

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA  
MINERA Y METALURGIA  
SECCIÓN DE POS - GRADO**



**“ESTUDIO AMBIENTAL DE LA SUB CUENCA  
DEL RIO COLCA, REGIÓN AREQUIPA”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS CON MENCIÓN EN:**

**MINERIA Y MEDIO AMBIENTE**

**PRESENTADO POR:**

**ARMANDO ADOLFO MINAYA LIZÁRRAGA**

**LIMA- PERÚ  
2006**

**“ESTUDIO AMBIENTAL DE LA SUB CUENCA DEL RIO COLCA,  
REGION AREQUIPA”**

**RESUMEN  
SUMMARY**

**CAPITULO 1**

**JUSTIFICACION Y PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

1.1	Introducción	01
1.2	Diagnóstico ambiental del valle del Colca	01
1.3	Marco legal ambiental	04
1.4	Objetivos	07
1.5	Metodología	07

**CAPITULO 2**

**DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO**

2.1	Ubicación y Accesibilidad	09
2.2	Clima	11
2.3	Topografía	11
2.4	Drenaje	14
2.5	Formaciones Ecológicas	16
2.5.1	Formación Estepa Montano Subtropical (e-MS)	16
2.5.2	Formación Páramo Húmedo Subalpino Subtropical (ph-SaS)	17
2.5.3	Formación Tundra muy Húmeda Alpino Subtropical (tmh-AS)	17
2.5.4	Formación Bosque muy Húmedo Montano Subtropical (bmh-MS)	18
2.5.5	Formación Nivel Subtropical (NS)	18
2.6	Principales especies de Flora y Fauna	19
2.6.1	Flora	19
2.6.2	Fauna	21
2.6.2.1	Mamíferos	21
2.6.2.2	Aves	22
2.6.2.3	Anfibios Y Reptiles	25
2.6.2.4	Peces	25
2.7	Aspectos Socioeconómicos	26
2.7.1	Suelos	29
2.7.1.1	Capacidad De Uso Mayor	29
2.7.1.1.1	Aptitud Agrícola	30
2.7.1.1.2	Aptitud para Pastos	31
2.7.1.1.3	Aptitud Forestal	32
2.7.1.1.4	Tierras de Protección	32
2.7.1.1.5	Andenes	32

2.7.1.2	Canales	33
2.7.2	Infraestructura Vial y Medios de Transporte	35
	2.7.2.1 Medios de Transporte	35
2.7.3	Población y Centros Poblados	36
	2.7.3.1 Población Económicamente Activa	36
2.7.4	Población y Calidad de Vida	39
	2.7.4.1 Educación	39
	2.7.4.2 Salud	39
	2.7.4.3 Servicio de Electricidad	40
	2.7.4.4 Índice de Desarrollo Humano	41

### CAPITULO 3

#### MARCO FISIAGRÁFICO, GEOMORFOLÓGICO Y GEOLÓGICO

3.1	Cuenca Hidrográfica Colca – Majes – Camaná	41
	3.1.1 Análisis Pluviométrico	44
	3.1.1.1 Sector Sierra Alta (3000 y 3900msnm.)	44
	3.1.1.2 Sector de Puna (Sobre los 3900 msnm.)	45
3.2	Unidades Geomorfológicas	48
	3.2.1 Contrafuertes del Valle	51
	3.2.2 Valle de Erosión	52
	3.2.3 Cañón de Erosión	52
	3.2.4 Planicies Altas	53
	3.2.5 Nieves Perpetuas	53
	3.2.6 Lagunas	53
	3.2.6.1 Lagunas Aluviales	53
	3.2.6.2 Lagunas Glaciares	54
3.3	Estratigrafía	54
	3.3.1 Grupo Yura	56
	3.3.2 Grupo Tacaza	57
	3.3.3 Grupo Barroso	58
	3.3.3.1 Volcánico Sencca	59
	3.3.3.2 Formación Puto Puto	59
	3.3.3.3 Volcánico Hualca Hualca	60
	3.3.3.4 Formación Pata Pampa	61
	3.3.3.5 Volcánico Barroso	61
	3.3.4 Grupo Ampato	62
	3.3.4.1 Formación Inca	62
	3.3.5 Grupo Colca	63
	3.3.5.1 Facies Aluvial-Fluvial	64
	3.3.5.2 Facies Lacustrina Marginal	65
	3.3.5.3 Facie Lacustrina	65
	3.3.6 Diatomitas de Maca	65
	3.3.7 Depósitos clásticos recientes	66
	3.3.8 Rocas Intrusivas	66
3.4	Geología Estructural	67
	3.4.1 Deformación de la Serie Sedimentaria	67
	3.4.2 Deformación de la Serie Volcánica	68
	3.4.3 Deformación de la cobertura cuaternaria	69

3.5	Geología Histórica	70
-----	--------------------	----

## CAPITULO 4

### GEODINAMICA EXTERNA E INTERNA

4.1	Geodinámica Externa	74
4.1.1	Peligros Geológicos	74
4.1.1.1	Deslizamientos	74
4.1.1.2	Derrumbes	77
4.1.1.3	Lahares	80
4.1.1.4	Flujos de Barro	82
4.1.1.5	Erosión de Riberas	82
4.1.1.6	Caída de Rocas	82
4.1.1.7	Aluviones	83
4.2	Geodinámica Interna	83
4.2.1	Peligro Volcánico	83
4.2.1.1	Volcán Nevado Ampato	84
4.2.1.2	Volcán Nevado Sabancaya	85
4.2.1.3	Volcán Nevado Hualca-Hualca	86
4.2.1.4	Análisis y Evaluación de la Actividad Sísmica – Volcánica	88
4.2.1.4.1	Distribución Epicentral	88
4.2.1.4.2	Distribución Hipocentral	92
4.2.1.4.3	Principales Amenazas	96
4.2.2	Peligro Sísmico	98
4.2.2.1	Principales Rasgos Tectónicos	98
4.2.2.2	Análisis y Evaluación de la Actividad Sísmica	98
4.2.2.2.1	Sismicidad Histórica	98
4.2.2.2.2	Sismicidad Instrumental	114
4.2.2.2.3	Distribución Epicentral Instrumental	114
4.2.2.2.4	Distribución de los sismos en profundidad	120
4.2.2.3	Estudio Sísmico Probabilístico	122

## CAPITULO 5

### ACTIVIDAD MINERA EN LA SUB CUENCA

5.1	Minería Metálica	133
5.1.1	Aspectos generales de la Mina Madrigal	133
5.1.2	Depósitos minerales	135
5.1.2.1	Grupo Yura	137
5.1.2.2	Volcánico Quellaveco	137
5.1.2.3	Grupo Tacaza	137
5.1.2.4	Volcánico Sencca	138
5.1.2.5	Volcánico Sillapaca	138
5.1.2.6	Depósitos clásticos recientes	139
5.1.2.7	Rocas ígneas intrusivas	139

5.1.2.7.1	Intrusivo Satélite	139
5.1.2.7.2	Felsitas	139
5.1.2.7.3	Diabasas	139
5.1.3	Operaciones Mineras	140
5.1.3.1	Métodos de minado	141
5.1.3.2	Planta concentradora	143
5.1.3.3	Relaves	143
5.2	Minería no Metálica	145
5.2.1	Geología local y depósitos no metálicos	147
5.2.2	Geodinámica del área de Maca	149
5.2.3	Génesis y evolución de la cuenca de Maca	149
5.2.4	Minerales no metálicos de interés económico	153
5.2.5	Característica de la Diatomita de Maca	155
5.2.5.1	Análisis Químicos	155
5.2.5.2	Análisis Mineralógico	156
5.2.5.3	Estudios por Difracción de Rayos X	156

## **CAPITULO 6**

### **EVALUACIÓN DE IMPACTOS**

6.1.	Minería Metálica	157
6.1.1	Drenaje ácido de mina	157
6.1.2	Efluentes líquidos de la cancha de relaves	158
6.1.3	Estabilidad física de la cancha de relaves	160
6.1.4	Contaminación atmosférica	164
6.1.4.1	Equipos empleados	167
6.1.4.2	Ubicación de los puntos de monitoreo	167
6.1.4.3	Parámetros y métodos de análisis realizados	169
6.1.4.4	Resultados de monitoreo	170
6.1.4.5	Parámetros Meteorológicos	172
6.1.5	Contaminación de los suelos	173
6.1.6	Contaminación de las aguas	174
6.2	Minería no Metálica	177
6.2.1	Contaminación atmosférica	177
6.3	Caracterización de los Impactos Ambientales en las Poblaciones del Valle del Colca	177
6.3.1	Impacto de residuos sólidos domiciliarios	177
6.3.2	Impacto debido a las aguas residuales	178
6.3.2.1	Evaluación sanitaria de los recursos hídricos de Madrigal	179
6.4	Hidrotermalismo	183
6.4.1	Fuentes termales La Calera	183
6.4.1.1	Geología local.	183
6.4.1.2	Propiedades de las aguas termales.	183
6.4.1.3	Origen de las aguas termales.	184

## **CAPITULO 7**

### **MEDIDAS DE MITIGACION**

7.1	Minería metálica	186
	7.1.1 Plan de cierre y abandono para la mina subterránea	186
	7.1.2 Plan de cierre y abandono para depósitos de relaves	188
7.2	Minería no metálica	196

## **CAPITULO 8**

### **PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL**

8.1	Gestión ambiental en caso de desastres naturales	198
	8.1.1 Gestión ambiental por riesgo volcánico	199
	8.1.2 Gestión ambiental en caso de terremotos	204
	8.1.3 Gestión ambiental por precipitaciones pluviales	208
8.2	Gestión por contaminación atmosférica	209
8.3	Gestión ambiental por la contaminación del suelo	209
8.4	Gestión ambiental por el uso agroquímicos en la agricultura	211
8.5	Gestión ambiental de las aguas residuales urbanas	213
8.6	Gestión ambiental de los residuos sólidos domiciliarios	214

<b>CONCLUSIONES</b>	216
<b>RECOMENDACIONES</b>	219
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	221
<b>GLOSARIO</b>	225

## RELACION DE CUADROS

01	Distancia en kilómetros entre cada una de las Localidades del Valle del Colca	11
02	Uso actual de la tierra	28
03	Capacidad de uso mayor de la tierra	30
04	Canales principales	33
05	Reservorios principales	34
06	Superficie altitud y población	36
07	Población de 6 años y más, por grandes grupos de edad según condición de actividad	37
08	Población de 6 años y más, según condición de actividad 1993	38
09	Característica de las Estaciones Pluviométricas y Precipitación Anual	47
10	Valores de Aceleración	126
11	Resultado de una Muestra de Relave	160
12	Resultados de una Muestra de Relave	161
13	Lugares de Monitoreo	162
14	Resultados del Análisis Físico Químico	164
15	Puntos de Monitoreo	169
16	Instrumental para medir la calidad de aire	169
17	Instrumental Meteorológico	170
18	Resultados Obtenidos de Material Particulado M-10	171
19	Resultados del Análisis de Laboratorio de Metales Pesados	171
20	Datos Obtenidos con el Instrumental Meteorológico de DESA Arequipa	172
21	Datos Obtenidos de la Estación Meteorológica del SENAMHI Madrigal	172
22	Resultados del Análisis Microbiológico en el Sistema de Agua Potable Distrito de Madrigal	176
23	Monitoreo de Aguas del Río Colca	179
24	Lugares de Monitoreo	181
25	Evaluación de la calidad de los recursos hídricos del Distrito de	

Madrigal	182
26 Propiedades Físico-Organolépticas	184
27 Propiedades Químicas del Agua de la Calera	185
28 Gastos de Pre-inversión del Estudio	189
29 Gastos Generales de Obra	189
30 Cronograma: Valorización de las Actividades a Realizar en la Presa de Relaves	191
31 Diagrama de Barras	192
32 Gastos de Cultivo por Hectárea de una Plantación de Tuna con Cochinilla	193
33 Gastos Especiales por Hectárea de una Plantación de Tuna con Cochinilla	194
34 Gastos Generales por Hectárea de una Plantación de Tuna con Cochinilla	195
35 Valorización y Análisis Económico por Hectárea de una Plantación de Tuna con Cochinilla	195
36 Producción por Hectárea de una Plantación de Tuna con Cochinilla	195
37 Efectos principales de las erupciones en la Salud, en las cercanías de un volcán y acciones principales para prevenirlos	201
38 Elementos de la Gestión de A.R. y Acciones Asociadas	213

## RELACION DE FIGURAS

01	Ubicación de la Zona de Estudio.	10
02	Mapa Topográfico.	13
03	Mapa Hidrográfico.	15
04	Mapa de Sub-Cuencas.	42
05	Mapa de Isoyetas.	46
06	Mapa Geomorfológico.	50
07	Columna Estratigráfica.	55
08	Distribución espacial de los sismos del grupo A ocurridos en la región del Volcán Sabancaya durante el periodo 1993 - 1995. LS = Lineamiento de Sepina.	89
09	Distribución espacial de los sismos del grupo B sobre la región del Volcán Sabancaya durante el periodo 1993 - 1995.	91
10	(a). Distribución de la actividad sísmica ocurrida en la región del Volcán Sabancaya durante el periodo 1993 - 1995. (b) Actividad sísmica ocurrida en la región del volcán Sabancaya durante el periodo 1993 - 1995.	93
11	(a) Secciones verticales de sismicidad según las direcciones indicadas en la figura 10a, L1 y 2 = lineamientos 1 y 2; F1 y 2 = fallas 1 y 2; A-A', B-B' y C-C' = dirección de las secciones verticales; otros, ver figura 8. (b) Sección vertical de la sismicidad según la dirección indicada en la figura (10b), otros, ver figura 8.	94
12	Mapa de Amenazas Volcánicas por Fenómenos de Caídas de Tetras y Explosiones Laterales Dirigidas de Volcanes Plio-Cuaternarios.	97
13	Distribución Espacial de la Sismicidad Histórica (Fuente IGP 1471 - 1963).	100
14	Mapa de isosistas, Sismo de 24 de Noviembre de 1604	103
15	Curvas Isosistas, Intensidad Mercalli Modificada Sismo 13 de Agosto de 1868 Arica (KAUSEL, 1981).	106
16	Mapa de Isosistas, Sismo 15 de Enero de 1958	110

17	Mapa de Isosistas, Sismo 13 de Enero de 1960	113
18	Distribución Epicentral de la Sismicidad Instrumental Superficial e Intermedia (fuente ISC 1964 - 2003) y Tectonismo del Sur del Perú.	115
19	Distribución Epicentral de la Sismicidad Superficial (fuente ISC 1964 - 2003 e IGP 1552 - 1978).	116
20	Distribución Epicentral de la Sismicidad Superficial y Sistema de Fallamiento San Agustín (fuente ISC 1964 - 2003 e IGP 1552 - 1978).	117
21	Distribución Epicentral de la Sismicidad Instrumental Intermedia (fuente ISC 1964 - 2003).	119
22	Distribución Hipocentral de la Sismicidad Superficial e Intermedia 14°–19° Sur y 68.5°–77.2° Oeste (Fuente ISC 1964–2003 e IGP 1552–1963). a) Ubicación de los Perfiles Sísmicos; b) perfil A–A' correspondiente a la parte nórdica del Sur del Perú y c) perfil B–B' correspondiente a la parte más austral.	121
23	Zonas Sismogénicas para la Sismicidad Superficial.	123
24	Zonas Sismogénicas para la Sismicidad Intermedia.	124
25	Aceleraciones máximas, periodo de retorno 10 años.	127
26	Aceleraciones máximas, periodo de retorno 30 años.	128
27	Aceleraciones máximas, periodo de retorno 50 años.	129
28	Aceleraciones máximas, periodo de retorno 100 años.	130
29	Aceleraciones máximas, periodo de retorno 500 años.	131
30	Aceleraciones máximas, periodo de retorno 1000 años.	132
31	Plano Geológico de la Mina Madrigal.	136
32	Mapa Geológico de Maca.	148
33	Block diagrama reconstruyendo el paisaje, mostrando la probable influencia de un flujo de escombros que bajo por la paleo-quebrada de japo hacia la zona de Maca, dando lugar a morrenas, la cuales represaron una pequeña laguna alimentada por agua de los deshielos.	150
34	Corte SO - NE desde el Nevado Hualca Hualca hasta el	

	poblado de Maca mostrando el máximo alcance del Glaciar de Montaña y el probable desarrollo de un flujo de escombros rellenando la palea quebrada de Japo alcanzando la Pampa Jatum Chijta en la última Glaciación.	152
35	Block Diagrama de la Microcuenca Lacustre de Maca, con sus límites mostrando dos sectores Oriental y Occidental separados por un espolón, donde la sedimentación fue muy somera.	154
36	Muestreo de la Calidad de Agua y Sedimentos, Distrito Madrigal - Provincia Caylloma, Arequipa.	163
37	Monitoreo de la Calidad del Aire (PM 10) ,Distrito Madrigal - Provincia de Caylloma, Arequipa.	168
38	Muestreo de la Calidad de Agua y Sedimentos, Distrito Madrigal - Provincia Caylloma, Arequipa.	180

## RELACION DE FOTOS

01 Serie Sedimentaria Marina en el sector denominado Socaro, donde se represó el río Colca.	56
02 Puente del Inca, donde se ha formado una garganta angosta como consecuencia del cauce del Río Colca.	63
03 Facies aluvial – fluvial en la zona de Coporaque.	64
04 Agrietamientos y deslizamientos en la localidad de Maca.	75
05 Deslizamientos que se presentan entre la Localidad de Madrigal y la Mina Madrigal.	76
06 Deslizamiento de Yahuicho, que compromete el tramo de la carretera entre Ichupampa – Lari.	77
07 Derrumbes en el sector del túnel Peña Blanca entre Maca y Pinchollo.	78
08 Derrumbes recientes en la margen derecha de Río Colca localidad de Lari.	78
09 Zona Arqueológica Las Colcas.	79
10 Zona Inestable en la vía afirmada a la mina Madrigal.	80
11 Lahar de pequeña magnitud que discurrió sobre la quebrada Huayuray (1991), con origen en el centro volcánico Hualca Hualca, dañando un sector del canal de irrigación Majes y carretera Maca Cabanaconde. (Ref. INGEMMET, 1997).	81
12 Erosión de riberas causadas por el Río Colca entre Chivay – Madrigal.	82
13 Aluviones que se han podido observar en la Quebrada Sepina.	83
14 Vista Panorámica del Volcán Ampato.	84
15 Actividad volcánica del Volcán Sabancaya.	85
16 Vista del Volcán Hualca Hualca tomada de la Quebrada Huayuray.	87
17 Vista Panorámica de Sistema Volcánico Ampato, se observan los volcanes, Ampato, Sabancaya y Hualca Hualca, desde el sector de Patapampa.	87
18 Convoyes de carros Granby, los que eran jalados por	

locomotoras hasta la chancadora.	140
19 Vista Panorámica de los Relaves de la Mina Madrigal.	144
20 Acumulación de Relave en 18 años de operaciones de la Mina Madrigal.	145
21 Yacimiento no metálico (Diatomitas), en la localidad de Maca.	146
22 Drenaje ácido de mina, ubicada en la margen izquierda de la bocamina Madrigal.	158
23 Sistema de aspersion en la cancha de Relaves, se encuentra deteriorada.	159
24 Quebrada Chocacahue afluente del río Colca.	159
25 Relaves de la Mina Madrigal, contaminando la Quebrada de Chocacahue.	161
26 Vista panorámica de la cancha de Relaves, donde se puede observar que los vientos originan remolinos y desplazamientos de partículas.	166
27 Desplazamiento de partículas de polvo a terrenos de cultivo adyacentes a la cancha de relaves.	174

## RESUMEN

La minería contribuye al desarrollo nacional por las divisas en exportación que generan, cumple también un factor importante para el desarrollo nacional, especialmente en las zonas donde realizan sus operaciones, aparte de su contribución en el canon minero, la minería genera fuentes de trabajo, energía eléctrica, construye carreteras, centros de salud, escuelas y recreación

La sub cuenca del río Colca, se encuentra ubicada en el extremo Nor-oriental del Departamento de Arequipa, formando parte de la cuenca del río Colca–Majes–Camaná, en nuestra zona de estudio forma un valle con características propias de los Valles Interandinos. El valle se caracteriza por poseer un curso de agua permanente controlado por la Represa de Condorama, sin embargo, no es utilizado con fines agrícolas, los campos de cultivo se encuentran a ambas márgenes del valle y debido a la profundidad del cañón, se utiliza el agua de los manantiales que se alimentan en las mesetas andinas.

Las terrazas sobre las que se desarrollan la agricultura y los distritos de Yanque, Achoma, Maca, Madrigal, Lari, Ichupampa y Coporaque, están conformadas por un terreno de suave configuración y de elevaciones bajas, modelado en el antiguo piso lacustre que existió; por consiguiente, la misma naturaleza del terreno, ha creado una serie de terrazas de escasos contrastes topográficos, cortadas en su parte central por el río Colca y modificadas por el material detrítico procedentes de la quebradas laterales del valle.

El acelerado crecimiento de la población y la migración que se viene presentando en el valle del Colca, debido a la afluencia de turistas nacionales y extranjeros ha traído como consecuencia el incremento de los residuos sólidos domiciliarios y de las aguas residuales domésticas, al margen que estos servicios son deficientes, las aguas van directamente al

río Colca porque las pequeñas plantas de tratamiento que existen se encuentran malogradas, ocasionando una seria contaminación.

Para mitigar estos efectos que degradan el paisaje natural y la contaminación de las aguas del río Colca, se deberá impulsar la construcción de micro rellenos sanitarios manuales en todos los distritos del valle del Colca. Se deberá realizar también mantenimiento y/o construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales pero considerando la tasa de crecimiento de acuerdo a los censos.

La actividad volcánica de la zona está evidenciada por la presencia de fuentes termales en varios puntos del valle del Colca, creando en su entorno un ambiente de ecoturismo.

