la Cuenca de los Ríos Quilca, Sihuas y Vitor

Por: Antonio Guzmán M.
Lionel Fidel S.

RESUMEN

El objeto del presente estudio fue determinar el origen de la salinización de las tierras de cultivo de Quilca.

El estudio se llevó a cabo mediante un muestreo regional de aguas de la cuenca tomándose en el río y sus tributarios, 34 muestras de agua y 3 de suelos en las pampas de Vítor y Sihuas; realizando medidas in-situ de los parámetros: pH, temperatura y conductividad eléctrica de las aguas; para finalmente en laboratorio analizar las aguas por sólidos totales disueltos (STD), hierro, plomo, arsénico, aluminio, estroncio, litio, aniones y cationes. Las muestras de suelos de las pampas de Vítor y Sihuas se tomaron en las zonas donde existían eflorescencias de sales que se manifestaban como costras de color blanco y de aspecto terroso.

Los resultados químicos de aguas y suelos señalan:

- Las aguas de los ríos Vítor y Quilca tienen altos contenidos de cloruros y sulfatos de sodio; en algunos sectores de los ríos Vítor (Chili) y Sihuas en los que predominan los carbonatos y bicarbonatos de calcio.
- El pH de las aguas en los ríos de la cuenca varía de neutro (7.0) en el sector Chapi Chico y La Chilina (río Chili) aguas arriba de Arequipa, a ligero o muy alcalino (7.1 a 10) en los demás ríos.
- En el río Vítor, en los sectores de Yura a Sotillo y de Sotillo a Bayadero, se han verificado valores de temperaturas en las aguas que varía entre 20 a 26°C y 26 a 28°C, respectivamente, lo que indicaría que existe actividad hidrotermal asociada a una cámara magmática en profundidad.

- Valores anómalos de los aniones sulfato y cloruro se han observado en la zona donde los ríos Vítor y Sihuas cruzan las pampas del mismo nombre, igual sucede con los cationes calcio y sodio y en menor proporción el magnesio.
- En cuanto a concentraciones de los elementos traza Aluminio y Hierro contenidos en las muestras de agua, podemos manifestar que en la zona aledaña a la ciudad de Arequipa es donde se han encontrado anomalías que sobrepasan los valores admisibles de las normas técnicas peruanas, asimismo se han encontrado valores altos de aluminio y ligeramente de hierro en las muestras de aguas del Valle del río Sihuas tomadas en todo su curso desde sus nacientes hasta la zona de Santa Isabel de Sihuas.
- Solamente se ha encontrado un valor anómalo de arsénico contenido en las aguas, valor que podría estar influenciado por el uso de pesticidas en los terrenos de cultivo y corresponde a la muestra del fundo Los Reyes (J2), en la cuenca baja del río Vítor.
- Valores altos de fosfatos han sido determinados en varias muestras tomadas en las inmediaciones de Arequipa y poblados aledaños, lo que nos estaría indicando el uso de detergentes; y por el lavado de suelos en la zona de Chihuata y el valle de Vítor donde se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas (con uso de abonos).
- Valores altos de Nitratos que sobrepasan las normas técnicas peruanas, se han localizado en las aguas de la parte baja del valle de Vítor y en el río Quilca y pueden estar asociados al incremento del uso de fertilizantes en las tierras de cultivo y al aumento de población.
- Los suelos de las pampas de Vítor y Sihuas, según los resultados de laboratorio poseen un alto contenido de sulfatos y una menor concentración de carbonatos y nitratos.

La presencia de costras duras de yeso y carbonatos en los suelos de las pampas de Vítor y Sihuas, muestreados con calicatas, son indicativas de procesos de salinización por efecto del lavado de suelos.

Las costras de sales que se distinguen sobre los suelos de cultivo de Quilca, que se encuentran a un nivel inferior a las pampas de Vítor y Sihuas, son el

producto del lavado de los suelos de las partes altas, por infiltración de las aguas de riego de estas pampas.

Asimismo, el sistema de riego que se emplea en Quilca (superficial por inundación), permite que las aguas al acumularse, tiendan rápidamente a evaporarse por estar en una zona de intensa insolación, precipitándose así costras de sales en superficie; las que progresivamente van dañando los terrenos de cultivo, si no se efectúan los tratamientos correctivos pertinentes en los suelos agrícolas como sería cambiar el sistema de riego que podría ser por goteo o aspersión, usar aditivos para los suelos y el agua, efectuar una labranza profunda o riegos antes de la siembra.

CONCLUSIONES

1. Las aguas de la parte baja del río Vítor (Chili) y del río Quilca presentan altos contenidos de los aniones cloro y sulfato y de los cationes sodio y calcio-magnesio, e igualmente valores altos de nitratos y estroncio, que las hacen casi inútiles para ser empleadas en uso doméstico sin tratamiento previo (Ver plano y tablas).
2. Las costras gruesas de sales que se distinguen sobre los suelos de cultivo de los valles bajos de la cuenca, se originan mayoritariamente por la disolución de las sales contenidas en los suelos y rocas que forman las pampas de Sihuas, Vítor y La Joya por acción de las aguas subterráneas alimentadas por la infiltración de las aguas de regadío de estas pampas.

Contribuye a incrementar este problema; el sistema de regadío que se emplea en la parte baja de los valles (riego superficial por inundación), y la fuerte evaporación existente en toda la región, debido a la intensa insolación, lo que origina la precipitación de las costras gruesas de sales en superficie.

3. Las aguas termales existentes en el Sector de Sotillo-Boyadero, en el valle del río Vítor pueden estar asociadas a un sistema hidrotermal, lo que se manifiesta por el incremento de la temperatura de las aguas del río a 28°C en el sector y por su alto contenido de sales. Esta salinidad sin embargo, se considera de mucho menor importancia en el efecto de salinización de las tierras de cultivo en la cuenca baja.

RECOMENDACIONES

Se recomienda:

1. Se adopten medidas de corrección y tratamiento de suelos agrícolas tales como drenaje, lavado de suelos etc., con el fin de evitar el incremento de la salinización de los suelos agrícolas del área comprendida entre Quishuarani – Huañamarca (Valle del río Vítor o Chili), San Isabel de Sihuas – Huañamarca (Valle de Sihuas) y Huamañarca – Desembocadura (río Quilca).
2. Se requiere rediseñar sistemas de riego que se emplean en las partes bajas de los Valles de Vítor, Sihuas y Quilca para reducir la formación de las costras gruesas de sales (Se recomienda emplear el sistema de riego por aspersión, goteo, microgoteo).
3. Se deben impermeabilizar los principales sistemas de distribución de agua (canales) en los sectores en proceso de salinización.
4. Se efectúe un control periódico de las aguas de drenaje principal y secundario de la cuenca, que permita verificar el incremento o disminución de la salinización de las aguas y suelos en las zonas problemáticas.

1. INTRODUCCIÓN

En la Cuenca de los ríos Quilca-Sihuas y Vítor (Chili), se ubica Arequipa la segunda ciudad del Perú. Esta cuenca es importante por la intensa actividad agrícola que se desarrolla a lo largo de los valles y en los proyectos de irrigación de Sihuas y Majes, así como la actividad industrial en la ciudad de Arequipa.

Las aguas de los ríos Quilca-Sihuas-Vítor (Chili) y sus tributarios constituyen la fuente primordial para el abastecimiento de agua de Arequipa y de los pueblos ubicados en la cuenca y para el desarrollo de sus actividades conexas, por lo que es de gran importancia conocer sus características físico-químicas que nos permitan su mejor empleo.

A solicitud de la Presidencia del Consejo Directivo del INGEMMET, se preparó un programa de muestreo de las aguas de la cuenca y de los suelos del área de las pampas de Vítor y Sihuas, considerando la precipitación de costras salinas sobre los suelos de cultivo en Quilca. Los resultados de los trabajos realizados son los que se presentan en el presente informe.

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El objetivo principal del presente estudio fue determinar el origen de las costras salinas existentes sobre los suelos de cultivo en el sector Quilca, considerando las características físico-químicas de las aguas de la cuenca.

3. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

La metodología del trabajo consistió en:

- Una fase de gabinete donde se planificó el trabajo a realizar en base a la ubicación de centros mineros, agrícolas, industriales y poblaciones de la cuenca programándose una red de muestreo consistente en 34 estaciones convenientemente espaciadas.
- Una fase de campo, en noviembre de 1995 durante el comienzo de las crecientes de los ríos, con toma de 34 muestras de agua en la red de

drenaje de la cuenca y 3 de suelos de las zonas de las pampas de Vítor y Sihuas donde son observables manifestaciones salinas sobre los suelos agrícolas. Simultáneo a la toma de muestras se midió in-situ el pH, la temperatura y la conductividad eléctrica de las aguas.