La actividad minera no metálica está relacionada a yacimientos de diatomeas, que si bien es cierto, no se realizaron trabajos de remoción de estos materiales en profundidad, siempre han ocasionado contaminación al medio ambiente pero en forma natural, por los fuertes vientos que se presentan en el distrito de Maca al promediar el medio día y con la finalidad de mitigar este efecto se propone cubrir la zona del yacimiento con una capa de material areno gravoso y/o efectuar una revegetación con arbustos típicos de la zona.

La actividad minera se circunscribe al yacimiento minero de Madrigal que inició sus operaciones de explotación en 1972, con una producción mensual de 15,000TM., posteriormente ésta se incrementa a 30,000TM. Las operaciones Minero-Metalúrgicas, están paralizadas desde 1991, las zonas trabajadas fueron Cahuirá, Block Central y Sahuayto, obteniéndose concentrados de minerales de cobre, zinc y plomo.

Las leyes promedio fueron: Concentrado de Cobre 29.54%, Cobre-Plomo 4.45%, Cobre-Zinc 2.14%. Concentrado de Plomo 63.05%, Plomo-Cobre 3.94%, Plomo-Zinc 6.23%. Concentrado de Zinc 59.10%, Zinc-Cobre 1.42% y Zinc-Plomo 1.22%.

En las operaciones mineras ha sido empleado el método de minado de corte y relleno ascendente. El tratamiento del mineral se efectuó en una planta concentradora de una capacidad de 100TM/día, aplicando el método de flotación selectiva, Los relaves están localizados a 140m. aproximadamente de la que fue la planta concentradora y las características de estos relaves son: gruesos 43% y finos 57% y un volumen aproximado de 3'155,000m<sup>3</sup>. La cancha de los relaves se encuentra ubicada en la margen izquierda del río Cahuira, en un desnivel de 70m y a 85m de sus aguas.

Los terrenos de la comunidad de Madrigal y los que están siendo ocupados por la actividad Minero-metalúrgico de la Mina Madrigal en actual abandono, son tierras buenas para la agricultura y poseen agua propia para su regadío, pero este ecosistema se ha visto afectado por el desplazamiento del polvo proveniente de las superficies de la cancha de relaves y ha logrado cubrir una gran extensión, este impacto negativo ha traído como consecuencia la contaminación de tierras de pastoreo que sirven de forraje para el ganado y cultivos en general; probable alteración de nichos ecológicos de la fauna silvestre debido a la migración de aves como chorlito, picaflor, perdiz, así como también lagartija, zorro andino venado gris; de la flora podemos mencionar kikuyo, quishuar, hjasai, queñoa, cactus, entre otros.

Algunos pobladores que se encuentran instalados temporalmente cuidando su ganado en el radio de influencia de la cancha de relaves se ven afectados por afecciones en la fosas nasales, pulmonares, sistema digestivo y vista.

Este pasivo ambiental que se ha generado por el abandono de la Mina Madrigal, está ocasionando problemas de contaminación en la comunidad de Madrigal por lo que se debe realizar una planificación del cierre de la mina.

La calidad del agua del río Cahuirá está en óptimas condiciones físico-químicas para su uso, según la Ley General de Aguas - Clase III.

La medida de mitigación que proponemos en el presente estudio es el de realizar una limpieza en los terrenos próximos a la cancha de relaves, la construcción de un cerco perimétrico, para evitar el deslizamiento de los relaves y cubrir la zona con una capa de material arcilloso y arena limosa, efectuando una revegetación con el sembrado de tunas infectadas de cochinilla y de esta manera la comunidad de Madrigal mejorará su situación socio-económica.

## SUMMARY

Mining contributes to the national development for the foreign currencies in export that they generate, it is also an important factor for the national development, especially in the areas where they carry out its operations, apart from its contribution in the mining canon, mining generates working sources, electric power, builds highways, health centers, schools and recreation.

The sub basin of the River Colca, is located in the Nor-oriental end of Arequipa city, being part of the basin of the River Colca-Majes-Camaná, in our study area it forms a valley with characteristics of across the Andes valleys. The valley is characterized to possess a course of water permanently controlled by the Dams of Condoroma, however, it is not used with agricultural purposes, the cultivation fields are to both riverbanks of the valley and due to the depth of the canyon, the water of the springs fed in the Andean plateaus is used.

The terraces on which the agriculture developes and the districts of Yanque, Achoma, Maca, Madrigal, Lari, Ichupampa and Coporaque, are formed by a land of soft configuration and of low elevations, modelled in the old lacustrine floor that existed; consequently, the same nature of the land, has created a series of terraces of scarce topographical contrasts, cut in its central part by the River Colca and modified by the detritic material coming from the lateral gulches of the valley.

The population's quick growth and the present migration in the Valley of Colca, due to the affluence of national tourists and foreigners have resulted in the increment of the domiciliary solid residuals and of the domestic waste waters, besides the faulty services, the waters go directly to the River Colca, because the small treatment plants that exist are wasted, causing a serious contamination.

To mitigate these effects that degrade the natural landscape and the contamination of the waters of the River Colca, it will be necessary to construct micro manual sanitary fillers in all the districts of the Valley of Colca. It will also be necessary to carry out maintenance and/or construction of treatment plants of waste waters but considering the rate of growth according to the censuses.

The volcanic activity of the area is evidenced by the presence of thermal sources in several points of the Valley of Colca, creating in its environment an ecoturistic atmosphere.

The non metallic mining activity is related to diatomite locations, that although works of removal of these materials in depth were not carried out, they have always caused contamination to the environment but in a natural way, because of the strong winds present in the District of Maca when it is about midday and with the purpose to mitigate this effect it is intended to cover the area of the location with a layer of grievous sandy material and/or to make revegetation with typical bushes of the area.

The mining activity is bounded to the mining location of Madrigal that began its operations of exploitation in 1972, with a monthly production of 15,000TM, later this increased at 30,000TM. The Mining-Metallurgical operations, have been stopped since 1991, the worked areas were Cahuira, Block Central and Sahuayto, being obtained concentrated of copper minerals, zinc and lead.

The average laws were: Concentrated of Copper 29.54%, Copper-Lead 4.45%, Copper-Zinc 2.14%. Concentrated of Lead 63.05%, Lead-Copper 3.94%, Lead-Zinc 6.23%. Concentrated of Zinc 59.10%, Zinc-Copper 1.42% and Zinc-Lead 1.22%

The method of having mined of court and upward filler has been employed in the mining operations. The treatment of the mineral was made in a concentration plant of a capacity of 100TM/day, applying the method of

selective flotation. The metal wastes are located approximately at 140m. from the one that was the concentration plant and the characteristics of these metal wastes are: thick 43% and fine 57% and an approximate volume of 3'155,000m<sup>3</sup>. The court of the metal waste is located on the left riverbank of Cahuira, in a slope of 70m and 85m of its waters.

The lands of the community of Madrigal and those that are being occupied by the mining-metallurgical activity of the Mine Madrigal in current abandonment, are good lands for agriculture and they possess own water for their irrigation, but this ecosystem has been affected by the displacement of the powder coming from the surfaces of the metal waste court and it has covered a great extension, this negative impact has resulted on the contamination of shepherding lands that serve as forage for the livestock and cultivations in general; probable alteration of ecological niches of the wild fauna due to the migration of birds like plover, pinchflower, partridge, as well as small lizards, Andean fox, grey deer; respecting the flora we can mention kikuyo, quishuar, hjasai, queñoa, cactus, among others.

Some residents who are temporarily there taking care of their livestock in the radius of influence of the metal wastes are affected by affections in the nasal, lung graves, digestive system and vision.

This environmental passivity that has been generated by the abandonment of the Mine Madrigal, is causing problems of contamination in the community of Madrigal that is why a planning of the closing of the mine should be carried out.

The quality of the water of the River Cahuira is under good physiochemical conditions for its use, according to the General Law of Waters. Class III.

The mitigation measure that we propose in the present study is of carrying out a cleaning in the lands next to the metal waste court, the construction of a perimetric fence, to avoid the slip of the metal waste and to cover the

area with a layer of loamy and oozy sand material, making a revegetation with the field of infected tunas by cochineal and this way the community of Madrigal will improve its socio-economic situation.

## **CAPITULO 1**

### **JUSTIFICACION Y PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 Introducción**

El Perú es un país con una larga tradición minera y esta actividad tiene enormes pasivos ambientales y sociales a pesar de la existencia de normas de protección ambiental y social con las que se cuenta. Algunas cuencas hidrográficas, lagos, lagunas y ciudades están contaminadas.

Las enormes expectativas que generó en la comunidad de Madrigal y localidades adyacentes la llegada de la minería, estaba basada en el supuesto mejoramiento del nivel de vida de sus habitantes, por ello muchos no dudaron en respaldarla y entregar sus tierras, pero con el transcurrir de los años son ellas las que muestran su desaliento y rechazo por los efectos dañinos que la actividad, antes esperanzadora y hoy perjudicial.

Como consecuencia de la evaluación ambiental que se viene produciendo en la sub cuenca del Colca, presentamos algunas medidas con la finalidad de mitigar los efectos causados por la contaminación.

#### **1.2 Diagnóstico ambiental del valle del Colca**

El valle del Colca se encuentra ubicado al norte del Departamento de Arequipa a 165Km de la ciudad del mismo nombre, en el sur del Perú. Hasta cierto punto es un típico valle interandino, con un flujo de agua que corre de este a oeste por unos 200 kilómetros, desde las cumbres nevadas de la cordillera de los Andes hacia el océano Pacífico,

encajonado por una topografía agreste. El Colca es una formación geomorfológica única en el mundo, por la existencia de un estrecho y profundo cañón de 3400m. Además, se encuentran entre sus márgenes, el Sistema Volcánico Ampato por el sur y la cordillera El Mismi al norte.

Si bien el valle del Colca se sitúa a una altitud promedio de 3600msnm, tiene una gradiente pronunciada, lo que posibilita una diversidad biológica considerable debido a las diferencias en altitud y clima, con una amplia gama de especies de flora y fauna nativas, algunas de ellas en vías de extinción. En cuanto a la flora, está conformada por 300 especies, entre las cuales sobresalen los residuos de bosques de queñoa y las puyas solitarias en los parajes más aislados. En cuanto a la fauna, destacan el cóndor, la parihuana o flamenco andino, el picaflor gigante, la llama, alpaca y sus antecesores salvajes (guanaco y vicuña), la taruca, el venado cola blanca, el gato andino u *osjollo*, el puma y la vizcacha; además las zonas altoandinas son importantes para el pastoreo. Prácticamente, todo el valle está literalmente labrado de terrazas para cultivos de distintas formas y tamaños de acuerdo a la topografía del lugar, al acceso de agua y al tipo de cultivo para el que fueron destinadas.

El día de hoy el valle del Colca, paisaje cultural por excelencia, se encuentra fuertemente presionado por el turismo, y por la "modernidad" de varias autoridades locales, quienes en aras del progreso vienen cambiando substancialmente la morfología de los poblados. Aún así, las terrazas agrícolas prehispánicas siguen en producción, aunque algunas de ellas en proceso de erosión al haberse perdido la trama social que les dio origen, y el valle sigue siendo uno de los grandes productores agrícolas andinos.

El cambio de comportamiento frente a la naturaleza, especialmente por parte de aquellos sectores que más daño le causan (minería, minero-metalúrgica, aglomeraciones urbanas), requiere la promoción de un cambio de mentalidad basado en la comprensión y el respeto de los procesos físicos y biológicos que guían la dinámica de la región, así como

de sus valores naturales y antropológico-culturales y del derecho de los pueblos originarios a salir de la pobreza mediante una participación creciente en la plusvalía ligada al aprovechamiento de sus recursos.

La mina Madrigal (actualmente abandonada) se desarrolló en varias etapas a partir de 1942, los principales minerales que han sido explotados son cobre, plomo, zinc y su producción estaba destinada fundamentalmente a los mercados externos.

En el presente Diagnóstico Ambiental, mencionaremos que los principales impactos encontrados corresponden a la contaminación por el drenaje de aguas ácidas de mina, contaminación de aire por partículas en suspensión (polvo) proveniente de la cancha de relaves, cuyos efectos sobre la salud de la población que se encuentra asentada a pocos kilómetros puede ser dañino, es decir, que uno de los factores importantes de la degradación ambiental es causada por la minería y la falta de control administrativo ambiental que no existió en ese entonces. Actualmente existen normas y dispositivos legales sobre la protección del medio ambiente, que hacen que la explotación de la minería sea de manera sostenible.

La minería no metálica constituida por Diatomitas que se encontraba en superficie, siempre han causado problemas a la población de Maca desde sus orígenes, posteriormente este yacimiento ha sido explotado por la Empresa Minera Elisa, que después de haber extraído este material no ha implementado ninguna remediación en esta zona, ocasionando contaminación del aire por las partículas en suspensión.

Algunos distritos que se encuentran asentados a largo del valle del Colca, no cuentan con un relleno sanitario óptimo para la disposición final de residuos sólidos urbanos, los cuales a veces son recolectados y arrojados en terrenos eriazos o al río, donde la degradación del paisaje va en aumento. Existe también una contaminación orgánica y bacteriológica, producida por las aguas residuales provenientes de algunas viviendas

que no tienen servicio de desagüe (60%), y en otros casos van directamente al río Colca, por que el sistema de tratamiento no tiene mantenimiento o se ha colmatado. En Chivay capital de provincia, cuenta con estos servicios pero no con la eficacia deseada.

### **1.3 Marco legal ambiental**

En el Perú en la década de los años 80, no existía una norma socio-ambiental que permitiera el manejo y/o control de los impactos generados por las diferentes actividades que desarrollaba el hombre, dentro de ellas la actividad minera. Los proyectos se desarrollaban dando prioridad a la situación económica, no tomando en consideración la calidad del ambiente y la participación de la población afectada era nula.

Con la aprobación del Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, Decreto Legislativo 613, de fecha 08 de setiembre de 1990, se inicia la regulación de los aspectos ambientales a nivel nacional. Asimismo, con la promulgación de la Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión privada a través del Decreto Legislativo 757 de fecha 13 de noviembre de 1991, contiene las disposiciones requeridas para promover la inversión privada en todos los sectores de la economía nacional, dicta las disposiciones para dar seguridad jurídica a los inversionistas e incentiva un modelo de desarrollo que armoniza la inversión productiva con la preservación del medio ambiente.

El Título 15° del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería señala los requerimientos ambientales que tiene que cumplir todo titular de actividad minera. Como consecuencia de estos dispositivos legales, el 01 de mayo de 1993 se promulga el Decreto Supremo 016-93-EM modificado por los D.S. 059-93-EM y 058-99-EM contienen el Reglamento para la Protección Ambiental en las actividades minero-metalúrgicas.

Se reglamenta el control de la contaminación mediante la presentación de Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) para actividades que se encontraban en operación y Estudios de Impacto Ambiental (EIA).

Los PAMAs contienen las acciones e inversiones necesarias para incorporar a las operaciones minero-metalúrgicas los adelantos tecnológicos y/o medidas alternativas que tengan como propósito reducir o eliminar las emisiones y/o vertimientos para cumplir con los niveles máximos permisibles establecidos.

Los EIAs contienen la evaluación y descripción de los aspectos físico – naturales, biológicos socioeconómicos y culturales en el área de influencia del proyecto, con la finalidad de determinar las condiciones existentes y capacidades del medio, analizar la naturaleza, magnitud y prever los efectos y consecuencias de la realización del proyecto, indicando medidas de previsión y control a aplicar para lograr un desarrollo armónico entre las operaciones de la industria minera y el medio ambiente.

Se ha definido los límites máximos permisibles (LMP) para emisiones atmosféricas y efluentes líquidos con el fin de controlar los mismos y contribuir efectivamente a la protección ambiental.

Decreto Ley 17752 y el Decreto Supremo 007-83-SA Ley General de Aguas, en el Título II, Capítulo II, Artículo 22 prohíbe verter o emitir cualquier residuo sólido, líquido o gaseoso que pueda alterar la calidad de las aguas y ocasionar daños a la salud humana y poner en peligro los recursos hidrobiológicos de los causes afectados; así como, alterar el normal desarrollo de la flora y fauna silvestre. También señala que los afluentes deben ser adecuadamente tratados hasta alcanzar los límites permisibles.

Con el propósito de mitigar los pasivos ambientales mineros, generados durante el periodo de realización de actividades sin considerar temas ambientales se creó en el año de 1995 el Proyecto de Desarrollo Sostenible (PRODES) y en el año 2001, el Proyecto de eliminación de Pasivos Ambientales (EPA). Estos proyectos desarrollaron estudios y obras de remediación así como actividades de diagnóstico ambiental

como las Evaluaciones Ambientales Territoriales (EVATs), con la cooperación del Banco Mundial.

En diciembre del año 2002 se promulga el nuevo Reglamento de Participación Ciudadana en el procedimiento de Aprobación de los Estudios Ambientales presentados al Ministerio de Energía y Minas, esta norma considera la participación ciudadana como un amplio y detallado proceso informativo de la sociedad civil a través de una o más etapas de consulta antes de iniciarse el EIA del proyecto, otra durante el proceso de elaboración del EIA, para obtener información de la ciudadanía que contribuyan a un mejor contenido y enfoque de los estudios y una última para la etapa de revisión del EIA por las autoridades del Estado.

La norma establece Audiencia(s) Pública(s) y talleres previos a la(s) mismas, con el fin de informar a la población sobre los derechos y deberes ciudadanos, la legislación ambiental y las tecnologías a ser desarrolladas por los proyectos.

Se ha promulgado el Decreto Supremo 042 – 2003-EM del 13 de diciembre de 2003 donde la norma establece el compromiso previo por parte de los titulares de los proyectos mineros a favor del entendimiento y respeto a las costumbres y cultura, a la priorización en la contratación de mano de obra local, compras locales, capacitación y apoyo de proyectos de desarrollo, cuya implementación es declarada anualmente y fiscalizada por el Ministerio de Energía y Minas.

La ley 28271 promulgada en el año 2004, regula los pasivos ambientales de la actividad minera, estableciendo que los responsables de los pasivos ambientales realizarán estudios, acciones y obras correspondientes para controlar, mitigar y eliminar, en lo posible, los riesgos y efectos contaminantes y dañinos a la población y al ecosistema en general, sobre la base del contrato de remediación de pasivos ambientales. Se ha considerado también límites para su ejecución, sanciones económicas para los que incumplan con este dispositivo.

El Estado peruano asumirá progresivamente los pasivos ambientales en abandono de los titulares no identificados o de aquellos que cancelen su derecho a concesión minera.

#### **1.4 Objetivos**

Los objetivos del presente estudio consisten en:

Realizar una evaluación de la situación ambiental de la sub cuenca del río Colca, debido a la contaminación originada por la actividad minera de la Compañía Minera Madrigal y la actividad minera no metálica de la Compañía Minera Elisa.

Evaluar cuantitativamente la contaminación de los residuos sólidos urbanos y las aguas residuales domiciliarias de la provincia de Chivay, los distritos de Yanque, Achoma, Maca, Coporaque, Ichupampa, Lari y Madrigal.

Mitigar las consecuencias de los pasivos ambientales de la actividad minera metálica y no metálica que están causando daños a las comunidades de Madrigal y Maca.

#### **1.5 Metodología**

En el presente trabajo se ha considerado tres fases:

##### **a) Fase de gabinete**

Recopilación, selección y evaluación de la información bibliográfica.

Diagnóstico del medio ambiente físico y los recursos naturales.

Diagnóstico de la población y aspectos demográficos.

Diagnóstico de las infraestructuras básicas y de comunicaciones.

Diagnóstico de amenazas naturales.

Diagnóstico hidrogeológico.

Adquisición de imagen de satélite, mapa topográfico y geológico a escala 1:100 000.

Recopilación de la información vulcanológica y sísmica.

Elaboración de información geológica básica para los trabajos de campo.

Preparación del material para los análisis de campo.

**b) Fase de campo**

Evaluación e interpretación de la situación ambiental de las localidades de Chivay, Yanque, Achoma, Maca, Coporaque, Ichupampa, Lari, Madrigal.

Análisis de la presa de relaves de la Mina Madrigal.

Análisis del yacimiento no metálico de las Diatomitas de Maca.

Evaluación de los fenómenos de riesgo geológico.

Recolección de muestras para su análisis.

**c) Fase de gabinete II**

Elaboración de una base de datos de los fenómenos geodinámicos e hidrogeológicos.

Análisis e interpretación de la información de laboratorio.

Análisis e interpretación de la información obtenida en campo.

Tratamiento de información sísmica y vulcanológica.

Preparación de mapas, figuras y gráficos.

Redacción de tesis.

## CAPITULO 2

### DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

#### 2.1 Ubicación y Accesibilidad

La zona del valle del río Colca se halla situada en la parte sur occidental de la Cordillera de los Andes, desarrollándose como un profundo corte en las estribaciones de la Cordillera del Chila y de los nevados Ampato y Hualca Hualca.

El área de estudio se ubica entre las localidades de Chivay, Yanque, Achoma y Maca por la margen izquierda del río Colca y Chivay, Coporaque, Ichupampa, Lari, Madrigal y Mina Madrigal por la margen derecha (Figura N° 01).

Entre las coordenadas:

Norte	Este	Norte	Este
8284000	840000	8284000	868000
8256000	840000	8256000	868000

El distrito de Chivay, capital de la provincia de Caylloma está comunicada con la ciudad de Arequipa por medio de una carretera asfaltada hasta el desvío de Patahuasi, posteriormente se continua por una carretera afirmada hasta la bifurcación en dos ramales uno para la localidad de Caylloma y el otro para Chivay; existen tramos de esta vía que están siendo asfaltados por el Gobierno Regional de Arequipa. El tiempo de recorrido es de aproximadamente 2 horas 45 minutos.

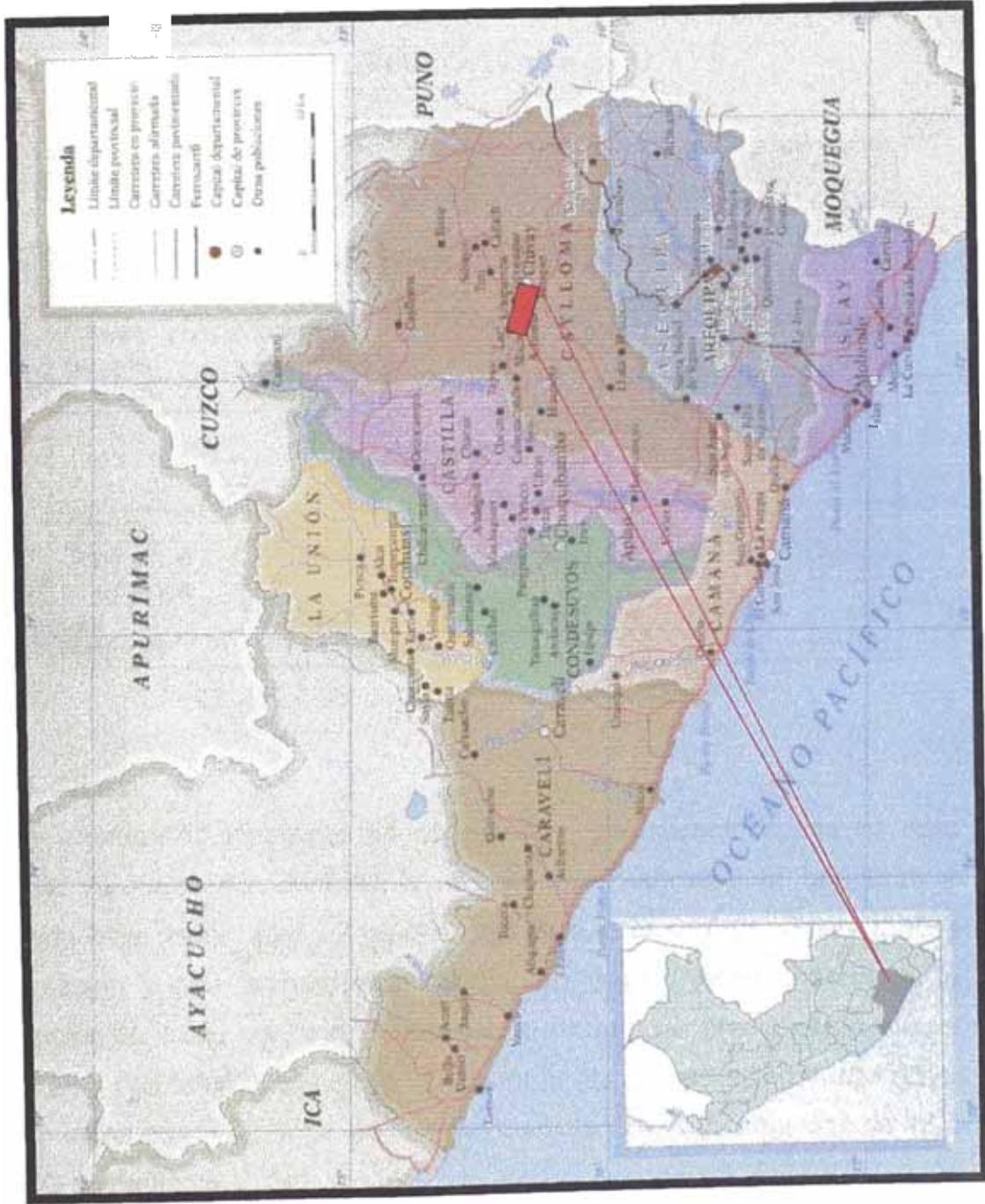


Figura N° 01: Ubicación de la zona de Estudio

En el cuadro N° 01 se ilustra la distancia que existe entre cada una de las localidades donde se realizó el estudio.

**Cuadro N° 01**

**Distancia en kilómetros entre cada una de las Localidades del Valle Del Colca**

Carretera Afirmada		Distancia de recorrido (En kilómetros)
<b>MARGEN IZQUIERDA</b>		
.Chivay	Yanque	0+000 – 6+250
Yanque	Achoma	6+250 – 12+200
Achoma	Maca	12+200 – 21+230
<b>MARGEN DERECHA</b>		
.Chivay	Coporaque	0+000 – 6+250
Coporaque	Ichupampa	6+250 – 13+750
Ichupampa	Lari	13+750 – 25+100
Lari	Madrigal	25+100 – 31+600
Madrigal	Mina Madrigal	31+600 – 38+900

## 2.2 Clima

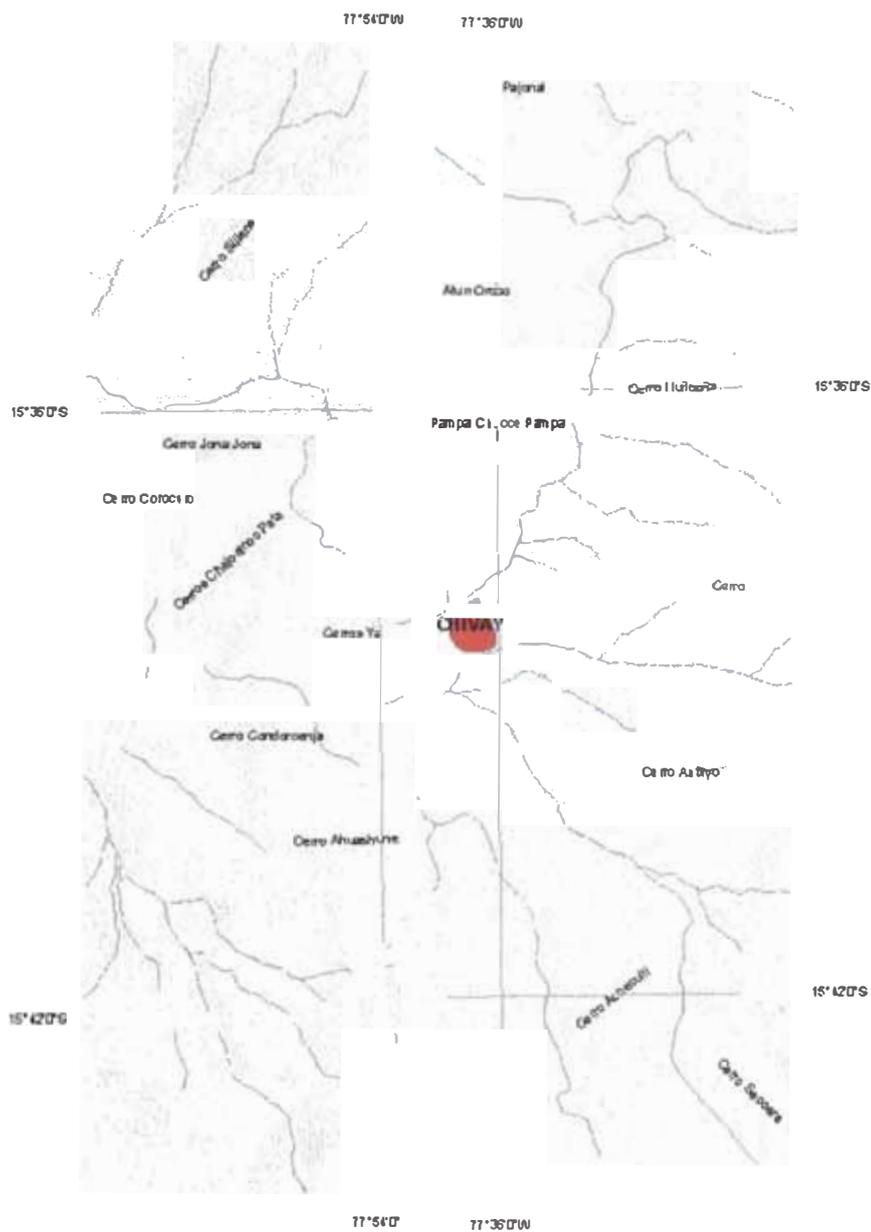
Las grandes fluctuaciones de temperatura son características en esta zona. Al amanecer durante el invierno (junio-agosto), la temperatura puede bajar hasta 20 ó 22 grados bajo cero, a la sombra. Existe mucha insolación y gran sequedad (30-40%). En verano (enero-marzo) es la estación lluviosa, con aproximadamente 400mm de precipitación pluvial por año. Las temperaturas son de menor grado de oscilación y más altas. La mínima promedio llega a 2 ó 3 grados bajo cero, con máximas de 16 a 18°C al mediodía.

## 2.3 Topografía

La zona de estudio topográficamente es bastante accidentada, con elevaciones que varían en un espacio muy corto (cotas entre los 3500m a

5000m). El valle que ha formado el río Colca se le puede describir como un valle interandino.

En la margen derecha del valle se presentan las elevaciones más notables y abruptas que muchas veces sobrepasan los 5000msnm en donde resaltan las quebradas y discurren las aguas provenientes de los deshielos, hasta su desembocadura en el río Colca. En la margen izquierda, la topografía es ligeramente más suave; en ambas márgenes se puede observar algunas terrazas fluviales, que actualmente constituyen el asentamiento de centros poblados (Figura N° 02).



**Leyenda**

- curvas
- NOM CER
- RIOS

**DE INGENIERIA  
MINERA Y METALURGICA**

- DO
- IO AMBIENTE
- ICO**

FIGURA N° 02

FECHA: ABRIL - 2005

## 2.4 Drenaje

El río Colca, es el colector hidrográfico de la zona, es un río de régimen constante y notable caudal en las épocas de avenida. El curso del río, visto de una manera integral tiene un recorrido un tanto caprichoso, condicionado a las características geológicas en las que ha tenido que labrar su cauce; así tenemos que, desde sus nacientes el río corre en sentido SE-NW para luego curvar bruscamente aguas arriba de la localidad de Sibayo en dirección SSW, orientación que mantiene aproximadamente hasta llegar aguas abajo de la localidad de Chivay (Figura N° 03).

De aquí, y atravesando toda el área de estudio, el río adopta nuevamente una forma brusca de curva y toma una dirección general de Este a Oeste, a la altura de Cabanaconde continúa con un rumbo SSW, orientación que mantiene hasta entrar en el valle de Majes, de allí con algunas variaciones en el sentido de su recorrido llegar al mar.

El río Colca entre las localidades de Yanque y Maca ha desarrollado su cauce en medio de limos lacustres que afloran en este lugar y en acumulaciones detríticas procedentes de las quebradas laterales que desembocan en el valle principal. Siendo en realidad muy escasa o ausentes las veces en que el río corta directamente afloramientos. La facilidad con que el río puede labrar su cauce en este tipo de material hace que en promedio el ancho del río varíe entre 100 y 200m; sin embargo, la misma facilidad con la que estos depósitos pueden ser erosionados por el río hace que exista un continuo frente de inestabilidad a lo largo de las orillas del río, produciéndose por esto deslizamientos de tierra esporádicamente.

Es interesante señalar que aguas abajo de Maca, el río pasa a ser un verdadero cañón de muy empinadas paredes y de profundidad impresionante; aquí el río ha labrado su paso a través de rocas volcánicas dando lugar a un angosto cañón que en algunos lugares sobrepasa 2Km de profundidad.

## **2.5 Formaciones Ecológicas**

En la cuenca del río Colca – Majes – Camaná, se ha visualizado que la vegetación existente no es la misma y la diversidad de especies ocupan diferentes pisos ecológicos, de acuerdo a las condiciones medioambientales, donde algunos parámetros meteorológicos (humedad y temperatura) son determinantes, definiendo así las formas de vida.

Se ha considerado 5 formas de vida de la clasificación del Dr. Holdridge (Figura N° 03), que se describe a continuación:

### **2.5.1 Formación Estepa Montano Subtropical (e-MS)**

Esta formación se encuentra distribuida a lo largo del valle del Colca y el nivel altitudinal oscila alrededor de los 3900msnm.

El medio ambiente de esta formación se caracteriza por presentar un clima sub húmedo y frío, es decir, con precipitaciones pluviales entre 226.5 y 666.9mm mínimos y máximos anuales con una temperatura entre 7.1°C y 11.3°C.

La agricultura se desarrolla mayormente bajo riego, pues el régimen de lluvias es muy irregular y escaso. Por otra parte, la temperatura constituye un verdadero factor limitante para la agricultura, principalmente en los sectores medio y alto de la formación donde se registran períodos de heladas muy amplios e intensos (abril-setiembre).

La formación presenta dos partes bien definidas: una constituida por el área agrícola mayormente localizada sobre mesetas y laderas de relieve plano a semi accidentado, con suelos de regular profundidad, generalmente areno arcillosos a franco arcillosos, pedregosos, derivados de arena, grava, arcilla y conglomerados semi consolidados de origen volcánico, de buena fertilidad natural; y la segunda está conformada por montañas sub húmedas de relieve abrupto y con suelos residuales superficiales y de fertilidad baja.

La vegetación natural que predomina es la familia de las gramíneas.

Las praderas y los pastos naturales que en un principio deben haber constituido el recurso vegetal base de esta formación, han sido degradadas y las que existen son utilizadas para la pequeña ganadería.

### **2.5.2 Formación Páramo Húmedo Subalpino Subtropical (ph-SaS)**

Esta formación ecológica se ubica en las zonas altoandinas de la Cordillera Occidental entre los 4000 y 4300msnm.

La máxima precipitación pluvial registrada es de 658mm y la mínima de 480.5mm. La temperatura varía de 3.2°C a 7.2°C, es decir, presenta un clima per húmedo y frígido. El régimen de lluvias y el grado de efectividad de la humedad son buenos. El factor limitante para poder desarrollar la actividad agrícola es la temperatura que registran valores debajo de los cero grados.

La topografía es muy variada, presentando sectores de relieve ondulado a semi accidentado (zona de praderas) y sectores de relieve abrupto o muy accidentado formado por montañas y quebradas con escasos recursos agrícolas. Los suelos en su mayoría son coluviales y residuales de profundidad variable y buena fertilidad, por lo que en algunos sectores es de esperarse que existan pastos de buena calidad, principalmente en los afloramientos de agua llamado también bofedales que son la reserva de pastos para los meses de escasez (abril-setiembre), especialmente para el ganado auquénido.

### **2.5.3 Formación Tundra muy Húmeda Alpino Subtropical (tmh-AS)**

Esta formación ecológica se ubica sobre el límite superior de la formación ecológica Páramo húmedo subalpino subtropical, está constituida por una faja relativamente angosta y continúa, interrumpida por los nevados que se extienden entre los 4800msnm y 5000msnm. Esta formación se caracteriza por presentar altas precipitaciones, mayormente de tipo sólido; que alcanzan un promedio anual que supera los 800mm y las temperaturas son muy bajas.

El relieve es accidentado u ondulado moldeado por glaciares y volcanes, los suelos son de textura media a ligera, dominados por materiales piroclásticos.

La vegetación se caracteriza por la presencia de manojos de pastos muy dispersos, quedando muchas áreas desprovistas. El que predomina es el "Ichu Negro"

#### **2.5.4 Formación Bosque muy Húmedo Montano Subtropical (bmh-MS)**

La formación se encuentra ubicada al Norte de la localidad de Chivay.

La precipitación anual presenta un promedio máximo de 1694mm. Y la temperatura media anual es de 10.8°C.

El relieve es muy accidentado con laderas fuertes sobre 60% y los suelos son relativamente profundos.

Son zonas húmedas con vegetación natural de la zona, constituidas por especies arbóreas fundamentalmente. El uso agrícola y pecuario es limitado por la alta humedad y baja temperatura. Pero en las zonas altas y poco secas se lleva a cabo pastoreo de ganado vacuno y ovino en forma abundante.

#### **2.5.5 Formación Nivel Subtropical (NS)**

Esta formación se encuentra en las partes altas de los nevados, ejemplo Ampato, Sabancaya, Hualca Hualca, etc.

La temperatura está por debajo de 1.5°C, presenta precipitaciones anuales de 500 a 1000mm.

El relieve es abrupto, con afloramientos rocosos con escaso suelo, debido a ello la vegetación es casi nula se observa algunas algas sobre la nieve, así como musgos.

Tiene importancia desde el punto de vista hidrológico de los ríos y de las lagunas alto andinas.

## 2.6 Principales especies de Flora y Fauna

### 2.6.1 Flora

Se encuentran especies vegetales, conformadas por tres estratos: el arbóreo, el arbustivo y el herbáceo que existen en diferentes comunidades vegetales, algunas son usadas como medicinales, combustibles y otras como pastos nutritivos para el ganado y animales silvestres.

Nombre científico	Nombre común
- <i>Ambrosia fruticosa</i>	"chilhua"
- <i>Aciachne pulvinata</i>	"pacu-pacu"
- <i>Adesmia miraflorensis</i>	"china canlli"
- <i>Adesmia spinosissima</i>	"china canlle"
- <i>Adesmia spinosissima</i>	"canlli"
- <i>Alchemilla diplophylla</i>	"libro-libro"
- <i>Alchemilla pinnata</i>	"sillu-sillu"
- <i>Astragalus garbancillo</i>	"garbancillo"
- <i>Azorella compacta</i>	"yareta" (1)
- <i>Azorella diapensoides</i>	"yareta"
- <i>Azorella yarita</i>	"yareta" (1)
- <i>Baccharis buxifolia</i>	"tola " (1)
- <i>Baccharis scandens</i>	"chilca"
- <i>Baccharis tricuneata</i>	"tola" (1)
- <i>Baccharis venosa</i>	"jinch'una llant'a"
- <i>Balbisia weberbaueri</i>	"amapola del campo"
- <i>Calamagrostis breviaristata</i>	"ñapa-pasto"
- <i>Calamagrostis breviaristata</i>	"ñapa pasto"
- <i>Calamagrostis cephalantha</i>	"ñapa pasto"
- <i>Calamagrostis curvula</i>	"crespillo"
- <i>Calamagrostis ovata</i>	"crespillo"
- <i>Calamagrostis rigescens</i>	"kunkuna"
- <i>Calamagrostis vicunarum</i>	"crespillo"
- <i>Cantua buxifolia</i>	"cantuta"
- <i>Cantua candelilla</i>	"cantuta"
- <i>Chersodoma jodopappa</i>	"tola blanca"
- <i>Chuquiraga rotundifolia</i>	"jari sirvi"
- <i>Corryocactus puquiensis</i>	"chona"
- <i>Diplostephium tacorense</i>	"romerillo"

- <i>Distichia muscoides</i>	"champa"
- <i>Dunalia</i> sp.	"tantar prieto"
- <i>Echinopsis cuzcoensis</i>	"San Pedrito"
- <i>Encelia canescens</i>	"mancapaqui"
- <i>Eragrostis peruviana</i>	"pasto"
- <i>Festuca dolichophylla</i>	"chillihua"
- <i>Festuca orthophylla</i>	"iro - ichu"
- <i>Grindelia bergii</i>	"chiri-chiri"
- <i>Hypochoeris taraxacoides</i>	"pilli"
- <i>Lovibia mistiense</i>	"sancayito"
- <i>Lucilia tunariensis</i>	"ocksha"
- <i>Lupinus misticola</i>	"tarhui", "chocho"
- <i>Calceolaria</i> sp.	"zapatito"
- <i>Bidens andicola</i>	"quico"
- <i>Bidens exigua</i>	"punchica"
- <i>Bomarea multiflora</i>	"atoj'sara"
- <i>Bouteloua simplex</i>	"cola de zorro"
- <i>Bromus lanatus</i>	"shockla"
- <i>Buddleja incana</i>	"colle blanco" (1)
- <i>Calandrinia acaulis</i>	"muchuysa"
- <i>Chersodoma jodopappa</i>	"tola blanca"
- <i>Crocopsis fulgens</i>	"chihuanhuai"
- <i>Dunalia spinosa</i>	"tantar prieto"
- <i>Ephedra americana</i>	"pinco-pinco" (1)
- <i>Erodium cicutarium</i>	"alfilerillo"
- <i>Hordeum muticum</i>	"juck'cucha chupa"
- <i>Lilaeopsis andina</i>	"pasto de agua"
- <i>Melica scabra</i>	"pasto"
- <i>Monnina ramosa</i>	"canlle"
- <i>Notholaena nivea</i>	"cuti-cuti"
- <i>Nototriche longirostris</i>	"thurpa"
- <i>Nototriche obcuniata</i>	"thurpa"
- <i>Paronychia andina</i>	"gateadora"
- <i>Perezia coerulescens</i>	"sutuma"
- <i>Plantago monticola</i>	"llacho"
- <i>Poa horridula</i>	"cuña-ocsha"
- <i>Ribes brachybrotis</i>	"uvita"
- <i>Satureja brevicalyx</i>	"muña"
- <i>Senecio calcicola</i>	"pauchi"
- <i>Tagetes multiflora</i>	"chicchipa"

- <i>Trifolium amabile</i>	"trebol"
- <i>Urocarpidium sephardae</i>	"malva"
- <i>Viguiera pflanzi</i>	"pinagua", "suncho"
- <i>Vulpia megalura</i>	"chilco"
- <i>Werneria aretioides</i>	"ps' unchosike"
- <i>Werneria digitata</i>	"turpa"
- <i>Werneria poposa</i>	"pupusa"
- <i>Tephrocactus corotilla</i>	"corotillo"
- <i>Tetraglochin strictum</i>	"canlle"
- <i>Verbena minima</i>	"koletta"
- <i>Weberbauerocereus weberbaueri</i>	"cacto columnar"

(1) Especies amenazadas y en peligro según Resolución Ministerial N°1082-90-AG.

## 2.6.2 Fauna

### 2.6.2.1 Mamíferos

En la zona de estudio la topografía es bastante accidentada, a pesar de estas condiciones inhóspitas, se han adaptado 32 especies.