- Una segunda fase de gabinete, donde en Laboratorio se analizaron las muestras de agua por: sólidos Totales Disueltos (STD), hierro, plomo, aluminio, litio, estroncio y arsénico, así como cationes y aniones.

Las muestras de suelos se analizaron por sulfatos, carbonatos y nitratos.

Los análisis fueron hechos en el Laboratorio de INGEMMET.

Con los resultados de los ensayos e información obtenida de la bibliografía revisada y de los trabajos de campo se procedió a confeccionar el reporte final.

4. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

La Cuenca Quilca-Sihuas-Vítor (Chili) con una superficie de 12,839.16 km², comprende parte de las provincias de Arequipa, Cailloma y Camaná (Quilca-Pueblo Nuevo) en el departamento de Arequipa, entre las coordenadas (Fig. N° 1):

15° 37' y 16° 45' Latitud Sur
70° 55' y 72° 24' Longitud Oeste

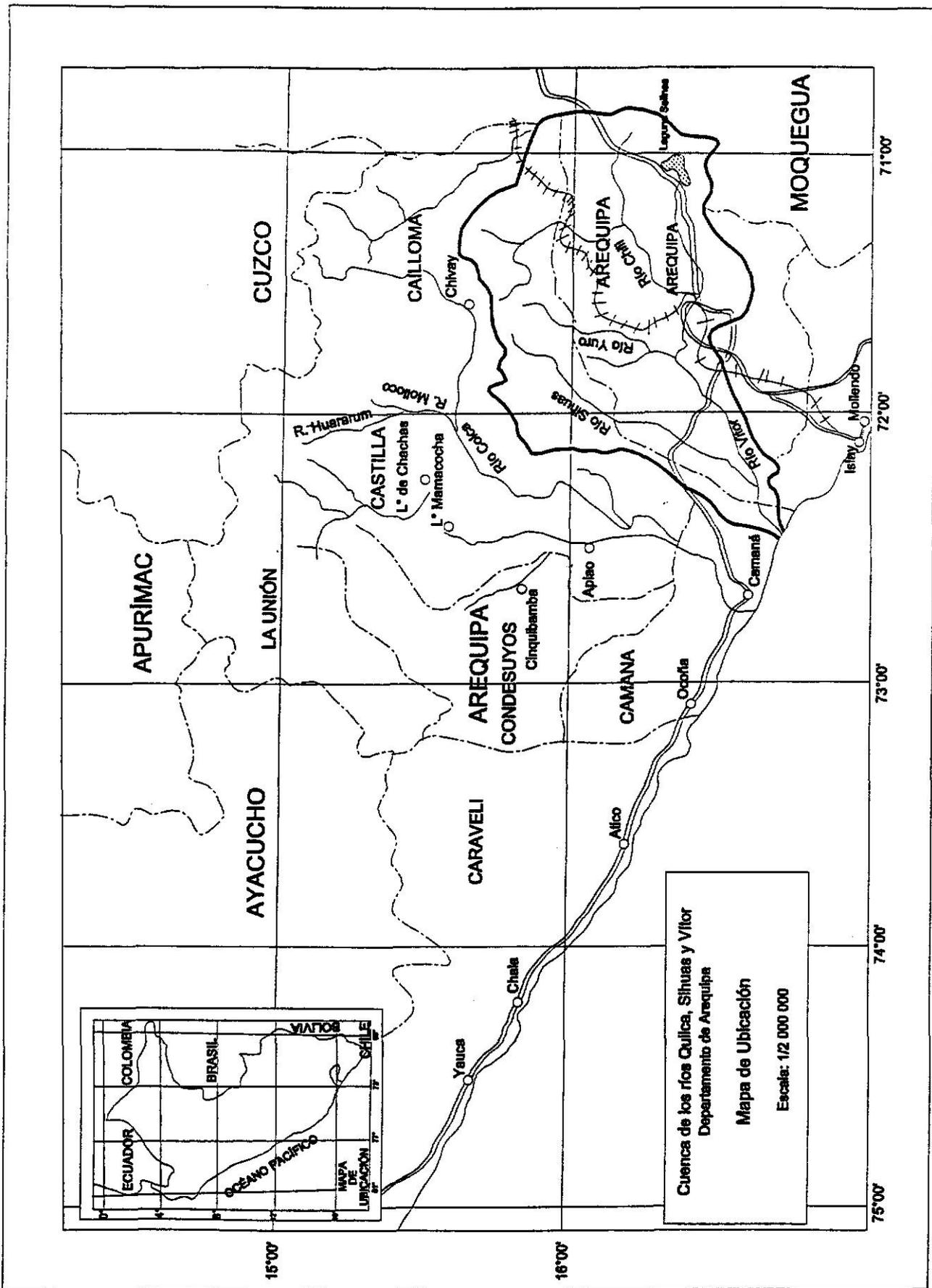
El acceso a la zona de estudio desde la ciudad de Lima se realiza por la Carretera Panamericana Sur hasta la ciudad de Arequipa, de donde parten numerosas vías de comunicación que conectan con el resto de pueblos de la cuenca.

La ciudad de Arequipa dispone de un Aeropuerto Internacional.

La vía férrea Matarani-Arequipa-Puno-Cuzco también atravieza parte de la cuenca.

5. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA

Clima: Los climas de la cuenca varían según la altitud existente, es semi-cálido desértico en la zona baja (0-1 800 m), per-ádico y templado entre los 2 300 y



3 100 m, semi-árido a subhúmedo y templado entre los 3 100 a 3 900 m, húmedo y frígido entre los 3 900 a 4 500 m a per húmedo a frígido en las alturas superiores a los 4 500 m.

Las temperaturas varían desde 18°C en los pisos bajos, 14 a 18°C en los medios y altos a 4 a 0°C en los superiores.

Las precipitaciones en lo que se denomina la "Cuenca Seca" (5 090,16 km²) de los 0 hasta 3 400 m, se dan con promedios de 200 mm, en la "Cuenca Húmeda" (7 749 km²) sobre la cota 3 400 m, con precipitaciones anuales entre 200 y 550 mm.

6. ESTUDIOS ANTERIORES

Se desconoce la existencia de estudios sobre la calidad de aguas de la cuenca de los ríos Quilca-Sihuas y Vftor (Chili), pero sí de estudios sobre suelos agrícolas, sobretodo los encaminados a proyectos de irrigación.

7. MUESTREO Y ANALISIS DE AGUAS Y SUELOS

7.1. Muestreo

Durante los trabajos de campo se tomaó, la cantidad de 34 muestras de agua y 3 de suelos en 34 estaciones en el río principal y sus tributarios (Ver Tabla N° 1).

Las estaciones de muestreo cubren la cuenca Quilca-Sihuas-Vftor (Chili), se ubican en el plano a escala 1:250 000 que acompaña este informe.

En las campañas de campo se recolectaron muestras de agua en botellas de polietileno de 1 litro, tomándose dos muestras en cada caso, una de las cuales se acidificaba con HNO₃, para su preservación y posterior análisis, mientras que la otra sin preservación sirvió para el análisis de los demás parámetros químicos.