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Akodon subfuscus</i>	"ratón de pajonal"
<i>Auliscomys pictus</i>	"ratón de campo"
<i>Chinchillula sahamae</i>	"rata carpinto"
<i>Chroemys jelskii</i>	"ratón de chocolate"
<i>Conepatus chinga</i>	"zorrino"
<i>Felis colocolo</i>	"gato montés" (1)
<i>Felis concolor</i>	"puma"
<i>Hippocamelus antisensis</i>	"taruka" (1)
<i>Histiopus macrotus</i>	"murciélago orejón"
<i>Lagidium peruanum</i>	"vizcacha"
<i>Lama guanicoe</i>	"guanaco" (1)
<i>Lama vicugna</i>	"vicuña" (1)
<i>Lestoros inca</i>	"achoccalla"
<i>Marmosa elegans</i>	"marmosa" (1)
<i>Odocoileus virginianus</i>	"venado de cola blanca"
<i>Phyllotis magister</i>	"ratón orejón"
<i>Pseudalopex culpaeus</i>	"zorro"
<i>Thylamys pillidor</i>	"ratón marsupial" (1)

(1) Especies amenazadas y en peligro según Resolución Ministerial N°1082-90-AG.

### 2.6.2.2 Aves

La Reserva Nacional de Salinas, Aguada Blanca y la cuenca del río Colca, poseen 136 especies registradas, que presentan complejidades notables en su distribución y características ecológicas.

Algunas especies, ocupan determinados hábitats exclusivos como queñuales, lagunas o bofedales. Otras más adaptables se encuentran en varios ambientes.

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Actitis macularia</i>	"playero manchado"
<i>Aeronautes andecolus</i>	"vencejo andino"
<i>Agriornis montana</i>	"arriero"
<i>Anairetes flavirostris</i>	"torito pico amarillo"
<i>Anairetes reguloides</i>	"torito garganta negra"
<i>Anas flavirostris</i>	"pato sutro"
<i>Anas puna</i>	"pato puna"
<i>Asthenes dorbygniae</i>	"canastero D'orbygny"
<i>Asthenes modesta</i>	"canastero palido"
<i>Asthenes pudibunda</i>	"canastero peruano"
<i>Atiencula cunicularia</i>	"lechuza de los arenales"
<i>Atlapetes nationi</i>	"chacchacara"
<i>Attagis gayi</i>	"kulle-kulle"
<i>Bolborhynchus aurifrons</i>	"perico cordillerano"
<i>Bubo virginianus</i>	"tucu-tucu"
<i>Buteo poecilochrus</i>	"aguilucho cordillerano"
<i>Buteo polyosoma</i>	"aguilucho común"
<i>Calidris bairdii</i>	"playero de Baird"
<i>Calidris fuscicollis</i>	"playero de lomo blanco"
<i>Calidris melanotos</i>	"playero pectoral"
<i>Caprimulgus longirostris</i>	"chotacabra barba larga"
<i>Carduelis atratus</i>	"jilguero negro"
<i>Carduelis crassirostris</i>	"jilguero del queñual"
<i>Carduelis magellanica</i>	"jilguero de cabeza negra"
<i>Carduelis uropygialis</i>	"jilguero cordillerano"
<i>Catamenia analis</i>	"corbatita pico de oro"
<i>Catamenia inornata</i>	"corbatita azulada"
<i>Cathartes aura</i>	"gallinazo de cabeza roja"
<i>Charadrius alticola</i>	"chorlo de puna"

<i>Chloephaga melanoptera</i>	"huallata"
<i>Cinclodes atacamensis</i>	"churrete castaño"
<i>Cinclodes fuscus</i>	"churrete cordillerano"
<i>Cinclus leucocephalus</i>	"mirlo del agua"
<i>Circus cinereus</i>	"gavilán de campo"
<i>Colaptes rupicola</i>	"pito" (1)
<i>Colibri coruscans</i>	"colibrí azul"
<i>Columba maculosa</i>	"paloma cenicienta"
<i>Columbina cruziana</i>	"tortolita peruana"
<i>Conirostrum cinereum</i>	"mielerito gris"
<i>Conirostrum tamarugense</i>	"mielerito del tamarugo" (1)
<i>Diglossa carbonaria</i>	"diglosa carbonosa"
<i>Falco femoralis</i>	"halcón perdiguero"
<i>Falco peregrinus</i>	"halcón real" (1)
<i>Falco sparverius</i>	"cernícalo americano"
<i>Fulica americana</i>	"gallareta común"
<i>Fulica gigantea</i>	"ajoya" (1)
<i>Geositta crassirostris</i>	"pampero pico grueso"
<i>Geositta cunicularia</i>	"pampero común"
<i>Geositta punensis</i>	"pampero de la puna"
<i>Geositta tenuirostris</i>	"pampero de pico fino"
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	"aguilucho grande"
<i>Glaucidium brasilianum</i>	"paca-paca"
<i>Larus serranus</i>	"gaviota serrana" (1)
<i>Lepthasthenura andicola</i>	"tijeral andino"
<i>Lepthasthenura striata</i>	"tijeral listado"
<i>Lessonia oreas</i>	"negrito"
<i>Lessonia rufa</i>	"negrito"
<i>Lophonetta specularioides</i>	"pato cordillerano" (1)
<i>Merganetta armata</i>	"pato de los torrentes" (1)
<i>Metallura phoebe</i>	"picaflor negro"
<i>Metriopelia aymara</i>	"tortola aymara"
<i>Metriopelia melanoptera</i>	"tortola cordillerana"
<i>Muscisaxicola albifrons</i>	"dormilona gigante"
<i>Muscisaxicola alpina</i>	"dormilona gris"
<i>Muscisaxicola capistrata</i>	"dormilona rojiza"
<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	"dormilona fraile"
<i>Muscisaxicola frontalis</i>	"dormilona frente negra"
<i>Muscisaxicola juninensis</i>	"dormilona de Junín"
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	"dormilona chica"

<i>Muscisaxicola rufivertex</i>	"dormilona nuca rojiza"
<i>Myrtis fanny</i>	"picaflor de fanny"
<i>Nothoprocta ornata</i>	"perdiz"
<i>Nothoprocta pentlandii</i>	"llutu"
<i>Nothochelidon cyanoleuca</i>	"santa rosita"
<i>Nycticorax nycticorax</i>	"huaco"
<i>Ochthoeca leucophrys</i>	"pitajo gris"
<i>Ochthoeca oenanthoides</i>	"pitajo rojizo" (1)
<i>Oreomanes fraseri</i>	"pájaro del queñual" (1)
<i>Oreopholus ruficollis</i>	"chorlo de campo"
<i>Oreotrochilus estella</i>	"picaflor cordillerano de estela"
<i>Oxyura jamaicensis</i>	"pato rana"
<i>Patagona gigas</i>	"picaflor gigante"
<i>Petrochelidon andecola</i>	"golondrina andina"
<i>Phalacrocorax olivaceus</i>	"pato chancho" (1)
<i>Phalaropus tricolor</i>	"falaropo de Wilson"
<i>Phalcooboenus megalopterus</i>	"alcamari"
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	"parihuana andina" (1)
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	"parihuana de James" (1)
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	"parihuana común" (1)
<i>Phrygilus alaudinus</i>	"fringilo cola blanca"
<i>Phrygilus atriceps</i>	"fringilo cabeza negra"
<i>Phrygilus erythronotus</i>	"plomito cuello blanco" (1)
<i>Phrygilus fruticeti</i>	"fringilo pecho negro"
<i>Phrygilus gayi</i>	"fringilo cordillerano"
<i>Phrygilus plebejus</i>	"plomito pequeño"
<i>Phrygilus unicolor</i>	"plomito grande"
<i>Plegadis ridgwayi</i>	"yanavico"
<i>Podiceps occipitalis</i>	"zambullidor blanquillo"
<i>Rallus sanguinolentus</i>	"gallineta común"
<i>Recurvirostra andina</i>	"avoceta andina" (1)
<i>Saltator aurantirostris</i>	"pepitero de corbata"
<i>Sicalis lutea</i>	"chirigue de puna"
<i>Sicalis uropygialis</i>	"chirigue cordillerano"
<i>Theristicus melanopis</i>	"bandurria de cara negra" (1)
<i>Thinocorus orbygnianus</i>	"puco puco de altura"
<i>Thraupis bonariensis</i>	"naranjero"
<i>Tinamotis pentlandii</i>	"quivio"
<i>Tringa flavipes</i>	"pata amarilla menor"
<i>Tringa melanoleuca</i>	"pata amarilla mayor"

Troglodytes aedon	"cucarachero"
Turdus chiguanco	"chiguanco"
Upucerthia albigula	"bandurrita cuello blanco"
Upucerthia jelskii	"bandurrita cordillerana"
Upucerthia ruficauda	"bandurrita picoderecho"
Vanellus resplendens	"lequeleque"
Vultur gryphus	"condor" (1)
Xenodacnis parina	"azulito altoandino" (1)
Xolmis rufipennis	"papamoscas del queñual"
Zenaida auriculata	"rabiblanca"
Zonotrichia capensis	"tanka"

(1) Especies amenazadas y en peligro según Resolución Ministerial N°1082-90-AG.

### 2.6.2.3 Anfibios y Reptiles

Las condiciones desérticas predominantes y la presencia de elevadas cumbres andinas, son los mayores limitantes para la distribución de las especies de estos grupos, así tenemos tres variedades de anfibios y dos de reptiles.

#### **Anfibios**

Nombre Científico	Nombre Común
Bufo spinulosus	"sapo"
Pleurodema marmorata	"rana"
Telmatobius arequipensis	"rana"

#### **Reptiles**

Nombre Científico	Nombre Común
Liolaemus signifer	"lagartija"
Tachymenis peruviana	"machali"

### 2.6.2.4 Peces

El río Colca es el principal de la zona, pero también hay otros ríos pequeños donde se ha encontrado tres variedades de peces.

Nombre científico	Nombre común
Arius multiradiatus	"bagre"
Oncorhynchus mikiss	"Trucha"
Luciopimelodus pati	"Pejerrey"

## 2.7 Aspectos Socioeconómicos

La zona de estudio se encuentra enmarcada en la cadena occidental de los Andes; desde épocas remotas los habitantes del lugar se dedicaron a la agricultura y ganadería (cultura de los Collaguas y Cabanas).

En la actualidad el 1.2% de las tierras de la sub cuenca Colca presenta aptitudes para la producción agrícola, de las cuales el 65.2% es cultivada. Es necesario tener en cuenta que sólo se tiene una cosecha anual, debido a las heladas que se presentan en el invierno, no siendo posible el desarrollo de ningún cultivo de importancia económica, aunque en algunos lugares se realizan cultivos como la cebada que, de alguna manera, ayuda a un mejor aprovechamiento de los suelos.

De las tierras que tienen aptitud agrícola, anualmente el 78% son cultivadas y el restante 22% entra en descanso. Los distritos de mayor vocación agrícola son los distritos de Cabanaconde, Huambo, Chivay, Andahua, Achoma y Yanque; en menor proporción están los distritos de Coporaque, Ichupampa, Lari, Maca, Madrigal, Tuti, Orcopampa, Chachas, Chilcaymarca, Ayo, Tapay y Choco. Los tres últimos son predominantemente frutícolas y los restantes de cultivos de pan llevar bastante amplio (hasta 12 cultivos).

De las tierras cultivadas el 81.1% están destinadas a cultivos de pan llevar y el 18.8% son dedicadas a cultivos permanentes las cuales están destinadas principalmente a frutales.

Los distritos ubicados por encima de los 3800msnm, como Callalli, San Antonio de Chuca, Sibayo y Tisco, están dedicados a la producción pecuaria y por lo tanto, el recurso suelo está destinado a pastos naturales. Los otros distritos, localizados debajo de los 3800msnm, tienen tierras de

uso agrícola y también pastos naturales en sus anexos. La sub cuenca del río Colca en total tiene 821029Ha de pastos naturales. El distrito de Cabanaconde tiene tierras dedicadas a pastos naturales con posibilidades de ser incorporadas al uso agrícola mediante proyectos de ampliación de frontera agrícola.

Las tierras de uso forestal son escasas en la sub cuenca del Colca; sólo existen 2712Ha de plantaciones forestales, principalmente de eucaliptos, pinos, capulíes, colles y quishuares, las tres primeras plantadas artificialmente y las últimas en forma de relictos naturales.

En el Cuadro N° 02 se presenta el uso actual de la tierra con aptitud agrícola.

Cuadro N° 02

Uso actual de la tierra

N°	Provincia Distrito	Total	Cultivos Transitorios		Barbecho	Descanso	Terrenos Agrícolas no Trabajados		Total	Cultivos Permanentes			Cultivos Asociados
			Cultivos Transitorios	Barbecho			Descanso	Agrícolas no Trabajados		Propiamente Dichos	Pastos Cultivados	Cultivos Forestales	
1,0	Castilla	1676,23	702,45	381,08	200,04	392,66	827,37	71,26	751,91	4,20	45,73		
1,1	Andagua	535,70	173,96	61,70	35,00	265,04	289,51	0,00	289,51	0,00	15,79		
1,2	Ayo	144,76	11,23	13,74	65,54	54,25	155,47	20,31	135,16	0,00	0,18		
1,3	Chachas	281,49	149,93	93,28	14,74	23,54	192,39	0,42	187,77	4,20	9,36		
1,4	Chilcaymarca	93,23	48,04	3,37	20,91	20,91	5,27	0,00	5,27	0,00	0,00		
1,5	Choco	214,14	200,14	0,00	0,26	13,74	105,93	50,10	55,83	0,00	20,40		
1,6	Orcopampa	406,91	119,15	208,99	63,59	15,18	78,80	0,43	78,37	0,00	0,00		
2,0	Caylloma	11836,48	4166,13	3785,16	345,07	3540,12	1885,18	124,24	1758,06	2,88	251,03		
2,1	Chivay	2865,10	250,66	180,35	32,44	2401,65	148,53	0,21	146,32	2,00	40,29		
2,2	Achoma	792,41	613,99	125,31	33,75	19,36	219,41	0,00	218,88	0,53	91,73		
2,3	Cabanaconde	1136,75	584,36	260,59	49,90	241,90	268,42	18,40	250,02	0,00	32,42		
2,4	Callalli	510,20	107,00	100,00	0,00	303,20	1,00	0,00	1,00	0,00	9,00		
2,5	Coporaque	526,89	390,02	88,22	8,99	39,66	120,86	0,01	120,85	0,00	2,63		
2,6	Huambo	699,53	270,97	146,15	117,41	165,00	297,40	5,86	291,19	0,35	11,23		
2,7	Ichupampa	246,86	198,03	18,04	10,16	20,63	104,01	0,00	104,01	0,00	27,30		
2,8	Lari	415,83	339,19	33,11	2,13	41,40	185,42	1,50	183,92	0,00	14,65		
2,9	Maca	800,59	483,64	51,46	54,08	211,41	126,10	0,00	126,10	0,00	0,18		
2,10	Madriral	239,13	185,74	33,40	3,71	16,28	106,48	1,04	105,44	0,00	1,63		
2,11	S.A.de Chuca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
2,12	Sibayo	67,75	25,50	1,50	15,75	25,00	2,25	0,00	2,25	0,00	0,00		
2,13	Tapay	177,46	143,08	4,46	0,31	29,61	116,80	97,04	19,76	0,00	0,80		
2,14	Tuti	169,53	160,81	2,06	2,36	4,30	72,14	0,00	72,14	0,00	0,70		
2,15	Yanque	3188,45	413,14	2740,51	14,08	20,72	116,36	0,18	116,18	0,00	18,47		
	Total	13512,71	4868,58	4166,24	545,11	3932,78	2712,55	195,50	2509,97	7,08	296,76		

FUENTE: III Censo Nacional Agropecuario, Tomo I, 1994

En la sub cuenca Colca toda la tierra cultivada es de propiedad privada no existen terrenos colectivos compartidos por los pobladores.

La estructura de la tenencia de la tierra en el Colca muestra diferencias significativas entre el grupo de familias relativamente con buena capacidad económica y el de la mayoría de los pobladores que poseen menos de dos hectáreas divididas hasta en siete parcelas y localizadas en diferentes sectores.

Las parcelas tienden a ser más numerosas y más pequeñas debido a la sub división que sigue a la herencia compartida entre hermanos.

### **2.7.1 Suelos**

El área agrícola que se desarrolla en la sub cuenca Colca está localizada sobre mesetas y laderas de relieve plano a semiaccidentado. Según la información recopilada su área está conformada por un 29% de suelo con pendiente 0.5%; un 31% de suelo con pendiente que va de 0.5% a 20% y un 39% de suelo con más de 20% de pendiente.

El área de suelos llanos es de regular a buena profundidad, los suelos son generalmente de areno arcillosos a franco arcillosos, pedregosos, derivados de arena, grava, arcilla y conglomerados semiconsolidados de origen volcánico y buena fertilidad natural.

El área de fisiografía accidentada, está conformada por suelos residuales superficiales de baja fertilidad.

En las zonas de Ichupampa y Chivay, donde se puede observar que la parte arable (0-20cm), presenta una textura que va de franco a franco arcilloso, estructura en bloques angulares y sub-angulares, consistencia ligeramente dura, pH que va de 6.9 a 7.6 y presenta de 0.6% a 3.17% de materia orgánica.

#### **2.7.1.1 Capacidad De Uso Mayor**

La superficie con potencial agrícola es solamente el 1.21% del área total, mientras que las tierras aptas para pastizales alcanzan el 70.2%. Considerando las poblaciones establecidas en las zonas de explotación agrícola y de pastos, las densidades respectivas son 15.2hab/km<sup>2</sup> y 4.3hab/km<sup>2</sup>. Ver Cuadro N° 03.

## Cuadro N° 03

## Capacidad de uso mayor de la tierra

Distrito	Área	Cultivos		Pas tos			Forestal	Protección	
		A2	A3	P1	P2	P3	P3T	F3	E
Chivay	23,958		810			600			22,548
Achoma	39,180		1,500		2,530	3,700			31,450
Cabanaconde	45,852	480	1,040		1,200	1,650	1,150	100	40,232
Callalli	147,854			1,500	1,000	13,150			132,204
Caylloma	149,238				7,900	45,100			96,238
Coporaque	11,149		2,150		240				8,759
Ichupampa	7,456		660						6,796
Lari	38,232		1,240			4,600			32,392
Maca	22,648		1,200			1,120			20,328
Madrigal	15,938		1,200						14,738
S.A. Chuca	152,451				3,150	46,500			102,801
Sibayo	28,477			50	640	6,250			21,537
Tapay	41,831		200		1,450	5,850			34,331
Tisco	143,864				650	31,000			112,214
Tuti	14,082		200	350	1,100	4,250			8,182
Yanque	110,364		800	700	14,500	12,120		230	82,244
Choco	90,034		760		800	12,900			75,344
<b>Total</b>	<b>1'082,608</b>	<b>480</b>	<b>11,760</b>	<b>2,600</b>	<b>34,800</b>	<b>188,790</b>	<b>1,150</b>	<b>330</b>	<b>842,338</b>

Calidad Agrológica: 1=Alta, 2=Media, 3=Baja, T= Uso Temporal.

FUENTE: Microregión Caylloma

### 2.7.1.1.1 Aptitud Agrícola

La superficie con potencial agrícola representa el 1.2% del área total, concentrándose en ambos márgenes del río Colca entre Cabanaconde y Tuti hasta los 3800msnm. La superficie con esa aptitud se divide en un 3.6% con capacidad agrícola media y un 96.4% con capacidad agrícola baja.

El distrito con mayor calidad agrológica es Cabanaconde, generalmente a menos de 3200msnm, con pendientes menores de 25%, moderadamente profundas, con textura de media a gruesa y un drenaje ligeramente excesivo. Las limitaciones principales de estos suelos están dadas por las escasas precipitaciones, la elevada permeabilidad de los suelos, el riesgo de heladas eventuales a altitudes cercanas a los 3200msnm, deficiencias en nutrientes (nitrógeno y fósforo) y el riesgo de ser erosionadas fácilmente por su estructura poco consistente.

Los suelos de capacidad agrológica baja, generalmente por encima de los 3200msnm van desde superficiales hasta profundos, con textura media gruesa, y se distribuyen hasta Tuti (3800msnm), con pendientes que llegan

hasta 50% (empinadas, parte de las cuales han sido acondicionadas por los antiguos peruanos mediante la construcción de andenes).

Por debajo de los 3200msnm la principal limitación es la aridez climática y en algunos casos, el factor topográfico. En cambio, en los suelos ubicados por encima de esta altura las limitaciones adicionales son las bajas temperaturas, la erosión severa por las pendientes empinadas y el escaso contenido de materia orgánica.

#### **2.7.1.1.2 Aptitud para Pastos**

Las tierras aptas para pastos tienen una extensión del 20.3% del total, de las cuales el 1.0% tiene capacidad agrológica alta (P1), 12.3% capacidad agrológica media (P2) y 86.7% capacidad agrológica baja (P3). Además, un 3.9% tiene capacidad agrológica baja y temporal (ganadería extensiva).

Los suelos de capacidad agrológica alta, presentan una topografía plana (0-15%) con suelos moderadamente profundos, de textura media a moderadamente gruesa y contenidos variables de fragmentos gruesos en el perfil del suelo. La principal limitación está referida al factor climático, debido a las bajas temperaturas y además presentan deficiencias en nutrientes químicos. Sin embargo, estas limitaciones no constituyen obstáculo serio para el desarrollo de una ganadería semi intensiva rentable.

Los suelos de capacidad agrológica media, presentan una topografía plana moderadamente empinada (0-25%) y se encuentran entre los 3800 y los 4400msnm. Posee suelos superficiales a medianamente profundos, de textura media a gruesa y con presencia variable de fragmentos gruesos en el perfil. La principal limitación está referida al factor climático debido a las bajas temperaturas (heladas). El factor topográfico es otra limitante que facilita el proceso erosivo moderadamente severo de los suelos. La poca disponibilidad del recurso agua no permite la rápida regeneración de los pastos. Adicionalmente, los suelos muestran deficiencias nutritivas.

Los suelos de capacidad agrológica baja, están conformados por tierras aptas para un pastoreo restringido, encontrándose por encima de los 3800 a 4800msnm, con una pendiente de 25 a 75%. Son suelos superficiales, bastante

erosionados y pobres en contenidos de nutrientes, siendo un indicador de esta pobreza la presencia de especies vegetales como la tola e ichu. Los limitantes son el corto período lluvioso, las bajas temperaturas durante la mayor parte del año, la pendiente que favorece el proceso erosivo, los afloramientos rocosos y la presencia de gran cantidad de piedras.

#### **2.7.1.1.3 Aptitud Forestal**

Son tierras que no reúnen condiciones para cultivos ni pastos, pero son aptas para la producción forestal (F3). Las 330Ha se distribuyen en Choco y Cabanaconde. Estas tierras, ubicadas bajos los 3800msnm, presentan numerosos bosques relictos en pendientes de 50% a 75%, con suelos superficiales a moderadamente profundos, de textura media a gruesa y con drenaje excesivo.

#### **2.7.1.1.4 Tierras de Protección**

El 78.43% de tierras presentan severas limitaciones de relieve, suelos y clima, que no tiene aptitud para ninguno de los usos mencionados y deben ser destinadas a la protección de la cuenca hidrográfica, la vida natural, uso energético, extracción minera y áreas recreativas. Las mayores extensiones están en los distritos de Callalli, Tisco, San Antonio de Chuca, y zonas altas de Yanque.

#### **2.7.1.1.5 Andenes**

Además de ser una agricultura de riego, ésta es realizada en terraplenes, andenes, en ambas márgenes del río Colca (y en un buen porcentaje de la cuenca), se observa andenerías precolombinas, provistas de sus respectivos canales de riego, su mantenimiento es de vital importancia para la economía de los campesinos. La infraestructura de riego, como la distribución del agua está bajo control colectivo. Cada una de las comunidades campesinas y/o poblaciones agrícolas del valle del Colca posee sistemas hidráulicos independientes, salvo algunas excepciones en que comparten los mismos sistemas hidráulicos o éstos se entrelazan generando subsistemas.

### 2.7.1.2 Canales

La obra de andenes fue complementada con un impresionante sistema de canales y reservorios para aprovechar el agua de los deshielos y manantiales. No existe cultivo de secano y todo son bajo riego; las lluvias son insuficientes y las aguas del río Colca nunca han sido utilizadas. El inventario de la Región Agraria de Arequipa indica que en esta zona cuenta con 80 manantiales, 78 estanques y 68 canales de riego, para un caudal total de 4415l/seg. Los canales principales, por sector de riego, aparecen en Cuadro N° 04

Los reservorios tienen una capacidad total de 120300m<sup>3</sup> y sus condiciones materiales son 52% rústicos y 48% revestidos con concreto. Los principales reservorios por sector de riego, aparecen en el Cuadro N° 05.

Además, los distritos de Chivay Callalli, Cabanaconde y Lari cuentan con canales y almacenes con infraestructura de apoyo a la producción.

**Cuadro N° 04**  
**Canales principales**

Sector	Subsector	Nombre	Caudal (l/seg)	Area (Ha.)
1. Chivay	Canocota Chivay	Jatachira	70	100
		Población	100	775
		Japo	80	
		Huallihua	40	
	Yanque Anansaya	Huarangante	160	400
	Achoma	Sepina	220	268
	Maca	Tarucani	155	600
2. Lari	Tuti	Larquence	100	160
	Coporaque	Ccantomayo	150	366
	Yanque Urinsaya	Mismi	85	203
	Ichupampa	Marcapampa	155	434
	Lari	Callumayo	150	495
	Madrigal	Sahuayto	125	350
3. Cabanaconde	Cabanaconde	Hualca Hualca	150	1200
		Pinchollo	110	480
	Tapay	Sepregina	80	125
	Malata-Cosñihua		60	105
	Llatica	Llatica	90	106
	Pure	Pure	40	100
	Llanca	Llanca	50	115
	Acpi	Acpi	100	120

FUENTE: Distrito de Riego Chivay, 1988

**Cuadro N° 05**  
**Reservorios principales**

<b>Sector subsector</b>	<b>Nombre</b>	<b>Capacidad (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Area regada (Ha)</b>
<b>1. CHIVAY</b>			
Canacota	Marcalla	1500	190
	El Pueblo	2000	220
Chivay	El Pueblo	5000	400
	Huacallihue	2500	200
	Janca	3500	300
	Intipatalla	4200	420
Yanque A.	Senccahuasi	4000	400
	Piricho	3000	200
	Ccochopampa	4000	260
Achola	Umananco	2500	200
	Churquina	4000	300
	Escalera	1800	200
Maca	Tauca	1500	210
	Jalo	1500	170
	Chalhuaya	1600	160
<b>2. LARI</b>			
Tuti	Caraparana	4000	100
	Cala Cala	3000	320
	El Pueblo	10000	250
Coporaque	El Pueblo	7000	400
	Suripampa	3000	210
Yanque U.	Ccochapata	3500	350
Ichupampa	Marcapampa	5000	390
	Luchica	2000	180
	Ccanajalla	2000	200
Lari	Huancunasa	1500	35
	Juanca	1200	20
	Lequempa	2000	210
	Charasuta	13000	400
Madrigal	Jatuncocha	3000	320
	Pullunguay	1500	150
	Punco	2000	170
<b>3. CABANACONDE</b>			
Cabanaconde	Puquipampa	5000	800
	El Pueblo	3000	600
Acpi	Acpiquiquio	1500	100
Tapay	El Pueblo	2000	100
Latica	Latica	1000	100
Pure	Tocayo	1000	80
Llanca	Llanca	500	100
<b>TOTAL</b>		<b>120300</b>	<b>9415</b>

FUENTE: Distrito de Riego Chivay 1988.

## **2.7.2 Infraestructura Vial y Medios de Transporte**

El Valle del Colca se encuentra comunicado internamente y hacia el exterior con la Región Arequipa y otras zonas vecinas, a través de una red de carreteras afirmadas, sin afirmar y trochas carrozables. A nivel interno la longitud total de las vías llega a los 1008.4Km, de los cuales 528.3Km son afirmadas, 197.6 sin afirmar y 282.5 de trocha carrozable.

Las principales rutas internas que unen los centros poblados y sectores productivos más importantes son:

Chivay-Yanque-Achoma-Maca-Pinchollo-Cabanaconde.

Chivay-Coporaque-Ichupampa-Lari-Madrigal-Mina Madrigal.

Chivay-Tuti-Sibayo-Callalli.

Sibayo-Caylloma-Mina Caylloma.

Chalhuanca-Pulpera-Callalli-Chichas-Challuta.

Cabanaconde-Soro.

Chivay-Cabrerías/Yura-Arequipa.

Chivay-Cabanaconde-Huambo-Alto Siguas/Panamericana Sur.

Chivay-Imata-Salinas-Chiguata (Puno).

Chivay-Callalli-Challuta (Cusco).

### **2.7.2.1 Medios de Transporte**

El transporte de pasajeros y productos se realiza mediante modalidades:

- Empresas de transporte público de pasajeros.
- Empresas de transporte de carga.
- Transportistas independientes.
- Intermediarios.
- Animales de carga (mulas/llamas).

### 2.7.3 Población y Centros Poblados

Según el último censo realizado en 1993, la población asciende a 32186 habitantes. El 60.75% (19554 habitantes) corresponde a la población urbana y el 39.25% (12632 habitantes) a la población rural.

Los centros poblados más importantes son Chivay, Callalli y Cabanaconde que experimentaron diferentes modalidades de crecimiento en el último período censal, como se puede observar en el Cuadro N° 06

**Cuadro N° 06**

#### Superficie altitud y población

Distrito	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Altitud (msnm)	Población			Densidad (Hab/Km <sup>2</sup> )
			Total	Urbana	Rural	
ACHOMA	393.54	3450	1442	1338	104	3.66
CABANAONDE	460.55	3287	3196	3021	175	6.94
CALLALLI	1485.10	3867	3152	1295	1857	2.12
CAYLLOMA	1499.00	4319	5191	1786	3405	3.46
COPORAQUE	111.98	3575	1232	852	380	11.00
CHIVAY	240.64	3633	4032	3672	360	16.76
CHOCO	904.33	2473	1273	566	707	1.41
ICHUPAMPA	74.89	3400	807	737	70	10.77
LARI	384.02	3330	1255	1044	211	3.27
MACA	227.48	3262	1182	1167	15	5.20
MADRIGAL	161.09	3262	1122	1057	65	7.01
SAN ANTONIO						
CHUCA	1531.27	4525	1029	202	827	0.67
SIBAYO	286.03	3810	919	508	411	3.21
TAPAY	420.17	2975	820	114	706	1.95
TISCO	1445.02	4188	2287	117	2170	1.58
TUTI	241.89	3790	993	795	198	4.11
YANQUE	1108.58	3417	2254	1283	971	2.03
<b>TOTAL</b>	<b>10975.58</b>		<b>32186</b>	<b>19554</b>	<b>12632</b>	<b>2.93</b>

FUENTE: Desco Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo 1997.

#### 2.7.3.1 Población Económicamente Activa

La Población Económicamente Activa es de 10595 habitantes, que representa el 32.92% del total de de la población. La estructura de la población económicamente activa la componen 10092 habitantes en condición de ocupados (95.25%) y 503 habitantes desocupados (4.75%), como se puede apreciar la tasa de desempleo es baja. Cuadro N° 07.

La zona del valle propiamente dicha posee una población económicamente activa de 5540, es decir el 52.28%. El distrito de Chivay es el que aporta el

mayor porcentaje de la población económicamente activa con 23.88%; para la zona de Ichupampa, en cambio, es el de menor aporte con 7.72%. Cuadro N° 08.

**Cuadro N° 07**

**Población de 6 años y más, por grandes grupos de edad según condición de actividad**

Condición de actividad	Total	Grandes grupos de edad				
		6 A 14 años	15 A 29 años	30 A 44 años	45 A 64 años	65 y más años
TOTAL	26433	7443	6894	5214	4753	2129
(%)	100.00	28.16	26.08	19.73	17.98	8.05
POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA	10595	390	3457	3137	2692	919
(%) DEL TOTAL PEA		3.68	32.63	29.61	25.41	8.67
OCUPADA	10092	363	3178	3015	2623	913
(%) DEL TOTAL PEA	95.25	3.60	31.49	29.88	25.99	9.05
DESOCUPADA	503	25	275	122	69	6
(%) DEL TOTAL PEA	4.98	4.97	54.67	24.25	13.72	1.19
POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE NO ACTIVA	15838	7053	3437	2077	2061	1210
(%) DEL TOTAL PEA		44.53	21.70	13.11	13.01	7.64

FUENTE: Censos Nacionales 1993, IX Población – IV Vivienda. Departamento de Arequipa, Tomo I. Desco Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo 1997

Cuadro N° 08

Población de 6 años y más, según condición de actividad 1993

Distrito	Pob. Total 6 años y más	Población económicamente activa			Pob. no Econ. activa	% Paa.	% Ocupada Total Paa.	% Desocup. Total Paa.	% No Paa.
		Total	Ocupada	Desocup.					
TOTAL	26433	10595	10092	503	15838	40.08	95.25	4.75	59.92
ACHOMA	1183	511	500	11	672	43.2	97.85	2.15	56.8
CABANACONDE	2699	1242	1216	26	1457	46.02	97.91	2.09	53.98
CALLALLI	2512	966	918	48	1546	38.46	95.03	4.97	61.54
CAYLLOMA	4162	1654	1520	134	2508	39.74	91.9	8.1	60.26
COPORAQUE	1009	332	305	27	677	32.9	91.87	8.13	67.1
CHIVAY	3389	1323	1258	65	2066	39.04	95.09	4.91	60.96
CHOCO	1022	365	355	10	657	35.71	97.26	2.74	64.29
ICHUPAMPA	657	317	312	5	340	48.25	98.42	1.58	51.75
LARI	1019	433	425	8	586	42.49	98.15	1.85	57.51
MACA	998	344	339	5	654	34.47	98.55	1.45	65.53
MADRIGAL	957	338	321	17	619	35.32	94.97	5.03	64.68
SAN ANTONIO	843	371	320	51	472	44.01	86.25	13.75	55.99
CHUCA	761	159	132	27	602	20.89	83.02	16.98	79.11
SIBAYO	686	358	352	6	328	52.19	98.32	1.68	47.81
TAPAY	1824	887	858	29	937	48.63	96.73	3.27	51.37
TISCO	802	295	280	15	507	36.78	94.92	5.08	63.22
TUTI	1910	700	681	19	1210	36.65	97.29	2.71	63.35
YANQUE									

FUENTE: Censos Nacionales 1993, IX Población – IV Vivienda. Departamento de Arequipa, Tomo I.  
Desco Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo 1997

## **2.7.4 Población y Calidad de Vida**

Los distritos de la zona de estudio están considerados como zona de extrema pobreza. Los indicadores socioeconómicos principales son de bajo nivel de ingresos personales (50% del promedio nacional), elevada mortalidad infantil (20% sobre un 8.7% nacional) alto analfabetismo (31% sobre un 18% nacional) y una deficiente atención en salud (1 médico/4500 habitantes) (Desco 1997).

La mayoría de los distritos cuentan con una posta médica y escuela primaria o secundaria como infraestructura de servicios.

### **2.7.4.1 Educación**

En cuanto al sistema de educación en la sub cuenca del Colca podemos mencionar, que la edad inicial o pre escolar es de 2.52%, primaria 53.65%, secundaria 17.72%, superior no universitaria incompleta 1.68%, superior no universitaria completa 0.64%, superior universitaria incompleta 0.68%, superior universitaria completa 1.44% y no especifica 2.34%.

Lo tradicional para la familia campesina es que la formación escolar comprenda los niveles de primaria (6 grados) y secundaria (5 grados). La educación inicial comprendida entre los 3 y 5 años no es considerada importante. El nivel especial es para los niños excepcionales y el nivel ocupacional está dirigido a aquellos jóvenes que aprenden un oficio.

En cuanto al analfabetismo se tiene que el 23.56% no sabe leer y escribir, es mayor al índice nacional (18%) y al del departamento de Arequipa (11%).

### **2.7.4.2 Salud**

El Estado a través del Ministerio de Salud ha implementado con infraestructura y equipamiento mínimo e indispensable para atender a la población en los distintos puestos de salud y centros de salud, las enfermedades endémicas como las infecciones respiratorias agudas, enfermedades diarreicas, desnutrición y otras. Existe también algunas instituciones que trabajan en salud como las ONGs: Kolping, Adra Ofasa Caproda y Cáritas.

### **2.7.4.3 Servicio de Electricidad**

El servicio de electricidad constituye un parámetro muy importante que permite medir el nivel o la calidad de vida de la población, por lo que es importante conocer el grado de implementación de este servicio que llega al 95% de viviendas en zonas urbanas en tanto que en el sector rural este servicio llega únicamente al 23% de viviendas.

### **2.7.4.4 Índice de Desarrollo Humano**

Las poblaciones urbanas que se encuentran en el valle del Colca, podemos manifestar que presentan tres zonas geográficas diferenciadas que guardan relación por su pobreza, deterioro ambiental, económico y social.

La primera zona se relaciona con la producción ganadera que ocupa alrededor del 60 % del territorio de la sub cuenca del Colca y se dedican casi exclusivamente a la crianza de alpacas, llamas, ovinos y vacunos. El predominio de la alpaca se debe a la importancia económica de su fibra en el mercado externo y su carne en el mercado regional.

La segunda zona está referida a la producción agrícola, comprende toda la extensión del valle del Colca, que se desarrolla casi exclusivamente bajo riego en terrazas o andenes, los sistemas de riego usualmente empleados son por surco o inundaciones según el tipo de cultivo y el terreno, los agricultores de la zona están condicionados debido a la escasez de agua, a producir una cosecha anual.

La tercera zona está relacionada con el desarrollo urbano turístico, constituida fundamentalmente por población inmigrante de las ciudades, como Arequipa, Cusco, Lima y otras, que vienen cobrando un auge impresionante, por la creación de diversos servicios, como hoteles y restaurantes, así como la demanda por artesanías y otros productos que pueden generar una economía dinámica importante.

## **CAPITULO 3**

### **MARCO FISIAGRÁFICO, GEOMORFOLÓGICO Y GEOLOGICO**

La zona de estudio, debe sus orígenes a una gran cuenca de sedimentación, la misma que ha tenido diversos eventos fisiográficos, geomorfológicos y geológicos, como consecuencia de ello. La deposición de sedimentos de facies marinas y continentales así como procesos orogénicos y epirogénicos.

Las rocas que se presentan en la sub cuenca corresponden a sedimentarias, metamórficas e ígneas, intrusivas y extrusivas. Las rocas sedimentarias son del tipo areniscas, lutitas y calizas y niveles conglomerádicos, los que se hallan estratificados con materiales volcánicos. Las rocas metamórficas se presentan del tipo cuarcitas. Con relación a las rocas ígneas existen intrusivos de composición granítico del tipo batolítico y otros intrusivos menores como diques, stocks, etc. y rocas extrusivas volcánicas las que cubren a rocas de edad más antiguas.

#### **3.1 Cuenca Hidrográfica Colca – Majes – Camaná**

La Cuenca Colca – Majes – Camaná, está ubicada en la parte occidental de la Cordillera de Los Andes, y consecuentemente pertenece a la vertiente del Océano Pacífico. (Figura N° 04).

El río Colca junto con el río Molloco y otros afluentes menores forman el río Majes que desemboca en el Océano Pacífico con el nombre de Camaná, tiene su origen en las alturas del cerro Yanasalla, ubicados en la provincia de Caylloma del departamento de Arequipa, a una altura de 4886msnm, en el límite con el departamento de Puno. Alimentado su curso de agua primordialmente con las precipitaciones que caen en las alturas del flanco occidental de la Cordillera de los Andes. Su cuenca cuenta con un área total de drenaje de 11695.6km<sup>2</sup> y una longitud máxima de recorrido desde sus nacientes hasta la confluencia con el río Capiza de 299.1km, presentando una pendiente promedio de 1.18%.

En sus nacientes el río Colca tiene un curso divagante, recibe una serie de afluentes, siendo el mayor, el río Negrillo. Aguas abajo recibe las aguas del río Acopunco y a partir de esta confluencia cambia de rumbo y se dirige a Chivay, donde varía nuevamente de dirección, formando un importante valle agrícola entre los 3651msnm (Chivay) y los 2219msnm (Confluencia con el río Huaru Rumi). Concluye el valle agrícola y el Colca, forma un largo y profundo cañón, hasta confluir con el río Capiza, donde una vez cambia de rumbo y de nombre.

Esta parte de la cuenca, es de fondo profundo y quebrado y de fuertes pendientes encontrándose limitada por una cadena de cerros, que en dirección al Océano Pacífico, muestra un descenso sostenido y rápido de nivel de cumbres; presenta, en su parte inferior, cierto número de lagunas, entre las cuales debe mencionarse las de Arcata, Huisca Huisca, Mamacochoa, Chilacochoa, Sammaccota y Mucurca.

Los principales tributarios del río Colca son:

- Por la margen derecha: Antasalla, Blanquillo, Negrillo, Condoroma, Moqueruyo, Chalhuanca, Molloc, Andahua, Capiza, Río Grande y Puluvinas.
- Por la margen Izquierda: Callalli-Llapa, Hualca Hualca y Huambo.

El río Colca posee un régimen simple, con dos estaciones bien definidas, la de crecidas y la de estiaje. La primera se presenta durante los meses de enero a abril. Los afluentes provienen de los nevados Mismi, Orcopuna, Ampato, y Chila, proporcionan una alimentación regular al Colca. Estos nevados hacen sus aportes a través de los tributarios Molloco, y Mamacocha u Orcopampa. La segunda de mayo a diciembre en la que el periodo de precipitaciones pluviales disminuye considerablemente, y el agua que discurre por las quebradas es producto de los deshielos (nevados).

### **3.1.1 Análisis Pluviométrico**

En el análisis pluviométrico, el área fue dividida de acuerdo a sus altitudes, en dos sectores principales: El sector de la Sierra Alta cuyas altitudes van entre los 3000 y 3900msnm, y el sector Puna con altitudes que sobrepasan los 3900msnm.

A continuación se describe detalladamente cada uno de estos sectores.

#### **3.1.1.1 Sector Sierra Alta (3000 y 3900msnm)**

De las once estaciones meteorológicas con que cuenta este sector, se ha podido determinar el promedio de precipitación anual, el cual se encuentra entre 226.2mm en la localidad de Chachas a 3055msnm y 560mm en Sibayo a 3810msnm.

El periodo de lluvias es entre los meses de enero a marzo, la variación de precipitación depende de las estaciones, con promedios mensuales de: 62.3mm en Chachas, 198.4mm en Machahuay, 85.6mm en Madrigal, 106.4mm en Cabanaconde, 177mm en Huambo, 235.5mm en Yanque, 120mm en Andahua, 90mm en Chivay, 113.7mm en La Calera, 102.6mm en Orcopampa y 119.9mm en Sibayo. El periodo seco ocurre entre junio y julio con promedios de 0.1 a 1.5mm mensuales, en la localidad de Madrigal se registró una de las precipitaciones mas altas en marzo de 1968 que alcanzó un valor mensual de 329.4mm.

Los años más lluviosos fueron 1954 (Yanque), 1967 (Chachas), 1963 (Orcopampa), 1972 (Machahuay), 1986 (Cabanaconde), siendo el mayor el registrado en Orcopampa con 871mm anuales.

Los años más secos se registraron en 1978 (Machahuay), 1983 (Chivay, Madrigal) y 1992 (Orcopampa), siendo el de menor registro el de 1978 en Machahuay con 60.4mm anuales (SENAMHI, 1994).

### **3.1.1.2 Sector de Puna (Sobre los 3900msnm)**

El promedio anual de precipitaciones pluviales varía entre 480.9mm en la Hacienda Morocaque a 926.1mm en Huinco y en la Estación de Pulhuay 632mm.