Cada muestra se consignaba, o codificaba de la siguiente forma:

- Lugar de la toma

TABLA N° 1
PUNTOS DE MUESTREO DE AGUAS Y SEDIMENTOS

N° DE MUESTRA Y LUGAR	CÓDIGO DE LA MUESTRA	COORDENADAS UTM		ALTITUD (msnm)	FECHA DE MUESTREO
		NORTE	ESTE		
1 Chapi Chico R. Chili.	A1	81818	2293	2370	18/11/95
2 Variante Uchumayo Pte. San Isidro.	A3(2)	81837	2292	2252	18/11/95
3 Puente R. Vitor (Panam. Sur).	A1(2)	81776	1874	1140	
4 Aguas abajo de Quishuarani (R. Chili).	A5	81844	2063	1650	31/10/95
5 R. Yura, sector Palca.	A6	81898	2031	1590	31/10/95
6 Establo Sta. Fortunata Río Vitor.	A7	81841	1946	1500	01/11/95
7 Filtraciones agua de regadío.	A8	81831	1941	1170	01/11/95
8 Puente sobre R. Yura Carret. Yura-Huanca.	A9	82037	2107	2130	04/11/95
9 Pte. Luis Vasco R. Pidunjana.	A10	82242	1681	2800	05/11/95
10 C. Taya (canal de irrigación de Taya).	A11	82272	1865	3210	05/11/95
11 Pte. sobre R.Lihuana Carret. Yura-Huanca.	A12	82250	1939	3000	07/11/95
12 Entre puentes Grau y Bolognesi (R. Chili).	A13	81858	2287	2490	19/11/95
13 Tambillo, R. Sihuas Pte. Panam. Sur.	AP1(2)	81914	8070	1170	28/10/85
14 La Ramada, R. Sihuas	AP2(2)	31792	6000	930	28/10/95
15 Canal Santa Rita km 5-416.	AP3	81932	9103	1380	23/10/95
16 Vado en trocha carroz. Quilcapampa-Huarangal.	AP4	82046	9141	1560	29/10/95
17 Aguas ampa Q. Cacnama (vado no Sihuas).	AP5	82078	3159	1710	29/10/95
18 Vado Río Yarabamba.	P3	31698.22	2359.22	2400	08/11/95
19 Qda. Mumuntayo (Puente trocha Piaca-Pocci).	P4	31742	2488		03/11/95
20 Qda. Tungapujo (bocatoma canal de irrigac. Taya).	CH1(2)	92386	1908	4110	08/11/95
21 Canal Tanya (25 m. aguas abajo de bocatoma).	CH2	82415	1363	4320	06/11/95
22 Nacientes R. Aycota (cerro Chucura).	CH3	92751	2255	4800	11/11/95
23 Puente sobre R. Chili, Arequipa-mata.	CA1	82483	2764	4300	13/11/95
24 Río Andamayo (carr. Pau- carpata-Characato).	CH1	81803	2333	2370	08/11/95
25 Puente sobre R. Mollebaya (carr. Sabandia-Mollebaya).	CH2	81764	2367	2460	08/11/95
26 Puente Qda. Agua Salada.	CH3	31856	2414	2370	09/11/95
27 Río Andamayo (Puente Chihuata).	CH4	81847	2414	2790	09/11/95
28 Vado sobre Río Blanco (Trocha Tuncane-El Frayle).	CH5	82181	2751	4080	15/11/95
29 Confluencia Q. Janumayo y R. Chili (sector La Calera).	CH6	82229	2474	3930	17/11/95
30 La Cosio (río vitor).	J1	91856	1818	1050	01/11/95
31 Fundo Los Reyes (R. Vitor)	J2	91713	1846	1110	01/11/95
32 Boyadero, R. Vitor.	M1(2)	81638	9193	1020	01/11/95
33 Cerca a desembocadura del R. Quilca.	M2(2)	81522.37	7768.26	30	28/10/95
34 Desembocadura R. Quilca (sector Pueblo Nuevo).	M3	81496	7752	0	20/10/95
SUELOS					
1 Santa Rita de Sihuas	MM1	8057	81789	1280	30/10/95
2 Pampa de Sihuas	MM2	81705	7967	1100	30/10/95
3 Filtraciones debajo de la Base Aérea de Vitor	AM1	91940	1945	1280	
4 Sobre Boyadero	M1	81615	8187	1100	01/11/95

Tabla N° 2
CUENCA DE LOS RÍOS QUILCA - SIHUAS - VÍTOR
RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUAS

SECTOR	No. DE MUESTRA Y LUGAR	CODIGO MUESTRA	C.E. µS/cm	TDS (mg/l)	PH	T° (° C)	ANIONES (mg/l)						CATIONES (mg/l)				ELEMENTOS TRAZA (mg/l)					FAMILIA QUÍMICA	
							Cl-	NO3	CO3	HCO3	SO4	PO4	Na	K	Ca	Mg	Li	Sr	Fe	Al	Pb		As
RÍO CHILI	1 Chapi Chico- Rio Chili	A1			6,5		18,0	2,6	54,2	22,8		13,5	2,5	15,0	4,8	0,02	0,12	0,14	0,29	<0,01	0,006	HCO3.Ca	
	2 La Chilina, entrada al Casino Militar.	A2	200	150	7,0	16,0	46,9	0,94	26,8	4,8	33,1	< 0,1	27,0	5,5	22,5	6,7	0,05	0,20	0,70	1,223	0,01	0,006	Cl.Na
	3 Variante Uchumayo Pte.San Isidro	A3(2)	300	160	10,0	18,0	58,6	1,37	34,1	2,4	36,6	<0,1	30,0	22,0	22,0	6,7	0,05	0,1	0,3	0,14	<0,002	<0,005	Cl.Na
	5 Aguas abajo de Quishuarani (Rio Chili)	A5	1200	580	8,3	25,0	190,9	1,59	122,1	12	235,1	2,15	112,0	10,5	83,0	43,4	0,19	0,4	0,1	0,02	0,003	0,024	SO4.Na
	13 Entre puentes Grau y Bolognesi (Rio Chili)	A13	300	160	9,6	17,0	58,6	5,06	32,9	0,00	34,6	3,22	31,0	5,5	22,0	6,7	0,05	0,2	0,3	0,135	0,01	< 0,005	Cl.Na
	24 Puente sobre R. Chili , carr. Arequipa-Imata.	CA1	0	30	6,0	13,0	0,0	0,2	11,0	0,0	4,7	< 0,1	5,5	3,3	3,3	0,47	< 0,01	< 0,1	< 0,1	0,026	0,003	< 0,005	CO3.Na
30 Confluencia Q. Janumayo y R.Chili (sector La Calera).	CH6	100	60	6,7	22,0	5,8	1,18	2,07	0,0	9,1	< 0,1	12,0	8,9	8,9	1,63	0,02	0,1	0,3	0,113	< 0,002	0,008	SO4.Na	
RÍO VÍTOR	4 Puente Rio Vitor (Panamericana Sur)	A4(2)	3500	1420	8,6	26,0	788,2	4,52	112,1	6	1015,5	< 0,1	400,0	23,0	360,0	54,4	0,25	2,9	0,2	0,064	< 0,002	0,022	SO4.Na
	7 Establo Sta. Fortunata Rio Vitor	A7	2300	1220	8,4	20,0	635,8	6,5	109,7	20,4	456,0	4,53	280,0	12,0	180,0	41,3	0,20	2,3	<0,1	0,014	<0,002	<0,005	Cl.Na
	8 Filtraciones agua de regadío	A8	5700	3230	8,0	24,0	1146,0	33,0	70,7	10,8	2503,0	< 0,1	1100,0	165,0	580,0	46,0	0,23	5,7	0,1	0,038	<0,002	0,021	SO4.Na
	31 La Cosio (rio Vitor)	J1	14600	8670	8,0	28,0	7409	344,1	36,3	0	1637	2,5	1960	43	1800	315	0,79	10,7	0,2	0,084	<0,002	0,024	Cl.Na
	32 Fundo Los Reyes (R. Vitor)	J2	4100	2080	8,5	28,0	999,4	8,07	60,5	15,6	1176,2	0,22	500,0	27,0	410,0	71,0	0,31	4,1	0,1	0,021	< 0,002	0,124	SO4.Na
33 Boyadero, Rio Vitor.	M1(2)	11100	6250	8,2	25,0	5161,1	170,1	60,7	6,0	1354,1	1,5	1300,0	44,0	1400,0	224,0	0,55	10,4	0,3	0,157	0,003	0,021	Cl.Ca	
RÍO YURA	6 R. Yura, sector Palca	A6	900	410	9,2	23,0	195,9	0,34	113,4	21,6	50,8	0,69	140,0	13,0	50,0	21,5	0,14	0,4	0,1	0,025	<0,002	0,003	Cl.Na
	9 Puente sobre Rio Yura Carretera Yura-Huanca	A9	700	380	9,1	20,0	143,1	1,27	103,6	15,6	40,3	< 0,1	120,0	12,5	36,0	17,0	0,12	0,2	0,1	0,04	0,003	0,008	Cl.Na
RÍO SIHUAS	10 Pte. Louis Vasco, Rio Pidurijana	A10	1100	130	8,7	17,0	107,9	2,76	85,3	29,7	331,4	1,53	76,0	23,0	98,0	50,5	0,09	0,7	0,4	0,364	0,004	0,023	SO4.Ca
	11 Q. Taya (canal de Irrigación de Taya)	A11	100	90	8,5	17,0	0,0	1,88	45,8	0,0	28,2	3,3	16,0	6,5	21,3	7,0	<0,01	0,1	3,7	2,812	0,004	0,011	CO3.Ca
	12 Pte. sobre Rio Lihualla Carretera Yura-Huanca	A12	300	190	8,4	16,0	0,00	0,99	81,7	17,9	25,7	<0,1	21,0	42,5	42,5	11,1	<0,01	0,2	0,1	0,053	< 0,002	0,011	CO3.Ca
	14 Tambillo, R. Sihuas Pte. Panamericana Sur	AP1(2)	1600	700	8,0	24,0	336,7	0,1	157,7	18,0	215,8	2,18	140,0	18	130,0	38,0	0,1	1,2	0,1	0,027	< 0,002	0,012	Cl.Na
	15 La Ramada, R. Sihuas	AP2(2)	2700	1330	7,9	20,0	747,2	1,08	147,5	22,8	475,0	0,06	280,0	23,0	255,0	68,8	0,1	2,2	0,1	0,022	< 0,002	0,018	Cl.Na
	16 Canal Santa Rita (Km. 5+416)	AP3	800	380	8,7	17,0	166,6	0,73	76,0	7,2	91,1	< 0,1	140,0	9,0	67,0	13,8	0,13	0,8	0,5	0,673	0,004	0,031	Cl.Na
	17 Vado en trocha carroz. Quilcapampa-Huarangal	AP4	700	410	8,6	22,0	178,0	< 0,1	65,8	9,6	92,0	< 0,1	100,0	9,5	63,0	13,2	0,15	0,8	0,3	0,206	< 0,002	0,025	Cl.Na
	18 Aguas arriba Q. Cacharma (vado rio Sihuas)	AP5	600	340	8,6	17,0	160,7	0,4	52,4	3,6	77,3	< 0,1	120,0	8,0	247,5	13,0	0,16	0,7	0,8	1,52	0,004	0,023	Cl.Ca
RÍO QUILCA	34 Cerca a desembocadura del R. Quilca	M2(2)	9900	5060	7,8		3654,0	118,0	45,8	0,0	1210,0	0,1	1080,0	41,0	1075,0	215,0	0,44	8,6	0,2	0,069	0,003	0,009	Cl.Na
	35 Desembocadura Rio Quilca (sector Pueblo Nuevo)	M3	9500	4890	8,0		3843,9	131,5	52,2	7,2	1240,6	< 0,1	1000,0	43,0	987,5	185,0	0,43	7,9	0,1	0,068	0,006	0,033	Cl.Na
RÍO MOLLEBAYA	19 Vado Rio Yarabamba	P3	2100	1090	8,1	26,0	504,4	< 0,1	85,3	15,6	520,8	1,55	180,0	22,5	160,0	221,0	0,08	2	0,2	0,249	0,003	0,015	SO4.Mg
	20 Qda. Murnuntayo (Puente trocha Piaca-Pocci).	P4	400	250	7,5	14,0	46,9	0,89	25,6	3,6	135,4	0,46	2,9	42,0	42,0	18,0	0,01	0,2	0,1	0,036	0,003	0,008	SO4.Ca
	26 Puente sobre R. Mollebaya (carr. Sabandia-Mollebaya)	CH2	1200	590	7,6	22,0	246,3	4,34	81,7	17,9	200,1	0,95	120,0	105,0	105,0	36,9	0,13	0,2	0,1	0,053	0,003	0,005	Cl.Na
RÍO ANDAMAYO	25 Rio Andamayo (carr. Paucarpata-Characato)	CH1	1600	790	7,8	24,0	410,5	2,36	84,1	19,2	222,8	1,19	200,0	90,0	90,0	40,4	0,6	0,7	0,1	0,03	0,003	0,016	Cl.Na
	27 Puente Qda. Agua Salada	CH3	1100	550	8,1	25,0	175,9	0,65	146,3	22,8	107,2	0,78	80,0	4,0	5,5	0,78	< 0,01	< 0,1	0,2	0,242	0,003	< 0,005	Cl.Na
	28 Rio Andamayo (Puente Chihuata)	CH4	1600	800	8,2	23,0	400,5	2,52	58,5	14,3	230,8	2,20	200,0	31,0	65,0	27,5	0,03	0,4	0,3	0,147	0,003	0,008	Cl.Na
	21 Qda. Tungapujo (bocatoma canal de Irrigac. Taya)	CHI1(2)	100	60	7,4	16,0	0,0	1,7	18,3	0,0	18,7	1,25							4,2	1,054	< 0,02		
	22 Canal Tanya (25 m. aguas abajo de bocatoma).	CHI2	100	80	7,2	20,0	0,0	0,85	32,9	0,0	21,8	0,49	11,5	6,0	12,8	5,0	0,02	< 0,1	0,4	1,361	0,005	0,016	CO3.Ca
RÍO BLANCO	23 Nacientes R. Aycata (cerro Chucura).	CHI3	0	20	7,1	7,0	0,0	1,72	7,3	0,0	2,7	< 0,1	120,0	62,0	63,0	41,4	0,17	0,4	0,2	0,227	0,007	< 0,005	CO3.Na
	29 Vado sobre Rio Blanco (Trocha Turicane-El Frayle)	CH5	700	340	7,3	19,0	58,6	0,25	68,3	4,8	158,8	0,42	80,0	26,3	66,0	16,7	0,1	0,6	1,7	1,224	< 0,002	< 0,002	SO4.Na
NORMAS TÉCNICAS PERUANAS	VALOR MÁXIMO RECOMENDABLE		—	—	6,5-8,5	—	250	—	—	—	250	—	—	—	75	30	—	—	—	0,3	—	—	—
	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE		—	—	—	—	600	45	—	—	400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	0,05	0,05

- Coordenadas con ayuda de GPS.
- Altitud
- Fecha de muestreo
- Código de muestra

Los datos también se registraron en una ficha de muestreo a la cual se le ha incluido los resultados del análisis físico-químico.

Paralelamente a la toma de las muestras, se midió en cada estación el pH, la temperatura y la conductividad eléctrica de las aguas del río.

7.2. Análisis

Las muestras de agua fueron analizadas por sólidos Totales Disueltos (STD), hierro, plomo, arsénico, aluminio, litio, aniones y cationes.

Además para obtener una idea de los parámetros orgánicos que llegan al río por causa de otras actividades antropógenas y de asentamientos humanos se analizaron los tenores de fosfatos y nitratos en las aguas.

Las muestras de sedimentos en las papas de Vítor y Sihuas se analizaron por sulfatos, carbonatos y nitratos.

Los resultados químicos del estudio se presentan en las Tablas N° 2 y N° 3 así como en el plano 1:250 000 que acompañan este informe. La Tabla N° 2 expone la calidad de las aguas y la Tabla N° 3 las concentraciones de sulfatos, carbonatos y nitratos en los suelos.

En el plano se delimita gráficamente las zonas donde se encuentran las aguas de alta salinidad, las zonas con valores anómalos de aluminio y hierro, las de aguas termales conocidas y los salares existentes

8. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

8.1. Calidad de Aguas

La calidad de las aguas superficiales en el Perú está determinada por la Ley General de Aguas, D.S. 261-69 AP, Art. 81 que las clasifica en 6 clases:

TABLA N° 3
RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

CODIGO MUESTRA	LUGAR	Nitratos	Sulfatos	Carbonatos
MM1	Santa Rita de Sihuas	26.5	51.9	8.4
MM2	Pampa de Sihuas	<0.1	46.46	9.6
AM1	Filtraciones debajo de la Base Aérea de Vitor	15.1	30.96	10.7
M1	Sobre Boyadero	<0.1	39.8	8.4

- I. Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección
- II. Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a proceso combinado de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración aprobados por el Ministerio de Salud.
- III. Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales
- IV. Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares)
- V. Aguas de zona de pesca de mariscos bivalvos
- VI. Aguas de zona de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial

En el Perú también son de uso corriente para evaluar la calidad de aguas las **NORMAS TÉCNICAS PERUANAS ITINTEC-INDECOPI de 1987**, las que dan los valores máximos recomendables y admisibles que debe tener el agua para sus diferentes usos.