Durante los meses de diciembre a marzo se registra las mayores precipitaciones, obteniéndose los promedios mensuales más altos en Huinco con 159.1mm, representando el 69% de la precipitación total anual. El valor máximo mensual se registró en Pulhuay en marzo de 1973 con 571mm. Los meses de menor precipitación se registran en junio, julio y agosto.

El año de mayor precipitación se registró en Huinco en 1967, llegando a 1452.2mm. El año más seco ocurrió en 1983, registrando 164.4 mm en Pulhuay y 230.7mm en Crucero Alto. También se registraron años moderadamente secos en 1965 (Pulpera), 1969 (Tisco) y 1971 (Pañe y Morocaque), (SENAMHI, 1994).

Con la información de estaciones pluviométricas y climatológicas Cuadro N° 09 distribuidas en toda la cuenca se han obtenido los valores de precipitación total anual, lográndose elaborar el mapa de isoyetas (Figura N° 05).

**Cuadro N° 09**  
**Característica de las Estaciones Pluviométricas y Precipitación Anual**

Orden	Nombre	Tipo	Cuenca	Ubicación	Coordenadas		Altitud msnm.	Entidad	Precip. mm.
					Lat.	Long.			
1	Imata	CO	Quilca	Areq/Cayll	15°50'	71°05'	4495	Senamhi	519.3
2	Sumbay	PLU	Quilca	Areq/Areq	15°59'	71°22'	4150	Senamhi	362.3
3	El Frayle	CO	Quilca	Areq/Areq	16°09'	71°11'	4015	Senamhi	308.9
4	Aguada Blanca	CO	Quilca	Areq/Areq	16°15'	71°20'	3725	Senamhi	306.5
5	Chiguata	PLU	Quilca	Areq/Areq	16°24.5'	71°24.7'	2964	Senamhi	156.3
6	La Pampilla	CP	Quilca	Areq/Areq	16°23.8'	71°31.3'	2410	Senamhi	62.7
7	Corpac	S	Quilca	Areq/Areq	16°21'	71°34'	2525	Corpac	74.6
8	Characato	CP	Quilca	Areq/Areq	16°28'	71°29'	2451	UNSA	172.6
9	Socabaya	PLU	Quilca	Areq/Areq	16°27.8'	71°31.5'	2335	Senamhi	68.3
10	Vítor	CO	Quilca	Areq/Areq	16°25'	71°49'	1552	Senamhi	17.3
11	La Joya	MAP	Quilca	Areq/Areq	16°44'	71°52'	1255	Senamhi	1.8
12	Las Salinas	PLU	La Salinas	Areq/Areq	16°18'	71°08'	4326	Senamhi	312.4
13	Pampa de Arrieros	PLU	Yura	Areq/Areq	16°04'	71°35'	3741	Senamhi	195.7
14	Huanca	PLU	Siguas	Areq/Areq	16°01.5'	71°52.6'	3080	Senamhi	118.1
15	Crucero Alto	PLU	Colca	Puno/Carab	15°46'	70°55'	4400	Senamhi	576.3
16	Morocaque	PLU	Camaná	Areq/Cayll	15°37'	71°03'	4450	Senamhi	570.4
17	El Pañe	CO	Camaná	Areq/Cayll	15°25'	71°04'	4524	Senamhi	709.8
18	Condorama	CO	Camaná	Areq/Cayll	15°23'	71°06'	4250	Senamhi	639.5
19	Porpera	PLU	Camaná	Areq/Cayll	15°21'	71°19'	4000	Senamhi	674.2
20	Tisco	PLU	Camaná	Areq/Cayll	15°21'	71°27'	4188	Senamhi	674.4
21	Sibayo	CO	Camaná	Areq/Cayll	15°29'	71°27'	3847	Senamhi	550.3
22	Callalli	PLU	Camaná	Areq/Cayll	15°30'	71°27'	3840	Senamhi	559
23	Pulpera	PLU	Camaná	Areq/Cayll	15°37'	71°25'	4042	Senamhi	591.1
24	Chivay	CO	Camaná	Areq/Cayll	15°38'	71°36'	3651	Senamhi	375.7
25	Yanque	PLU	Camaná	Areq/Cayll	15°39'	71°39'	3417	Senamhi	399.8
26	Madrigal	PLU	Camaná	Areq/Cayll	15°36'	71°48'	3262	Senamhi	334.3
27	Cabanaconde	CO	Camaná	Areq/Cayll	15°37'	71°59'	3230	Senamhi	372.8
28	Calera	PLU	Camaná	Areq/Cayll	15°16'	72°00'	4450	Senamhi	534
29	Huambo	PLU	Camaná	Areq/Cayll	15°44'	72°06'	3352	Senamhi	280.5
30	Choco	PLU	Camaná	Areq/Cast	15°34'	72°04'	2370	Senamhi	181.1
31	Pulhuay	PLU	Camaná	Areq/La Union	15°05'	72°26'	4600	Senamhi	649.6
32	Orcopampa	PLU	Camaná	Areq/Cast	15°16'	72°21'	3779	Senamhi	467.5
33	Chachas	PLU	Camaná	Areq/Cast	15°30'	72°16'	3150	Senamhi	234.4
34	Andagua	PLU	Camaná	Areq/Cast	15°30'	72°21'	3587	Senamhi	386.8
35	Ayo	PLU	Camaná	Areq/Cast	15°41'	72°16'	1965	Senamhi	83.6
36	Chuquibamba	CO	Camaná	Areq/Cond	15°50'	72°40'	2880	Senamhi	167.8
37	Pampacolca	CO	Camaná	Areq/Cond	15°43'	72°35'	3000	Senamhi	219.5
38	Machahuay	PLU	Camaná	Areq/Cast	15°39'	72°20'	3110	Senamhi	251.9
39	Pampa Majes	MAP	Camaná	Areq/Cayll	16°21'	72°10'	1440	Senamhi	6.6

40	Visuyo	CO	Apurimac	Areq/Cayll	15°24'	71°44'	4630	Senamhi	706.9
41	Angostura	CO	Apurimac	Areq/Cayll	15°11'	71°39'	4155	Senamhi	772.3
42	Caylloma	PLU	Apurimac	Areq/Cayll	15°11'	71°46'	4320	Senamhi	750.3
43	Pusa Pusa	PLU	Apurimac	Areq/Cayll	15°14'	71°39'	4190	Senamhi	742.3
44	Yanacancha	PLU	Apurimac	Areq/Cayll	15°17'	71°44'	4405	Senamhi	770.6
45	Hda. Aticata	PLU	L. Titicaca	Puno/Lampa	15°29'	70°58'	4350	Senamhi	791.7
46	Hda. Orduña	PLU	L. Titicaca	Puno/Lampa	15°26'	70°52'	4700	Senamhi	1040
47	Hda. Colini	PLU	L. Titicaca	Puno/Lampa	15°39'	70°53'	4380	Senamhi	728
48	Lagunillas	CO	L. Titicaca	Puno/Lampa	15°46'	70°40'	4200	Senamhi	657.9
49	Jarpaña	PLU	L. Titicaca	Puno/Lampa	15°31'	70°47'	4300	Senamhi	778.4
50	Pampa Huta	CO	L. Titicaca	Puno/Lampa	15°29'	70°41'	4350	Senamhi	768.8
51	Quillisani	PLU	L. Titicaca	Puno/Lampa	15°22'	70°46'	4850	Senamhi	836.8
52	Paratía	PLU	L. Titicaca	Puno/Lampa	15°27'	70°36'	4400	Senamhi	924.3
53	Santa Lucía	PLU	L. Titicaca	Puno/Lampa	15°42'	70°36'	4025	Senamhi	1055.3
54	Hda. Tordoya	PLU	Tambo	Moq/Sanch C.	15°57'	70°47'	4261	Senamhi	548.1
55	Ichuña	PLU	Tambo	Moq/Sanch C.	16°06'	70°32'	3756	Senamhi	546.6
56	Pachas	PLU	Tambo	Moq/Sanch C.	16°28'	70°43'	3328	Senamhi	251.6
57	Ubinas	CO	Tambo	Moq/Sanch C.	16°23'	70°51'	3370	Senamhi	304.8
58	Calacoa	PLU	Tambo	Moq/Sanch C.	16°44'	70°41'	3576	Senamhi	440.4
59	Coalaque	PLU	Tambo	Moq/Sanch C.	16°39'	71°01'	2283	Senamhi	86.6
60	Puquina	CO	Tambo	Moq/Sanch C.	16°37'	71°01'	3084	Senamhi	119.9
61	Omate	PLU	Tambo	Moq/Sanch C.	16°41'	70°58'	2185	Senamhi	84.3
62	Quinistaquillas	PLU	Tambo	Moq/Sanch C.	16°45'	70°53'	1765	Senamhi	55.6
63	Yanaquihua	PLU	Ocoña	Areq/Cond	15°46'	72°53'	3030	Senamhi	170.9
64	Acoypampa	CO	Ocoña	Areq/Cond	15°44'	72°46'	3950	Senamhi	213.1
65	Arma	CO	Ocoña	Areq/Cond	15°24'	72°40'	4270	Senamhi	318
66	Salamanca	PLU	Ocoña	Areq/Cond	15°30'	72°50'	3203	Senamhi	290.2
67	Cotahuasi	CO	Ocoña	Areq/La Union	15°13'	72°53'	2685	Senamhi	290
68	Tomapampa	PLU	Ocoña	Areq/La Union	15°10'	72°50'	2550	Senamhi	239.2
69	Puica	PLU	Ocoña	Areq/La Union	15°03'	72°41'	3700	Senamhi	486.6
70	Aplao	CO	Ocoña	Areq/Cast	16°05'	72°30'	510	Senamhi	4.9
71	Camaná	CO	Ocoña	Areq/Cama	15°50'	72°40'	40	Senamhi	11.4
72	Chichas	PLU	Ocoña	Areq/Cond	15°33'	72°55'	2320	Senamhi	143.4

Referencia: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2000)

### 3.2 Unidades Geomorfológicas

Geomorfológicamente el valle interandino del Colca, se encuentra ubicado en la Cordillera Occidental, que a su vez forma parte de la Cordillera de los Andes, constituyéndose en la unidad más elevada, presentando una orientación general NW-SE.

El valle del Colca ha sido sujeto de una serie de procesos que han modelado su fisiografía hasta llegar a formar su paisaje actual; los

diversos agentes geodinámicos han actuado ocasionando el desgaste y la modificación del valle del Colca a través de las diversas eras geológicas.

De acuerdo con las evidencias observadas en campo así como de las referencias obtenidas de trabajos anteriores geomorfológicamente al área de estudio se le ha dividido en las siguientes unidades (Figura N° 06).

### **3.2.1 Contrafuertes del Valle**

Comúnmente se le conoce como zonas de montaña, forman parte de la Cordillera Occidental de los Andes y se han originado como respuesta a las distintas fases del proceso de levantamiento andino.

Estas unidades geomorfológicas corresponden a remanentes de volcánicos antiguos que han sido sometidos por un fuerte proceso de erosión producto de la meteorización y el intemperismo (lluvias, fuerzas eólicas y glaciación), conllevando esto a la profundización de los cursos fluviales, dando como resultado profundos valles interandinos.

Conforman los flancos del valle y por su naturaleza volcánica presentan aredes abruptas con variaciones de pendiente, por lo que se les ha clasificado en dos subunidades.

#### **\* *Vertientes con moderada pendiente***

En esta subunidad se consideran a las áreas con pendientes menores a 30°, se localizan en la parte más alta del valle y en su mayoría han sido modeladas en rocas más blandas y uniformes (Volcánico Barroso). Por su cercanía con los nevados, además por la altura en la que se localizan muestran evidencias de actividad glaciaria (morrenas y taludes periglaciares) y algunos afloramientos rocosos.

#### **\* *Vertientes con fuerte pendiente***

Presentan pendientes de 30° a más y están constituidas tanto por roca como de sedimento parcialmente inconsolidados conformando escarpas de gran magnitud llegando incluso a la verticalidad, esto debido a la variación de litología (afloramiento del Tacaza) siendo ésta más dura que las zonas que presentan moderada pendiente; en las partes bajas se encuentran conformadas por detritos y conos de derrubios. No presenta actividad antrópica y las zonas más estables vienen a ser aquellas escarpas que muestran roca aflorante. Se les aprecia en cerros de elevaciones que van desde 3400 hasta 4000msnm.

### **3.2.2 Valle de erosión**

Es la zona de terraza de corte y relleno donde se han emplazado la mayoría de los pueblos y zonas de cultivo, este relleno es producto de la acumulación de aluviales antiguos que ocasionaron la formación de terrazas levantadas y disectadas, son superficies relativamente planas (horizontales a subhorizontales) con una pendiente de 2 a 3 grados.

Se han formado entre el Plioceno y el Holoceno por relleno de cauces fluviales, estos depósitos fueron total o parcialmente interrumpidos por efectos de deslizamientos o deyecciones magmáticas provenientes del aparato volcánico Hualca Hualca, produciéndose un lago e iniciándose un periodo de deposición de material tipo lacustre constituido por limo y arcillas, posteriormente este dique se rompió y comenzó una etapa de erosión dejando valles amplios formados por una prolongada acción erosiva que dio lugar a un potente relleno detrítico que al ser cortado posteriormente por los agentes erosivos en proceso de rejuvenecimiento formó valles colgados y dejó al descubierto terrazas elevadas.

Los valles de erosión están conformados por terrazas y andenerías y están ubicados a altitudes de 3200 a 3400msnm. En la actualidad estos suelos están afectados por deslizamientos y agrietamientos.

### **3.2.3 Cañón de erosión**

Corresponde al curso del río propiamente dicho, son fondos de valles estrechos y encajonados que se originan debido a la fuerte erosión y profundización de las corrientes fluviales sobre un relieve en proceso de levantamiento, presenta laderas escarpadas en forma de V.

El río Colca presenta en su recorrido tramos largos de fondos estrechos, labrados generalmente sobre roca volcánica. En esta parte de su recorrido el río no corta roca ígnea alguna y por lo tanto su cauce presenta un trazo rectilíneo y pierde las características de un cañón, aunque esto no haya impedido que el río posea siempre una fuerte gradiente que le da características de cauce torrentoso.

En el sector de Tuti el ancho varía de 200 a 300 metros, luego se angosta hasta un máximo de 50 metros y se profundiza (1000 metros) de manera espectacular a partir de Pinchollo.

El relleno del río se encuentra conformado por materiales aluviales y depósitos fluviales actuales, como conos aluviales, conos de escombros y flujos de lodo; en algunas áreas ocurren formas fluvioglaciares (morrenas) resultantes del deslizamiento de masas de escombros.

#### **3.2.4 Planicies Altas**

Es una superficie de extensión regional, caracterizada por su relieve de topografía moderada con altitudes comprendidas entre 4000 y 5000msnm, como el sector de Patapampa, cruzada por remanentes locales de erosión que sobresalen sobre el nivel general del terreno y algunas geoformas de origen volcánico.

#### **3.2.5 Nieves Perpetuas**

Esta unidad corresponde a altitudes por encima de los 5000msnm, con presencia de nieves perpetuas; comprende, en algunos casos con los volcánicos como el Ampato, Sabancaya y Hualca Hualca.

#### **3.2.6 Lagunas**

Se ha podido reconocer dos tipos de lagunas, clasificándolas por su ubicación y origen en: Lagunas Aluviales y Glaciares.

##### **3.2.6.1 Lagunas Aluviales**

Están consideradas las lagunas ubicadas a menos de 4700msnm, las encontramos entre Lari y Madrigal, ocupando terrenos inestables como son los deslizamientos, las más conocidas son: Jañanchihua, Pumayra y Lequempa, entre otras de menores dimensiones; su formación se debe principalmente a deslizamientos, represamientos y filtraciones de agua, que al saturar las capas de limos impermeabilizan la zona y de esta manera el agua es retenida;

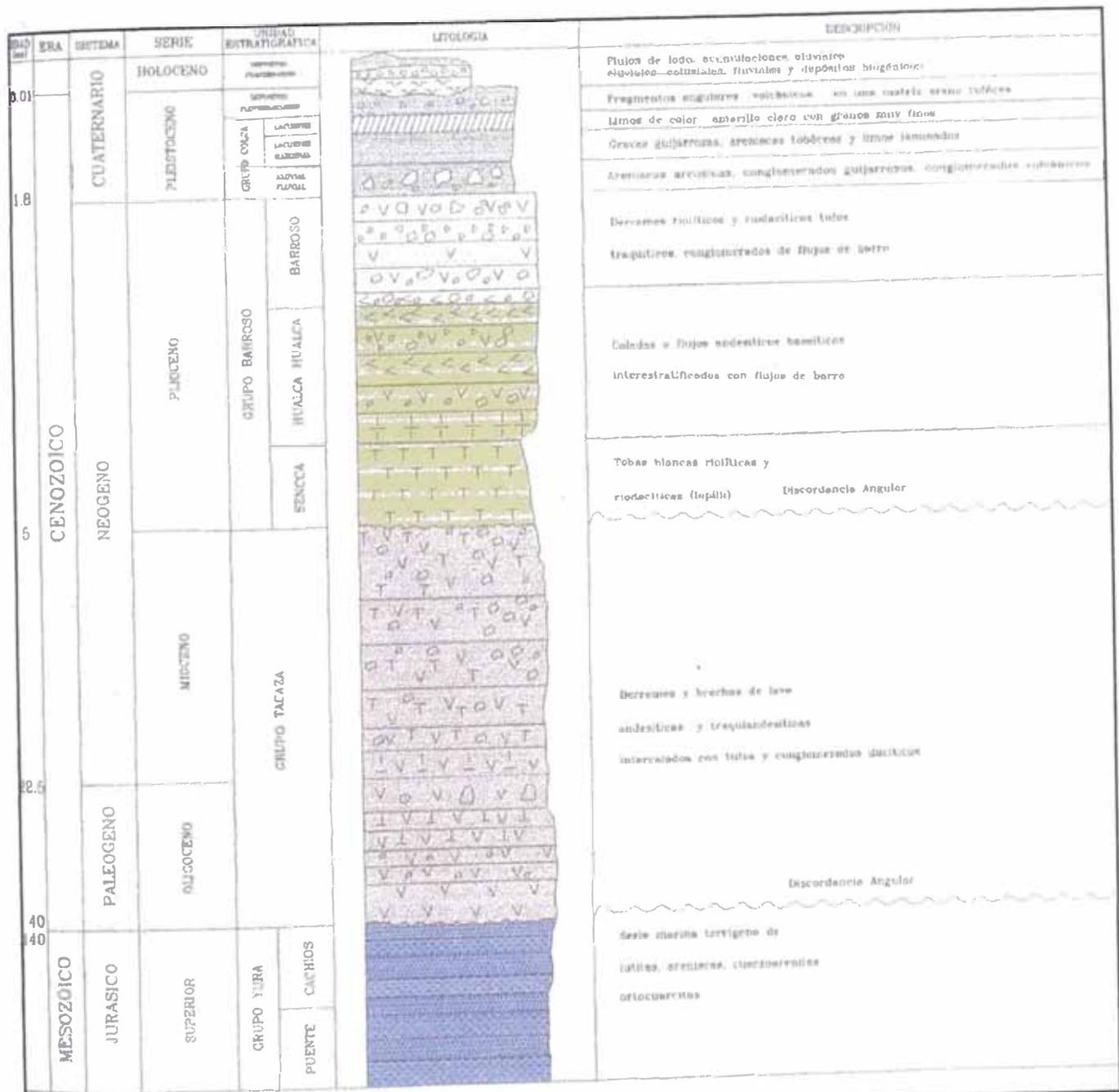
actualmente estas lagunas son utilizadas como reservorios naturales para irrigar los terrenos de cultivo.

### **3.2.6.2 Lagunas Glaciares**

Corresponden a este tipo de lagunas las que se encuentran ubicadas sobre los 4700msnm, las que han sido formadas por acción glaciaria sobre rocas volcánicas andesíticas, que fueron impermeabilizadas por arcillas y limos producidos por agentes meteóricos, de esta manera el agua es retenida. Estas lagunas son en su mayoría permanentes con escasos descensos de agua. Entre las más importantes tenemos las lagunas de: Ticllacocha y Jatuncocha, alimentadas por el nevado Quehuisha, a su vez estas lagunas alimentan el caudal del río Callumayo. En épocas de mayor precipitación pluvial se forman otras lagunas de carácter temporal y de menor importancia.

### **3.3 Estratigrafía**

La zona presenta una litología variada con edades que van del Jurásico Superior al reciente, se reconoció como rocas más antiguas las cuarcitas, areniscas y lutitas carbonosas del Grupo Yura, éstas afloran en los flancos del cauce del río Colca principalmente; yacen en discordancia angular a la serie volcánica del Grupo Tacaza; sobreyaciendo a este grupo se encuentra la potente secuencia del Grupo Barroso consistente de andesitas y traquitas, fue dividido en tres unidades que son el Volcánico Chila, el Barroso y el Purpurini (MENDIVIL, 1965). La litología está dominada por brechas, tobas, lavas andesíticas, traquíticas, calizas silicificadas sin fósiles, fangolitas rojas, con ondulación laminada y areniscas de grano fino a grueso. Las fangolitas presentan una característica importante, cual es la presencia de fragmentos de calizas angulares, indicando poco transporte y la posibilidad de haber sido incorporadas con posterioridad al periodo de desecación de los lodos. Las tobas tienen carácter lapillítico con clastos de andesitas; algunas de estas tobas se encuentran bien estratificadas y silicificadas como en los alrededores de la mina Madrigal, producto de soluciones hidrotermales; las que también alteran los derrames lávicos en la zona de Coporaque (Figura N° 07).