Considerando las observaciones de campo y evaluando los resultados físico-químicos de las aguas, se puede determinar lo siguiente:

- Las aguas de los ríos Vítor, Sihuas y Quilca tienen los contenidos de cloruros y sulfatos de sodio, con algunos sectores de los ríos Vítor (Chili) y Sihuas en los que predominan los carbonatos y bicarbonatos de calcio.
- El pH de las aguas en los ríos de la cuenca varía de neutro (7.0) en el Sector Chapi Chico y La Chilina (río Chili) aguas arriba de Arequipa, a ligeramente o muy alcalino (7.1 a 10) en los demás ríos.
- En el río Vítor, en los sectores de Yura a Sotillo y de Sotillo a Boyadero, se han encontrado valores de temperaturas en las aguas que varían entre 20 a 26°C y 26 a 28°C, respectivamente, lo que nos estaría indicando que estas aguas son alimentadas por manantiales que podrían estar relacionados a una actividad hidrotermal asociada a una cámara magmática en profundidad.
- Valores anómalos de los aniones sulfato y cloruro (Fig. N° 2) se han observado en la zona donde los ríos Vítor y Sihuas cortan las pampas del

mismo nombre, igual sucede con los cationes calcio y sodio y en menor proporción el magnesio (Fig. N° 3)

- En la zona circundante a la ciudad de Arequipa se han encontrado valores anómalos de aluminio y hierro (Fig. N° 4) que sobrepasan los Valores admisibles de las Normas Técnicas Peruanas, asimismo se han encontrado valores altos de aluminio y ligeramente de hierro en las aguas del río Sihuas desde sus nacientes hasta la zona de Santa Isabel de Sihuas.
- Solamente se ha encontrado un valor anómalo de arsénico contenido en las aguas, valor que podría estar influenciado por el uso de pesticidas en los terrenos de cultivo y corresponde a la muestra del fundo Los Reyes (J2), en la cuenca baja del río Víctor.
- Valores altos de fosfatos han sido determinados en varias muestras tomadas en las inmediaciones de Arequipa y poblados aledaños, lo que nos estaría indicando el uso de detergentes; y por el lavado de suelos en la zona de Chihuata y el valle de Víctor donde se desarrollan actividades agrícolas (con uso de abonos) y ganaderas.
- Valores altos de nitratos que sobrepasan las Normas Técnicas Peruana, se han localizado en las aguas de la parte baja del río Víctor y en el río Quilca y pueden estar asociados al incremento del uso de fertilizantes en las tierras de cultivo y al aumento de población.

Uso de las Aguas

De acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas, la mayoría de las aguas no son aptas para uso doméstico, por lo que su uso debe hacerse previo tratamiento. Las muestras tomadas en áreas aledañas a Arequipa arrojan resultados aceptables con excepción de las que provienen del río Mollebaya.

Para uso industrial la mayoría de las aguas se podrían considerar aceptables según las Normas Técnicas Peruanas.

Para uso agrícola (ver Tabla N° 4), las aguas sobre todo en la parte baja de la cuenca, se pueden considerar como mediocres debido a su alto contenido de los aniones cloro y sulfato y sus cationes sodio y calcio-magnesio.

8.2. Suelos

Los resultados de las muestras de suelos en las pampas de Vitor y Sihuas demuestran:

- Un alto contenido de sulfatos en los suelos principalmente de calcio
- Una menor concentración de carbonatos y nitratos

El alto contenido de estas sales y mineales se debe a las inclusiones de costras duras de yeso y contenido de carbonato libre en los suelos y el uso intensivo de fertilizantes como la urea, para mejorar el rendimiento de ellos.

TABLA N° 4
RIESGO DE SALINIZACION Y ALCALINIZACION (*)
 ESTUDIO HIDROQUIMICO DE LA CUENCA DEL RIO QUILCA-SIHUAS-VITOR

RIO SIHUAS	C.E	Ca (m.e.)	Mg (m.e.)	Na (m.e.)	SAR	CLASIFICACION	SALINIZACION	ALCALINIZACION
AP1	1600.0	2602.6	462.1	3211.6	82.0	C3S4	ALTO	MUY ALTO
AP2	2700.0	5105.1	336.6	8426.2	117.3	C4S4	MUY ALTO	MUY ALTO
AP3	800.0	1341.3	167.8	3211.6	116.9	C3S4	ALTO	MUY ALTO
AP4	700.0	1261.3	160.5	2294.0	96.0	C2S4	MEDIO	MUY ALTO
AP5	800.0	4955.0	153.1	2752.3	54.4	C2S4	MEDIO	MUY ALTO
A10	1100.0	1962.0	614.1	1743.4	48.6	C3S4	ALTO	MUY ALTO
A11	100.0	426.4	85.1	367.0	23.0	C1S3	BAJO	MUY ALTO
A12	300.0	850.9	135.0	481.7	21.7	C2S3	MEDIO	MUY ALTO
RIO VITOR	C.E	Ca (m.e.)	Mg (m.e.)	Na (m.e.)	SAR	CLASIFICACION	SALINIZACION	ALCALINIZACION
J1	14600.0	36036.0	3830.4	44962.4	313.5	C4S4	MUY ALTO	MUY ALTO
J2	4100.0	8208.2	863.4	11470.0	170.3	C4S4	MUY ALTO	MUY ALTO
A4	3500.0	7207.2	661.5	9176.0	146.3	C4S4	MUY ALTO	MUY ALTO
A7	2300.0	3603.6	502.2	6423.2	141.3	C4S4	MUY ALTO	MUY ALTO
A8	5700.0	11611.6	559.4	25234.0	323.5	C4S4	MUY ALTO	MUY ALTO
M1	11100.0	28029.0	2723.3	29822.0	240.5	C4S4	MUY ALTO	MUY ALTO
RIO QUILCA	C.E	Ca (m.e.)	Mg (m.e.)	Na (m.e.)	SAR	CLASIFICACION	SALINIZACION	ALCALINIZACION
M2	9900.0	2152.5	2614.4	24775.2	225.5	C4S4	MUY ALTO	MUY ALTO
M3	9500.0	19769.8	2249.6	22940.0	218.6	C4S4	MUY ALTO	MUY ALTO
RIO CHILI	C.E	Ca (m.e.)	Mg (m.e.)	Na (m.e.)	SAR	CLASIFICACION	SALINIZACION	ALCALINIZACION
A1		300.6	58.4	309.7	23.1			
A2	300.0	510.5	81.5	619.4	36.0	C1S4	BAJO	MUY ALTO
A3	300.0	440.4	31.5	304.7	31.2	C2S4	MEDIO	MUY ALTO
A5	1200.0	1661.7	527.7	2569.3	77.7	C3S4	ALTO	MUY ALTO
A13	300.0	440.4	81.5	711.1	44.0	C2S4	MEDIO	MUY ALTO
CA1	0.0	86.1	5.7	126.2	21.1	C1S3	BAJO	ALTO
CH6	100.0	178.2	19.8	275.3	27.7	C1S4	BAJO	MUY ALTO
RIO YURA	C.E	Ca (m.e.)	Mg (m.e.)	Na (m.e.)	SAR	CLASIFICACION	SALINIZACION	ALCALINIZACION
A6	900.0	1001.0	262.7	3211.6	127.8	C3S4	ALTO	MUY ALTO
A9	700.0	720.7	206.7	296.8	13.3	C2S2	MEDIO	MEDIO
RIO YARABAMBA	C.E	Ca (m.e.)	Mg (m.e.)	Na (m.e.)	SAR	CLASIFICACION	SALINIZACION	ALCALINIZACION
P3	2100.0	3203.2	2687.4	4129.2	78.1	C3S4	ALTO	MUY ALTO
RIO MOLLEBAYA	C.E	Ca (m.e.)	Mg (m.e.)	Na (m.e.)	SAR	CLASIFICACION	SALINIZACION	ALCALINIZACION
P4	400.0	340.3	218.9	56.5	2.9	C2S1	MEDIO	BAJO
CH2	1200.0	2102.1	448.7	2752.3	77.1	C3S4	ALTO	MUY ALTO
RIO ANDAMAYO	C.E	Ca (m.e.)	Mg (m.e.)	Na (m.e.)	SAR	CLASIFICACION	SALINIZACION	ALCALINIZACION
CH1	1600.0	1801.8	491.3	4588.0	135.5	C3S4	ALTO	MUY ALTO
CH2	1100.0	110.1	9.6	1335.2	227.2	C3S4	ALTO	MUY ALTO
CH3	1600.0	1301.3	334.4	4588.0	160.4	C3S4	ALTO	MUY ALTO
RIO BLANCO	C.E	Ca (m.e.)	Mg (m.e.)	Na (m.e.)	SAR	CLASIFICACION	SALINIZACION	ALCALINIZACION
CH5	700.0	1321.3	203.1	1935.2	66.5	C2S4	MEDIO	MUY ALTO
RIO AYCATA	C.E	Ca (m.e.)	Mg (m.e.)	Na (m.e.)	SAR	CLASIFICACION	SALINIZACION	ALCALINIZACION
CH13	0.0	1261.3	503.4	2752.8	92.7	C1S4	BAJO	MUY ALTO
CANAL TANYA	C.E	Ca (m.e.)	Mg (m.e.)	Na (m.e.)	SAR	CLASIFICACION	SALINIZACION	ALCALINIZACION
CH12	100.0	256.3	60.8	263.9	21.0	C1S3	BAJO	ALTO

(*) SEGÚN LABORATORIO DE RIVERSIDE (USA)



Foto N° 1. Vista del río Chili en el sector del puente Grau, en la ciudad de Arequipa.



Foto N° 2. Foto que muestra al río Vitor a la altura del puente Vitor, donde se observa a personas lavando toldos de granja.



Foto N° 3. Muestra la laguna Salinas donde existen importantes yacimientos de boratos; al fondo, el volcán Pichu Pichu.

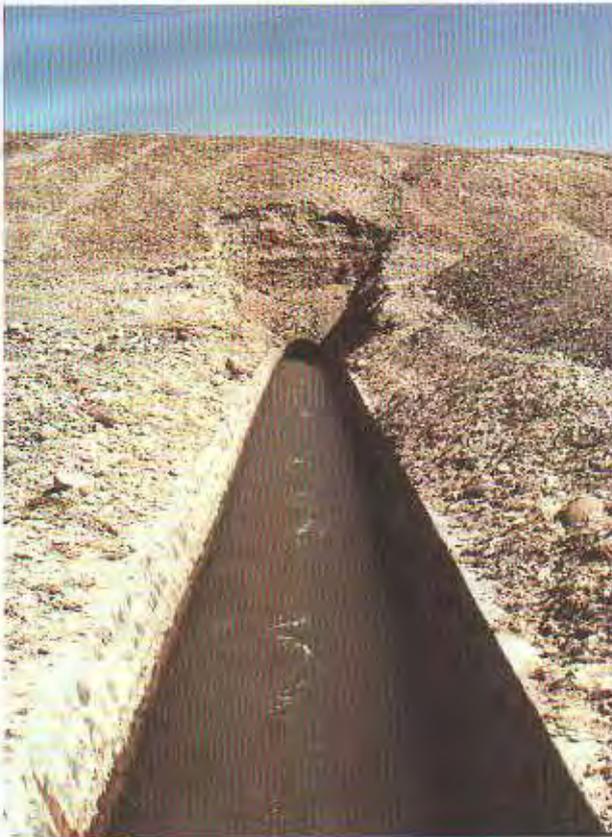


Foto N° 4. Canal que atraviesa la pampa de Santa Rita de Sihuas, a la altura del túnel 10, que nos permite observar el material aluvial que constituye la pampa.

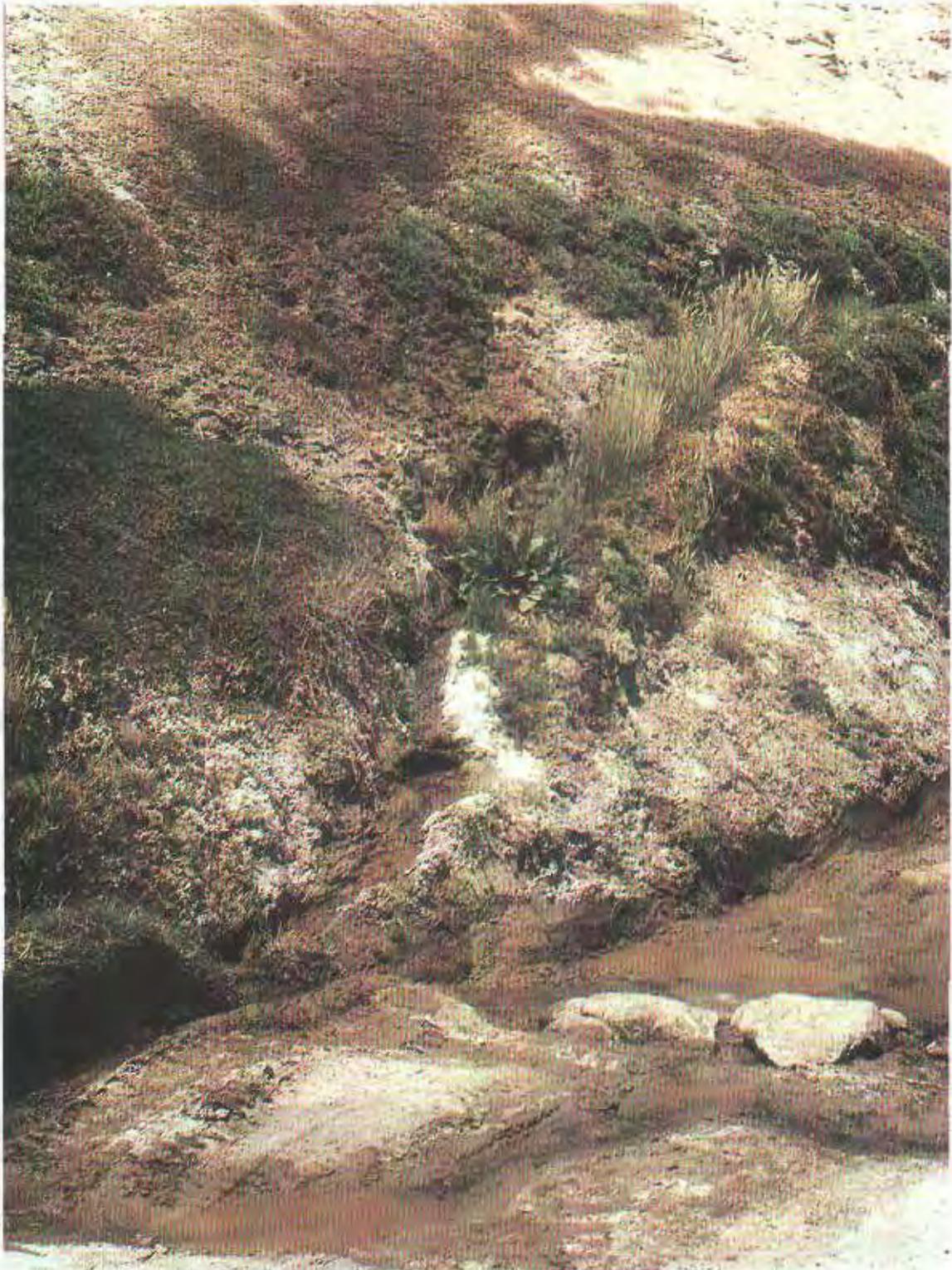


Foto N° 5. Afloramiento de agua subterránea al pie de las laderas de la pampa donde se ubica la Base Aérea de Vitor. Obsérvese las costras de caliche que se forman en la zona.