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

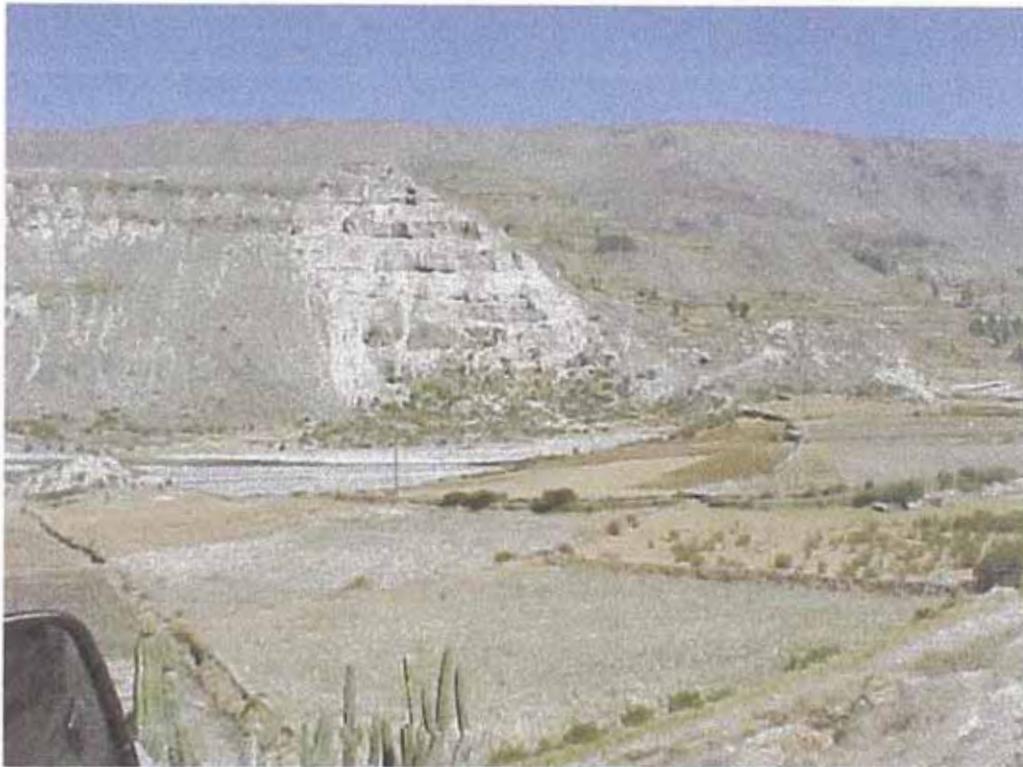
**SECCION DE POST - GRADO**  
 MAESTRIA EN MINERIA Y MEDIO AMBIENTE

**COLUMNA ESTRATIGRAFICA**

ELABORADO : A. A. M. L.	FIGURA N° 07
REFERENCIA : INGEMMET	FECHA : ABRIL - 2005

### 3.3.1 Grupo Yura

Es una serie sedimentaria marina que aflora como ventanas en los márgenes del río Colca (Foto N° 01), está compuesta por intercalaciones de areniscas blanquecinas, calizas, areniscas grises, limolitas, lutitas carbonosas y cuarcitas; conformando 5 divisiones litológicas: Puente, Cachios, Labra, Gramadal y Hualhuani.



*Foto N° 01: Serie Sedimentaria Marina en el sector denominado Socaro, donde se represó el río Colca.*

Aflora en un área pequeña en la parte W del pueblo de Maca y se encuentra cortada por el río Colca, se ubica sobre la ladera septentrional de los cerros Guañamarca y Antahuilque a 2 y 4Km del pueblo de Maca, los estratos presentan un rumbo NW y en algunos tramos EW, con buzamiento al sur. Estas rocas se presentan en forma aislada en los cerros Jatun Chillasencca, Acco y Punco, situados en la parte Oeste de Madrigal.

La litología aflorante del Grupo Yura en la zona de estudio corresponde a los miembros: Puente, que consiste de arenisca cuarcitas gris parduscas

interestratificadas con lutitas y Cachios que son areniscas y limolitas intercaladas con areniscas ferruginosas.

Topográficamente estos afloramientos forman parte de las empinadas laderas que se encuentran a manera de ventanas estratigráficas, las que han sido descubiertas por la acción erosiva del río y se encuentran localizadas en las márgenes.

### **3.3.2 Grupo Tacaza**

Los principales afloramientos de este grupo se encuentran en las quebradas de Tullucane y Cuchurane, en los cerros Ichocollo, Carhuane y Pallacalle, así como en ambas márgenes del río Sahuayto; estos afloramientos están caracterizados por presentar una topografía muy accidentada.

Serie volcánica que se manifiesta en forma de brechas y derrames (flujos) volcánicos, algunos niveles de tufos de naturaleza dacítica y una ocurrencia de manera local de conglomerados y areniscas en forma de lentes aislados.

La brecha volcánica es del tipo andesítico, generalmente se presenta en gruesos bancos entre 4 –10m. de potencia, en superficie intemperizada es de color gris y en superficie fresca verde azulino (Mena 1966).

Los clastos de la brecha van de decímetros a centímetros con diversas tonalidades de gris y su composición litológica es del tipo andesítico, la matriz que engloba la brecha es de grano fino de color verde opaco, en el que se observa aislados e irregulares cristales de plagioclasa de color blanco con biotita, hornblenda y piroxenos como minerales secundarios.

En algunas zonas las brechas se encuentran fracturadas por la pseudoestratificación que presentan, ciertas fracturas que atraviesan las brechas se hallan rellenas por venillas de calcita y yeso, lo que nos

evidencia que en algún momento el área estuvo sometida a un ambiente desértico, con posterior cristalización y formación de sales.

Las brechas se encuentran localizadas en el techo del grupo.

Los flujos son lavas de naturaleza andesítica a traquiandesítica de color gris a gris oscuro (violeta) con augita porfirítica.

Los niveles de tufos (ceniza) son de naturaleza dacítica y presentan un tamaño de grano fino a medio.

Las areniscas se presentan localmente a manera de lentes aislados que posiblemente sean del Grupo Yura que han sido asimilados por el Tacaza durante su deposición.

La mayor actividad volcánica de los Andes Occidentales se habría producido en el Mioceno (Fase Incaica), emplazándose en el grupo como unas secuencias de marcada fase tensional en forma efusiva como intrusiva hipoabisal, muchos de ellos asociadas a soluciones mineralizadas.

Se presentan con un espesor de  $\pm 1200\text{m}$  y se le asigna una edad de  $21.6 \pm 0.8$  M.A. aproximadamente (INGEMMET, 1998).

### **3.3.3 Grupo Barroso**

El Grupo Barroso consiste en una serie erosionada de andesitas y traquitas, que provienen de conos volcánicos ubicados en la cordillera del Barroso y que fueron transportados por glaciación Pre-Pleistocénica, donde las tobas dominan sobre las lavas y los mantos presentan espesores de 20 a 30 metros.

Este vulcanismo calcoalcalino pertenece a la serie calcoalcalina próxima a la fosa, Cordillera Occidental (Lefevre, 1979).

Según sus características litoestratigráficas de abajo hacia arriba comprende el Volcánico Sencca, Volcánico Barroso y Volcánico Hualca – Hualca.

El Grupo Barroso, debido a su gran extensión y variedad litológica, permite distinguir dentro del grupo varias formaciones, miembros e inclusive centros litológicos particulares, los que varían desde lavas muy fluidas a viscosas; en nuestra zona de estudio tenemos: (INGEMMET, 1998)

### **3.3.3.1 Volcánico Sencca**

Comprende el piso del Grupo Barroso, son volcánicos de naturaleza piroclástica constituidos esencialmente por tufos lapillíticos, con estratificación de 10 – 20cm, de composición riolítica – dacítica, con fragmentos andesíticos, pómez y vidrio volcánico.

Macroscópicamente muestra una textura piroclástica vítrea con cristales de sanidina, plagioclasas, cuarzo y biotitas englobados en una pasta andesítica con pómez y vidrio volcánico.

Se presenta en un espesor de 300 metros.

Según dataciones tiene una edad de  $6.5 \pm 0.6$  M.A., sobreyace en discordancia erosional sobre el Tacaza.

### **3.3.3.2 Formación Puto Puto**

Presenta sus mejores características en el cerro Puto Puto al nornoreste de Madrigal; constituido mayormente por ignimbritas y brechas; también podemos encontrar otros afloramientos menores al oeste de Maca (Peña Blanca).

La potencia de esta formación se estima en 300m aproximadamente.

La base de la formación está caracterizada por una secuencia de tobas con matriz lapillítica y bloques de hasta 0.50m de diámetro; hacia el techo de la formación se observa ignimbritas estratificadas, las que muestran una clara gradación; finalmente éstas están cubiertas por una toba estratificada y lavas provenientes del centro Hualca Hualca. El origen del material de esta formación, posiblemente sea por colapso de una columna eruptiva Pliniana, con flujos de ceniza.

### **3.3.3.3 Volcánico Hualca Hualca**

Cuyos afloramientos más característicos se encuentran precisamente en los nevados Hualca Hualca y Mismi, considerados como estratos volcanes erosionados.

Está constituido por flujos volcánicos de composición riolita, pasando por una andesita augita porfirítica oscura hasta una andesita basáltica interestratificada con flujos de barro.

Las andesitas son de textura porfirítica de grano fino, con fenos de plagioclasa cálcica, con una matriz abundante máfica oscura, como secundarios contiene piroxenos y hornblendas.

Los basaltos son de textura porfirítica de grano fino, con escasos fenos de plagioclasa cálcica, con una matriz abundante máfica de piroxenos gris oscuro a negro, algunos de estos basaltos son de naturaleza afanítica.

El volcánico Hualca – Hualca se presenta en conos volcánicos, cúpulas y bancos horizontales, terminando en frentes de erosión escarpados con buena disyunción columnar formando acantilados.

El nevado aparentemente es un estrato volcánico erosionado. La naturaleza no vesicular de las lavas podrían considerarse como evidencia de la ausencia de volátiles disueltos, que podrían normalmente indicar una erupción explosiva.

Según dataciones radiométricas presenta una edad de  $0.9 \pm 0.25$  M.A.

#### **3.3.3.4 Formación Pata Pampa**

Se encuentra sobreyaciendo en discordancia angular al Grupo Tacaza.

Esta formación se relaciona con el volcánico Hualca Hualca, sobreyaciendo a esta formación y en discordancia erosional se encuentra la formación Sencca; fue muy afectada por los glaciales y posteriormente cubierta por morrenas, su espesor varía entre unos 350m al norte en Pata Pampa y 150m al sur del cerro Condori. Las tobas características de esta formación se encuentran bandeadas y soldadas, de coloraciones gris medio a gris oscuro.

El tipo de volcanismo es considerado como cataclísmico con alto contenido de gases, encontrándose poco material extraño posterior a la primera actividad eruptiva.

Presenta una edad de  $0.6 \pm 0.3$  M.A., que se correlaciona con la edad mínima de la base del Grupo Ampato.

#### **3.3.3.5 Volcánico Barroso**

Constituido por derrames riolíticos, riodacíticos y tufos de composición traquítica, conglomerados tufáceos blancos, flujos de barro con algunos bloques andesíticos tufáceos.

Los derrames riolíticos son de textura porfirítica de grano medio, con fenocristales semiorientados de sanidina, cuarzo, plagioclasa sódica, hornblenda y biotita, en una pasta gris blanca.

Las dacitas son de textura porfirítica de grano fino, con fenocristales de plagioclasa cálcica, menor proporción de sanidina, augita, hornblenda y biotita, en una pasta brillante gris rosáceo clara.

Los conglomerados son flujos de barro moderadamente compacto con clastos y bloques de hasta 5 metros de andesitas, con una potencia de 5 metros.

Presenta una edad de  $0.7 \pm 0.2$  M.A, se le correlaciona con el volcánico Sillapaca medio del Altiplano.

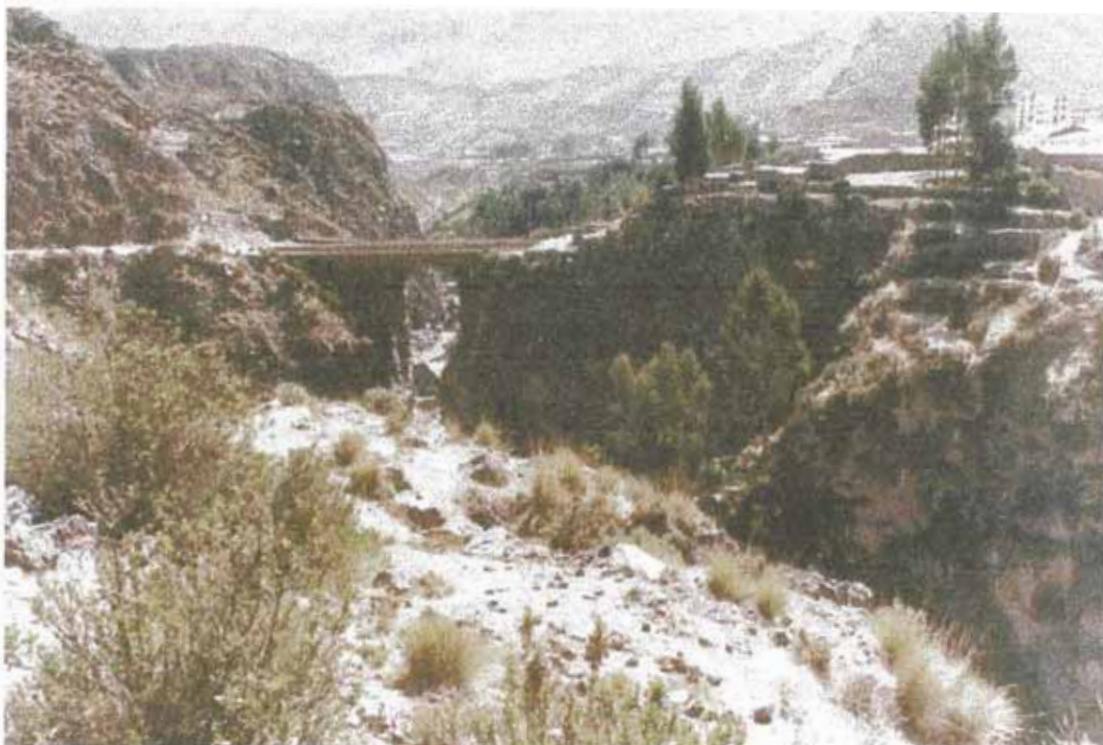
### **3.3.4 Grupo Ampato**

Reconocido en el nevado Ampato de donde deriva su nombre, su extensión es pequeña; compuesta por rocas volcánicas y volcanoclásticas. Se encuentra suprayaciendo en discordancia erosional al Grupo Barroso.

#### **3.3.4.1 Formación Inca**

La Formación Inca, deriva su nombre del puente "El Inca" en la localidad de Chivay, donde se ha formado una garganta angosta producida por el río Colca, exponiéndose buenas secciones.

La Formación aflora al norte de Chivay en el lado oeste del río Colca. Tiene un complejo de crestas y valles, lo cual es visible debido a la erosión de una serie de domos de andesitas endógenas y exógenas solapantes y fisuras (Foto N° 02).



*Foto N° 02: Puente del Inca, donde se ha formado una garganta angosta como consecuencia del cauce del Río Colca.*

Al Grupo Ampato se le asigna edad del terciario Pleistocénico.

### **3.3.5 Grupo Colca**

Está constituido por una serie de sedimentos lacustrinos y fluviales cuya denominación deriva del río Colca y ocupa el 80% del piso del valle del Colca, comprende una secuencia de limos, arcillas, lentes de arena fina y gravas, los bancos sedimentarios se encuentran muy poco interestratificados, los limos son de color gris amarillento y las arenas gris parduzco.

El Grupo está cubierto por lavas del Grupo Ampato centro Hualca Hualca.

La potencia máxima para el Grupo Colca se estima en 350 metros, pudiendo reconocerse 3 distintas facies en el Grupo las cuales siguiendo las terminologías de Link y Osborne (1978) se distinguen:

- Facie Aluvial – Fluvial
- Facie Lacustrina Marginal

- Lacustrina de Facie Abierta

Empezó su deposición aproximadamente hace 1.2 M.A. Finalizando ésta en una edad de aproximadamente de  $0.6 \pm 0.3$  M.A.

### 3.3.5.1 Facies Aluvial-Fluvial

Cuyas características se puede reconocer al sur del valle del Colca, se presentan en forma de cobertura con la presencia de algunos abanicos fluviales, principalmente en Pata Pampa y en la zona de Coporaque (Foto N° 03), compuesta litológicamente de arenisca arcósica, lentes de arenisca, conglomerados, guijarros con matriz arenosa y conglomerados de bloques volcánicos.



*Foto N° 03: Facies aluvial – fluvial en la zona de Coporaque.*

La presencia de lentes de areniscas se interpreta como que han sido depositados por ríos pequeños que atraviesan el abanico fluvial durante ciertos periodos del año.

### **3.3.5.2 Facies Lacustrina Marginal**

La Facie Lacustrina Marginal se desarrolla en la parte este de Maca, en el lado sur del valle del Colca. Se le reconoce por presentar intercalaciones a manera de dígitos con la facie fluvial; observable principalmente entre los pueblos de Achoma y Yanque.

Las litologías típicas son gravas guijarrosas, arenisco – tobáceas y limos laminados, los conglomerados guijarrosos en su mayoría está formada por material volcánico con clastos moderadamente bien redondeados en una matriz arenosa.

Las areniscas tobáceas son de tono oscuro debido al alto contenido de material volcánico de grano grueso, con estratificación cruzada planar, festoneada y con ondulaciones entrecruzadas.

El alto contenido de material volcánico, especialmente, los guijarros de pumita indican probablemente una fuente eruptiva sin sedimentarios (plegamiento durante la etapa de sedimentación por movimientos oscilatorios) muy cerrada.

### **3.3.5.3 Facie Lacustrina**

Litológicamente, la característica más importante de esta facie son los limos de color amarillo claro de grano muy fino. Presenta laminación a una escala de 4mm y muestra microondulación cruzada, deformación suave de sedimentos, pliegues volcados y sobrecorrimientos a pequeña escala entre los estratos. Estas capas ocupan la parte principal del afloramiento del Grupo Colca.

### **3.3.6 Diatomitas de Maca**

Es una serie organógena de 2 – 5 metros de potencia de diatomeas de color blanco grisáceo a blanco plomizo con algo de arcilla, se encuentra confinado a la Pampa Jatun Chijra, aquí se formó una pequeña cuenca lacustre producto de un segundo represamiento que tuvo lugar por acción de un deslizamiento de flujos de lodo proveniente de la quebrada Japo; no

existen evidencias de que esta cuenca de Maca haya tenido relaciones en tiempo y espacio con el Grupo Colca. Sin embargo, parece ser que el sustrato (depósitos fluvioglaciares) de la cuenca de Maca, sobreyace con discordancia erosional a los depósitos del Grupo Colca.

### **3.3.7 Depósitos clásticos recientes**

Agrupada una serie de depósitos: flujos de lodo, acumulaciones aluviales, eluviales, coluviales, etc. conformados por clastos de diferentes grosores. Estos materiales se han formado a consecuencia de la actividad geodinámica externa que viene modificando continuamente el terreno. Generalmente se encuentran rellenando depresiones.

### **3.3.8 Rocas Intrusivas**

Se han podido observar, afloramientos de rocas de composición diorítica, así como diques al norte y noroeste de Madrigal, principalmente felsíticos.

Fuera del área de estudio, al noroeste se observa intrusiones dioríticas y monzoníticas, intrusionando al volcánico Tacaza, esto lo observamos en la zona de Poscohuayco.

En la zona de Madrigal, se ha podido identificar una gran distribución de diques felsíticos, del tipo dacítico y riolítico; los que probablemente tendrían alguna relación o estarían controlando la mineralización de esta zona. En las terrazas de Lari y Madrigal se ha encontrado material erosionado proveniente de estos diques.

De acuerdo a ciertas características observadas, como son la intrusión de estas rocas en los volcánicos Tacaza, se le ha determinado una edad Terciaria superior.

Asimismo, los diques felsíticos, cuyos contactos son evidentes con los volcánicos Chila, se les ha determinado una edad Pliocénica – Pleistocénica.

### 3.4 Geología Estructural

Toda la zona de estudio estuvo sometida a un fuerte tectonismo regional, originado por el levantamiento andino donde se produjeron esfuerzos tensionales y compresionales, el Grupo Yura (unidad estratigráfica más antigua) antes de ser invadida por el vulcanismo, ya estaba plegado y fallado, constituyendo un relieve accidentado, en bloques monoclinales estructuralmente separados.

En términos generales se puede diferenciar tres tipos de deformación:

- Deformación de la secuencia sedimentaria Mesozoica, producto de movimientos compresivos en la formación de la Cordillera de los Andes,
- Deformación de la secuencia volcánica relacionada con la mineralización regional, y
- Deformación de la cobertura cuaternaria debido principalmente a procesos exógenos en el cuaternario.

#### 3.4.1 Deformación de la serie sedimentaria

La deformación de los depósitos sedimentarios se ha originado por esfuerzos compresivos durante la orogenia andina tanto del Plioceno como del Pleistoceno produciéndose plegamientos y fallamientos.

Esta deformación se manifiesta en las siguientes estructuras:

##### **\* Fallamientos**

No se ha encontrado evidencias de fallamientos que nos indiquen que la zona ha sido sometida a intensos esfuerzos en el pasado geológico, posiblemente debido a que han sido cubiertas por los sedimentos lacustrinos del Colca; pero al SW de Lari en la ribera del río se ha visto fallas normales en el Grupo Yura, que han formado pequeños grabens sobre los cuales se han depositado los materiales piroclásticos de la Formación Sencca.

Podemos mencionar a la Falla Laucana, que se encuentra localizada a la altura de Chivay y a las fallas Shiusha y Esperanza, con orientación NW – SE, ambas se encuentran localizadas a la altura de Madrigal.

#### **\* Plegamientos**

Este tipo de estructuras se nota en el afloramiento del Grupo Yura cerca del pueblo de Maca, donde se observa un suave plegamiento en forma de anticlinal abierto y sus estratos en forma general yacen con un rumbo entre 30° y 35° al NE y un buzamiento promedio no mayor del 15° al NW.