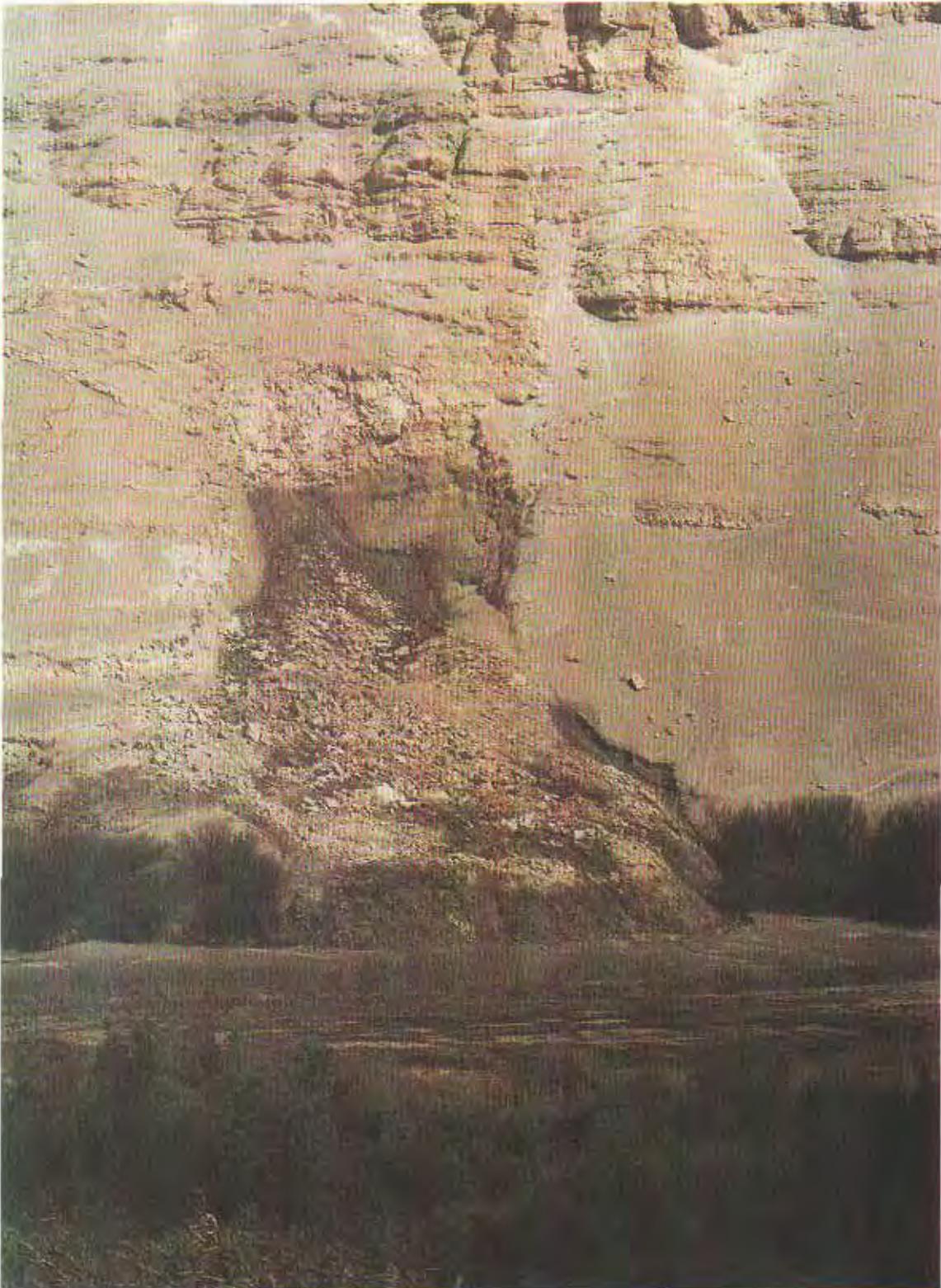


Foto N° 6. Filtraciones de agua subterránea en las laderas de la margen izquierda de la pampa de Vitor.



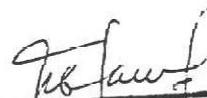
**DIRECCION DE LABORATORIOS
 (LABORATORIO DE QUIMICA ANALITICA)**

ORDEN DE TRABAJO : Memo.N°207-95-DGEOT
 SOLICITADO POR : Ing. Antonio Guzmán M.
 PROCEDENCIA : AREQUIPA
 PROYECTO : ESTUDIO GEODINAMICO DE LA CUENCA
 RIO QUILCA-SIHUAS-VITOR-CHILI
 ANALISIS : DE AGUA - CATIONES
 (Na, K, Ca, Mg, Sr, Li, As, Pb, Fe, Al)
 FECHA : Lima, 30 de Noviembre de 1995.

COD.	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	Sr mg/L	Li mg/L	As mg/L	Pb mg/L	Fe mg/L	Al mg/L
AA10	76.0	23.0	98.0	50.5	0.7	0.09	0.023	0.004	0.4	0.364
AA5	112.0	10.5	83.0	43.4	0.4	0.19	0.024	0.003	0.1	0.020
AA4(2)	400.0	23.0	360.0	54.4	2.9	0.25	0.022	<0.002	0.2	0.064
MA3	1000	43.0	987.5	185.0	7.9	0.43	0.033	0.006	0.1	0.068
MA1(2)	1300	44.0	1400.0	225.0	10.4	0.55	0.021	0.003	0.3	0.157
AA6	1100	165.0	580.0	46.0	5.7	0.23	0.021	<0.002	0.1	0.038
AA9	120.0	12.5	36.0	17.0	0.2	0.12	0.006	0.003	0.1	0.040
APA1(2)	140.0	16.0	130.0	38.0	1.2	0.10	0.012	≤0.002	0.1	0.027
APAS	140.0	9.0	67.0	13.8	0.6	0.13	0.031	0.004	0.5	0.673
MA2(2)	1080	41.0	1075	215.0	8.8	0.44	0.009	0.003	0.2	0.069
AA11	16.0	6.5	21.3	7.0	0.1	≤0.01	0.011	0.004	3.7	2.812
JA1	1960	43.0	1800	315.0	10.7	0.79	0.024	<0.002	0.2	0.084
APAS	120.0	6.0	247.5	13.0	0.7	0.16	0.023	0.004	0.8	1.520
AA6	140.0	13.0	50.0	21.5	0.4	0.14	0.003	≤0.002	0.1	0.025
APA2(2)	280.0	23.0	255.0	68.8	2.2	0.10	0.016	<0.002	0.1	0.022
CHIA1(2)	-	-	-	-	-	-	-	≤0.002	4.2	1.054
AA(7)	260.0	12.0	180.0	41.3	2.3	0.20	<0.005	<0.002	<0.1	0.014
APAA	100.0	9.5	63.0	19.2	0.8	0.15	0.025	<0.002	0.3	0.206
CHIA1	14.5	5.5	14.0	5.5	≤ 0.1	0.01	0.025	0.002	0.9	1.054
JA2	500.0	27.0	410.0	71.0	4.1	0.31	0.124	<0.002	0.1	0.021
CHIA2	11.5	6.0	12.8	5.0	≤ 0.1	0.02	0.016	0.005	0.4	1.361
AA13	31.0	5.5	22.0	6.7	0.2	0.05	<0.005	0.010	0.3	0.135

COD.	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	Sr mg/L	Li mg/L	As mg/L	Pb mg/L	Fe mg/L	Al mg/L
AA1(2)	27.0	5.5	22.5	6.7	0.2	0.05	0.006	0.010	0.7	1.223
CHA6	80.0	26.3	66.0	16.7	0.6	0.10	≤0.002	<0.002	1.7	1.224
AA3(2)	30.0	22.0	22.0	6.7	0.1	0.05	<0.005	<0.002	0.3	0.140
CAA1	5.5	3.3	3.3	0.47	≤ 0.1	≤0.01	<0.005	0.003	< 0.1	0.026
PA4	2.9	42.0	42.0	18.0	0.2	0.01	0.008	0.003	0.1	0.036
AA112	21.0	42.5	42.5	11.1	0.2	<0.01	0.011	<0.002	0.1	0.053
CHA6	12.0	8.9	8.9	1.63	0.1	0.02	0.008	≤0.002	0.3	0.113
CHA3	120.0	62.0	63.0	41.4	0.4	0.17	<0.005	0.007	0.2	0.227
CHA2	120.0	105.0	105.0	36.9	0.2	0.13	0.005	0.003	0.1	0.053
CHA1	200	90.0	90.0	40.4	0.7	0.60	0.016	0.003	0.1	0.030
CHA3	80.0	4.0	5.5	0.78	≤0.1	<0.01	<0.005	0.003	0.2	0.242
PA3	180.0	22.5	160.0	221.0	2.0	0.08	0.015	0.003	0.2	0.249
CHA1	200.0	31.0	65.0	27.5	0.4	0.03	0.008	0.003	0.3	0.147




 Quím. MARIA UARA F.
 Laboratorio de Análisis Geoquímicos
 INGEMMET

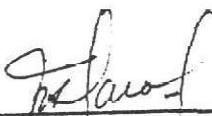
**DIRECCION DE LABORATORIOS**
(LABORATORIO DE QUIMICA ANALITICA)

ORDEN DE TRABAJO : Memo.N°207-95-DGEOT
SOLICITADO POR : Ing. Antonio Guzmán M.
PROCEDENCIA : AREQUIPA
PROYECTO : ESTUDIO GEODINAMICO DE LA CUENCA
RIO QUILCA-SIHUAS-VITOR-CHILI
ANALISIS : DE AGUA - ANIONES
(Na, K, Ca, Mg, Sr, Li, As, Pb, Fe, Al)
FECHA : Lima, 30 de Noviembre de 1995.

CODIGO	SO ₄ ⁻ mg/L	Cl mg/L	NO ₃ mg/L	PO ₄ ⁻ mg/L	CO ₃ ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L
AA10	331.4	107.9	2.76	1.53	85.3	29.7
AA5	235.1	190.0	1.59	2.15	122.1	12.0
AA1(2)	1015.5	788.2	4.52	< 0.1	112.1	8.0
MA3	1240.6	3843.9	131.5	< 0.1	52.2	7.2
MA1(2)	1354.1	5161.1	170.1	1.5	60.7	6.0
AA6	2503.0	1148.0	33.0	< 0.1	70.7	10.8
AA9	40.3	143.1	1.27	< 0.1	103.6	15.6
APA1(2)	215.8	336.7	0.10	2.18	157.7	18.0
APA5	91.1	166.8	0.73	< 0.1	76.0	7.2
MA2(2)	1210.0	3654.0	118.0	0.1	45.8	0.0
AA11	28.2	0.0	1.88	3.3	36.6	0.0
JA1	1637.0	7409.5	344.1	2.5	36.3	0.0
APAS	77.3	160.7	0.40	< 0.1	52.4	3.6
AA8	50.8	195.9	0.34	0.69	113.4	21.6
APA2	475.0	747.2	1.08	0.06	147.5	22.8
CHA1(2)	18.7	0.0	1.70	1.25	18.3	0.0
AA(7)	456.0	635.8	6.50	4.53	109.7	20.4
APAA	92.0	178.0	< 0.1	< 0.1	65.8	9.6
CHA1	197.7	0.0	1.60	1.59	35.4	4.8
JA2	1178.2	999.4	8.07	0.22	60.5	15.6
CHAS	21.8	0.0	0.85	0.49	32.9	0.0
AA13	34.6	56.6	5.06	3.22	32.9	0.0

CODIGO	SO ₄ ⁻ mg/L	Cl mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	PO ₄ ⁻ mg/L	CO ₃ ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L
AA1(2)	33.1	46.9	0.94	<0.1	26.8	4.8
CHA5	158.8	58.6	0.25	0.42	68.3	4.8
AA3(2)	36.6	58.6	1.37	< 0.1	34.1	2.4
CAA1	4.7	0.0	0.20	< 0.1	11.0	0.0
PA4	135.4	46.9	0.89	0.46	25.6	3.6
AA12	25.7	0.0	0.99	< 0.1	81.7	17.9
CHA6	9.1	5.8	1.18	< 0.1	2.07	0.0
CHA3	2.7	0.0	1.72	< 0.1	7.3	0.0
CHA2	200.1	246.3	4.34	0.95	81.7	17.9
CHA1	222.8	410.5	2.38	1.19	84.1	19.2
CHA3	107.2	175.9	0.65	0.76	146.3	22.8
PA3	520.8	504.4	< 0.1	1.55	85.3	15.6
CHA4	230.8	400.5	2.52	2.20	58.5	14.3




 Quím. MARIA JARA F.
 Laboratorio de Análisis Geoquímico
 INGEMMET

**DIRECCION DE LABORATORIOS**
(LABORATORIO DE QUIMICA ANALITICA)

ORDEN DE TRABAJO : Memo.Nº209-95-DGEOT
SOLICITADO POR : Ing. Antonio Guzmán M.
PROCEDENCIA : AREQUIPA
PROYECTO : ESTUDIO GEODINAMICO DE LA CUENCA
RIO QUILCA-SIHUAS-VITOR-CHILI
ANALISIS : DE SALES
NO₃⁻, SO₄⁻², CO₃⁻²
FECHA : Lima, 06 de Diciembre de 1995.

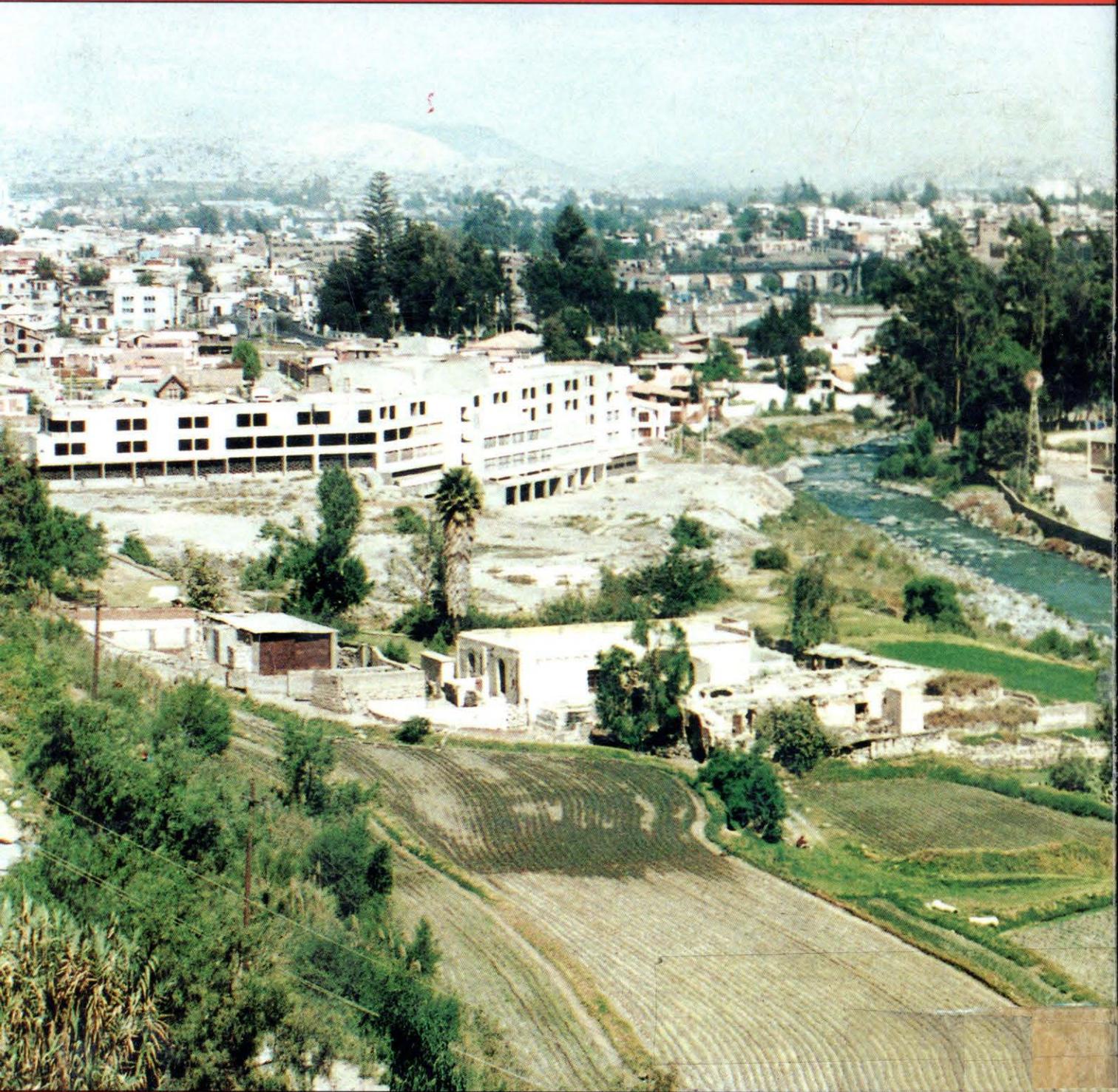
CODIGO	NO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻² %	CO ₃ ⁻² ppm
MM 2	< 0.1	46.46	9.6
M 1	< 0.1	39.8	8.4
MM 1	26.5	51.9	8.4
AM 1	15.1	30.96	10.7


Ing. RUF0 PAREDES PACHECO
Director de Laboratorio
INGEMMET


Quim. MARIA JARA F.
Laboratorio de Análisis Geoquímico
INGEMMET



INGEMMET



Arequipa, sector Club Internacional, peligro por inundaciones en crecidas del río Chili

Av. CANADÁ 1470 – SAN BORJA • TELFS.: 224-2963 • 224-2964 • 224-2965 – FAX: 225-4540 – LIMA-PERÚ
ingemmet1@chavin.rcp.pe ingemmet2@chavin.rcp.pe ingemmet5@chavin.rcp.pe