#### **\* Diaclasamiento**

Están asociadas a las deformaciones anteriores, tenemos todo un sistema de diaclasas que cruzan los planos de estratificación de las areniscas, estos sistemas de diaclasas se entrecruzan con dirección E-W, así como NW – SE y NE – SW aproximadamente.

Se ha podido observar un diaclasamiento vertical en las areniscas, producido por la incompetencia de estas rocas a los esfuerzos, estas diaclasas tienen un rumbo NE.

Las diaclasas difieren en tamaño, pueden tener desde centímetros hasta muchos metros a lo largo del rumbo.

### **3.4.2 Deformación de la Serie Volcánica**

Deformación que está relacionada con los procesos orogénicos, a consecuencia del levantamiento de la Cordillera de los Andes, como también con los procesos de mineralización del ámbito regional.

El intenso fracturamiento sufrido por las rocas andesíticas (Volcánico Tacaza) han generado la formación de bloques sueltos.

Las andesitas presentes en la zona han sido afectadas por una disyunción columnar, que se observa en los cortes de la carretera a Yanque, Achoma, Lari y Chivay.

### **3.4.3 Deformación de la cobertura cuaternaria**

En los depósitos aluviales, coluviales se presentan grietas y uniones relacionadas directamente con los deslizamientos que han ocurrido a lo largo del valle del Colca.

En los depósitos lacustrinos se ha visualizado algunos micropliegues que se desarrollan en los horizontes arcillosos y areno-arcillosos, los cuales se han plegado durante la etapa de sedimentación por movimientos oscilatorios, también se presentan estructuras de estratificación entrecruzada que afecta a horizontes limosos, arenas gruesas y horizontes de gravillas, algunos de los cuales presentan restos de diatomitas. Estas estructuras son producidas por efectos de movimientos de cambio de intensidad de corriente de deposición.

En la región desde que terminaron de depositarse los materiales lacustres, siempre ha estado en movimiento, habiendo ocurrido los más diversos tipos de inestabilidad de suelos tales como: deslizamientos, flujos plásticos, etc.

#### **\* *Deslizamientos***

Este proceso de remoción en masa, ocurre en el Valle del Colca, donde existen numerosas estructuras correspondientes a deslizamientos de terrenos antiguos y recientes. Ello se debe a diversos factores como: competencia litológica, porcentaje de fracturación, gradiente topográfica, erosión, nivel de humedad y por último la perturbación sísmica; factores que actúan de diferente medida.

Los deslizamientos de mayor envergadura que afectaron a la zona de estudio, son los que se presentaron en los sectores de Maca y Lari; ubicados en la margen izquierda y derecha del río Colca, los deslizamientos ocurridos han dejado inhabilitadas una gran cantidad de terrenos de cultivo.

### **\* Escarpas**

Estas estructuras se encuentran presentes a lo largo de casi todo el valle del Colca principalmente en los pueblos de Madrigal, Achoma, Lari y Maca.

En el sector de Maca las escarpas principales tienen una altura de 60 metros aproximadamente con escarpas secundarias a diferentes niveles. En el año de 1980 se produjo un deslizamiento importante al oeste del pueblo de Maca, formándose una escarpa de 25 metros de altura afectando la carretera a Cabanaconde.

En el pueblo de Lari las escarpas alcanzan una altura aproximada de 100 metros, con una longitud de 1 km. Estas escarpas en su mayoría están en un proceso de asentamiento.

### **\* Grietas**

Como producto de los deslizamientos producidos a lo largo del valle del Colca, se han formado grietas que atraviesan los terrenos afectados con una dirección general de E – W, con aberturas que llegan hasta el metro de ancho.

## **3.5 Geología Histórica**

La geología histórica del Valle del Colca se inicia en el Jurásico Superior con la sedimentación casi continua a lo largo del geosinclinal andino, dando lugar a una potente secuencia sedimentaria, periodo durante el cual se deposita el Grupo Yura, encontrándose en la zona de estudio.

Durante el Cretácico Superior los mares se retiraron de la región andina, ocasionando regresiones paulatinas y posteriormente se produjo el levantamiento de la secuencia sedimentaria (Grupo Yura), producto de la primera fase de la orogenia andina (Fase Peruana), por lo que se producen plegamientos y fallamientos, delineándose la Cordillera Occidental; al mismo tiempo se produce la deposición de sedimentos continentales (en Arequipa y Puno, Formación Huanca y Grupo Puno

respectivamente), ésta ocurrió entre el Paleoceno y el Eoceno entrando a la era Cenozoica.

En el Eoceno Medio se originan perturbaciones tectónicas evidenciadas por deformación compresional que culminan en el Eoceno Terminal (Fase Inca), a continuación se produce la primera peneplanización del área (posiblemente erosionando la Formación Huanca y parte del Grupo Yura), sobre la cual se registra la primera actividad volcánica que da lugar a la formación del Volcánico Tacaza (Volcanismo Andino) quien sufrió plegamiento y la fase de distensión del Mioceno Inferior, posteriormente se produce un nuevo levantamiento (Quechua 1) y se presenta una acción erosiva fuerte que genera una superficie de erosión, la que se conoce como la superficie Puna (Mioceno Medio).

Posteriormente materiales volcánicos cubrieron la "Superficie Puna", los Andes fueron levantados por la gran flexura epirogénica del límite Mioceno – Plioceno, a partir de este levantamiento distintas fases de erosión se desarrollaron en los Andes, cada una de las etapas sucesivas de evolución geomorfológica posterior a la superficie puna fue sellada por una formación volcánica distinta con tal resultado que el volcanismo Plio-Pleistoceno sigue el ritmo de las etapas de erosión de los Andes.

Después de la fase de levantamiento se produce un periodo de erosión que fue interrumpida por la fase volcánica de la Formación Maure rellenando las depresiones Tectónicas de la última fase andina (Plegamiento Plioceno) y sobre todo cuencas de erosión consecutivas al levantamiento general de los Andes.

La actividad volcánica de este periodo es esencialmente piroclástica, un magma muy fluido y muy cargado de gas emitió alternadamente piroclastos, correlacionables con el sillar de Arequipa.

El magma al salir por puntos de emisión aislados, el vulcanismo era piroclástico; mientras que cuando el magma salía por varios puntos de

emisión agrupados o por fisuras funcionando al mismo tiempo, el vulcanismo daba lugar a nubes pesadas que seguían la topografía, antes de compactarse por enfriamiento (Sillares).

El vulcanismo reciente o Plioceno – Pleistoceno se desarrolló en tres etapas: La etapa de la Formación Maure, que se puede interpretar como una fase volcánica que desorganizó e interrumpió la erosión en los Andes; una segunda etapa que consistió en la deposición del Sencca que fueron sillares emitidos durante una gran crisis climática de erosión en los Andes y de acumulación en el pie de monte, y finalmente una tercera etapa de actividad volcánica la cual descansa en discordancia erosional con el Sencca.

Durante el Pleistoceno la primera crisis climática es interrumpida por el volcánico Chila, luego se produce una segunda crisis climática que ocasiona la erosión de las cadenas emplazadas por el vulcanismo Chila las cuales fueron casi totalmente destruidas, dando lugar a los valles y cuencas del flanco disectado de los Andes a la deposición de los enormes flujos de lodo característicos de dicha crisis (Grupo Barroso).

En el Pleistoceno Medio se produce la deposición del Volcánico Barroso, el cual se depositó sobre el volcánico Chila casi totalmente destruidos por efecto de la segunda crisis climática, emplazándose una segunda generación de conos que dan lugar a los relieves actuales de la Cordillera Occidental.

En el Pleistoceno Superior una colada lávica del centro Ahuashune (Considerada del Grupo Ampato) represa el antiguo río Colca durante la cuarta crisis climática iniciándose así una sedimentación del tipo lacustrina (Grupo Colca).

La deposición de los sedimentos lacustrinos del Grupo Colca se inicia cerca de 1.1 M.A, coincidente con la actividad volcánica; estos sedimentos colmaron todo el valle desde Tuti hasta Pinchollo. Por otro

lado cuerpos volcánicos de la Formación Inca del Grupo Ampato datados con una edad aproximada de 0.28 M.A (Guevara 1984) intruyen al Grupo Colca lo cual le da un límite para la sedimentación terminal. Subsiguientemente a la deposición lacustrina, se produce una profundización del valle.

La actividad volcánica del Grupo Ampato continuó con derrames lávicos que provinieron del Volcán Sabancaya y del centro volcánico Ahuashune (pleistoceno Medio), seguidamente con los domos exógenos de Chivay (Pleistoceno Superior). Contemporáneamente a este vulcanismo localizado de extensión limitada a los centros de emisión, en la zona del valle fueron erosionados los sedimentos lacustres.

Hace 750,000 años, se inició la última e importante glaciación en los Andes. Esta dio lugar al máximo desarrollo de glaciares (Hualca Hualca), originándose lahares y flujos de escombros en los frentes de los glaciares que se deslizaron a través de las principales quebradas.

En las partes bajas y relativamente planas, se depositaron grandes cantidades de escombros, dando lugar a morrenas que represaron pequeñas lagunas (Maca). Estas micro cuencas fueron alimentadas por las aguas producto de la fusión de los glaciares en retroceso, en un contexto de intenso vulcanismo rico en sílice; dando lugar a una sedimentación notable de diatomeas en un ambiente lacustre y somero de aguas tranquilas, probablemente en el Pleistoceno Superior Holoceno.

En la actualidad la zona muestra una geodinámica muy activa, ocurriendo grandes deslizamientos en las márgenes del valle, por sobresaturación de agua y enormes masas de tierra (sedimentos lacustres) que van perdiendo estabilidad por las fuertes pendientes de las laderas del valle.

## **CAPITULO 4**

### **GEODINAMICA EXTERNA E INTERNA**

Entre los peligros naturales que afectan al valle del Colca, podemos mencionar los que corresponden a la geodinámica externa (geológicos) e interna (volcanes y sismos).

#### **4.1 Geodinámica Externa**

##### **4.1.1 Peligros Geológicos**

Del análisis realizado, podemos mencionar que entre los peligros geológicos se tiene los deslizamientos, derrumbes, desprendimiento de rocas, erosión de laderas, huaycos, erosión fluvial e inundaciones, desempeñan un rol en la evolución y desarrollo de las localidades que se encuentran en ambas márgenes del río Colca.

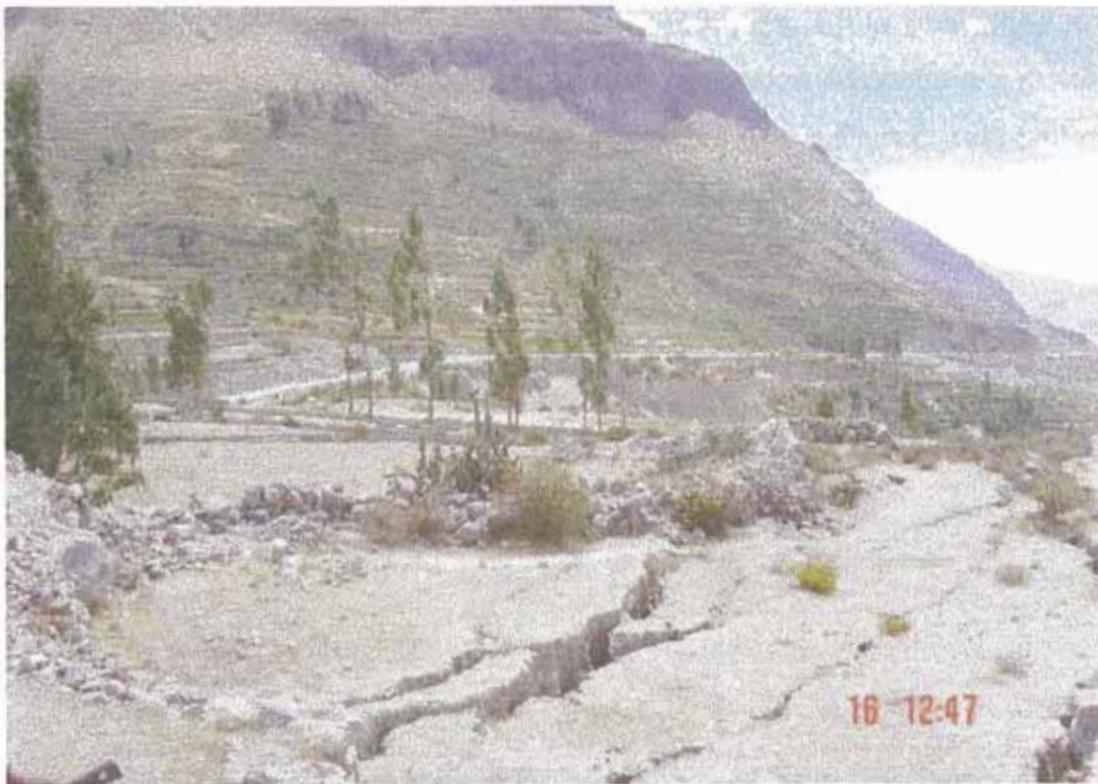
##### **4.1.1.1 Deslizamientos**

La zona de deslizamientos más activa, es la que se encuentra entre las localidades de Chivay y Pinchollo. Entre los factores que condicionan su ocurrencia podemos mencionar:

- Los suelos o formaciones superficiales, por ser incompetentes al estar constituidos por depósitos lacustres y proluviales.
- Es previsible que los deslizamientos sean más frecuentes en época de precipitaciones pluviales, como consecuencia de ello habrá filtraciones y aguas de riego.
- La acción erosiva del río Colca en el pie de ladera.
- La actividad sísmica débil a moderada que se presenta en la zona.
- La acción del hombre al provocar desequilibrios en el medio ambiente natural (construcción de vías y canales).

El 01 de febrero de 1984, se represó el río Colca en el sector de Aparaya, debido al socavamiento de depósitos lacustrinos y aluviales que se encuentran en la margen izquierda, afectando terrenos de cultivo aguas arriba, al romperse el dique arrasaron cultivos, viviendas y el puente colgante Lari-Maca. Se tiene indicios de otro represamiento ocurrido en 1980 en ese sector.

El deslizamiento que se presenta entre Maca-Chacaña es el más importante y activo, comprometiendo el sector de viviendas Noroeste de Maca, también afecta la carretera que une las localidades de Maca y Cabanaconde, pudiendo apreciarse saltos entre 30-40m, de igual manera en los terrenos de cultivo y andenería se observa grandes agrietamientos y desplazamiento de los suelos en dirección del río Colca (Foto N° 04).



*Foto N° 04: Agrietamientos y deslizamientos en la localidad de Maca.*

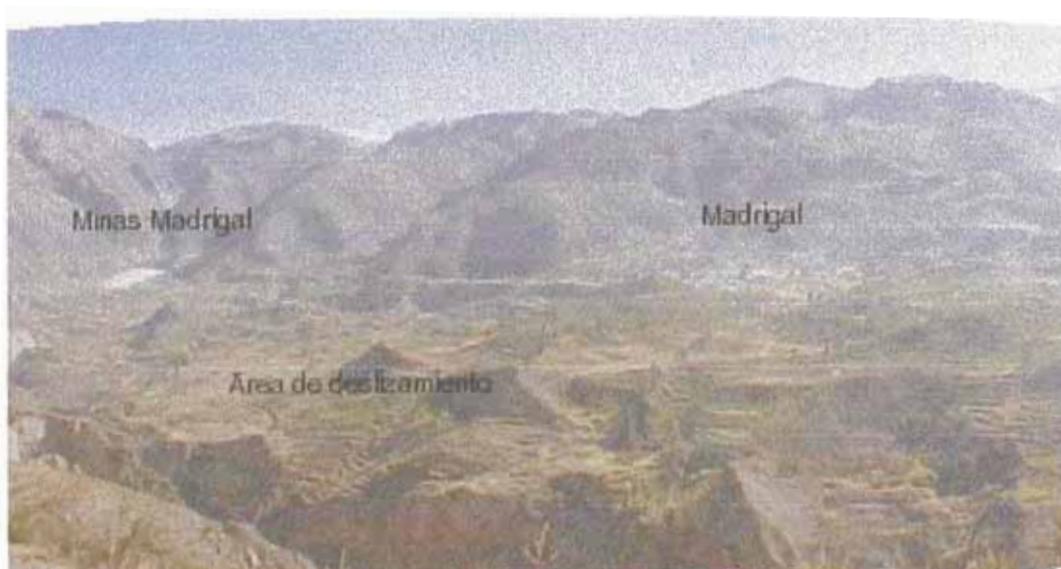
Deslizamiento del cerro Jatun Orjo, ubicado en la margen izquierda del río Colca, depósitos lacustres incompetentes debido a filtraciones y

socavamiento del río Colca pueden afectar terrenos de cultivo y parte de la carretera a Pinchollo.

En la margen izquierda del río Colca, en el sector de Malata, se presentan deslizamientos debido a las filtraciones en varios niveles, constituido por depósitos proluviales que afecta terrenos de cultivo pudiendo represar el río Colca.

El sismo del 23 de junio del 2001, activó el deslizamiento en el sector de Chopayo, tobas muy fracturadas, depósitos inconsolidados, bloques de roca suelta, afectan la carretera en el tramo Chivay-Yanque,

En el Sector de Madrigal se observa grandes deslizamientos reactivados por sectores (Foto N° 05). La presencia de depósitos lacustres inconsolidados, filtraciones y oconales, socavamiento del río Colca y mal uso del agua de regadío provocan estos fenómenos. En la actualidad los deslizamientos comprenden los puntos denominados Aycastuna, Kisho, Ñicña, Lanra, Pulluhuay, Oroya, Cataymallca, Ccarro y Piscco, que tienen una dimensión aproximada de 3Km de largo y 1Km de ancho. (Ocsa Bernardo, 2002).



**Foto N° 05:** Deslizamientos que se presentan entre la Localidad de Madrigal y la Mina Madrigal.

Deslizamiento de Yahuicho, afectó terrenos de cultivo en andenería, comprometiendo el tramo de la carretera Ichupampa-Lari, se ha efectuado reforestación en el deslizamiento antiguo aún continua esta inestabilidad (Foto N° 06).



*Foto N° 06: Deslizamiento de Yahuicho, que compromete el tramo de la carretera entre Ichupampa – Lari.*

En el Sector de Huacarpampa, fuertes precipitaciones pluviales que se presentan en época de verano pueden activar este fenómeno y provocar daños a la agricultura y un tramo de la carretera entre Ichupampa y Chivay. Los depósitos lacustres intercalados con materiales aluviales y proluviales, presentan salto de escarpa de deslizamiento alrededor de 15m.

#### **4.1.1.2 Derrumbes**

En el sector de la quebrada Cascaya, se producen derrumbes debido a la baja consistencia de los depósitos fluvio-lacustrinos y a la fuerte pendiente existente, afectando a los terrenos de cultivo.

Próximo a la localidad de Ichupampa se presentan derrumbes por la baja consistencia de los materiales, húmedos, filtraciones; fuerte talud; erosión de la margen derecha del río Colca, afectando terrenos de cultivo.

Derrumbes en el sector del río Pilcomayo afectan terrenos de cultivo.

En la (Foto N° 07) (Túnel Peña Blanca), se puede observar estos derrumbes debido al fracturamiento e incompetencia del material. Estos fenómenos se presentan en varios tramos de la carretera que une Chivay-Cabanaconde y Chivay-Madrigal. Derrumbes de grandes magnitudes se puede observar en la margen derecha del río Colca (Foto N° 08).



*Foto N° 07: Derrumbes en el sector del túnel Peña Blanca entre Maca y Pinchollo.*



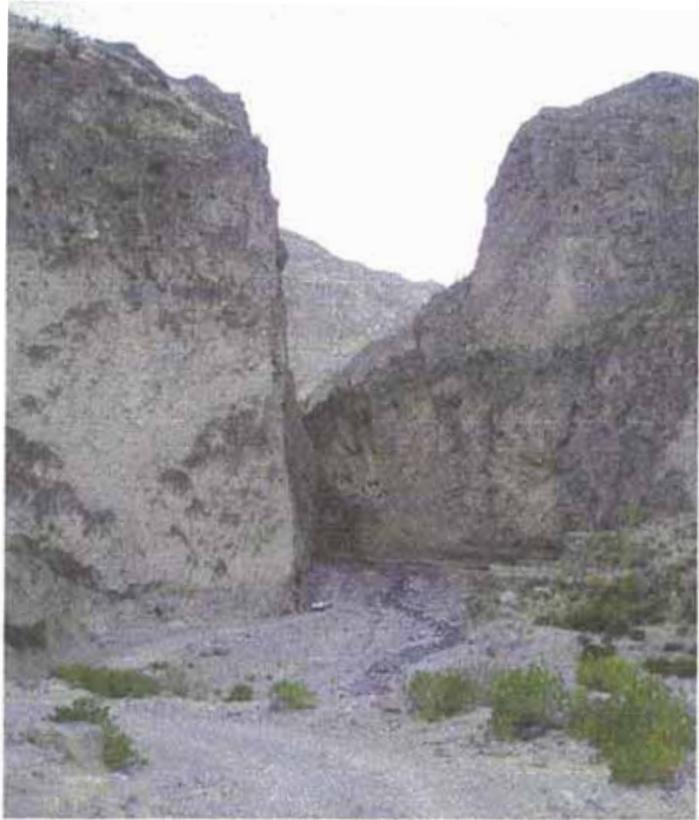
*Foto N° 08: Derrumbes recientes en la margen derecha de Río Colca localidad de Lari.*

En la zona arqueológica, sector las Colcas, se producen derrumbes, por que el material tobaceo se encuentra muy fracturado e inestable con la ocurrencia de sismos y fuertes precipitaciones (Foto N° 09).

En el tramo de Madrigal con el Centro Minero Madrigal, rocas muy fracturadas y depósitos inconsolidados inestables, en periodos de fuertes precipitaciones afectan esta zona (Foto N° 10).



*Foto N° 09: Zona Arqueológica Las Colcas.*

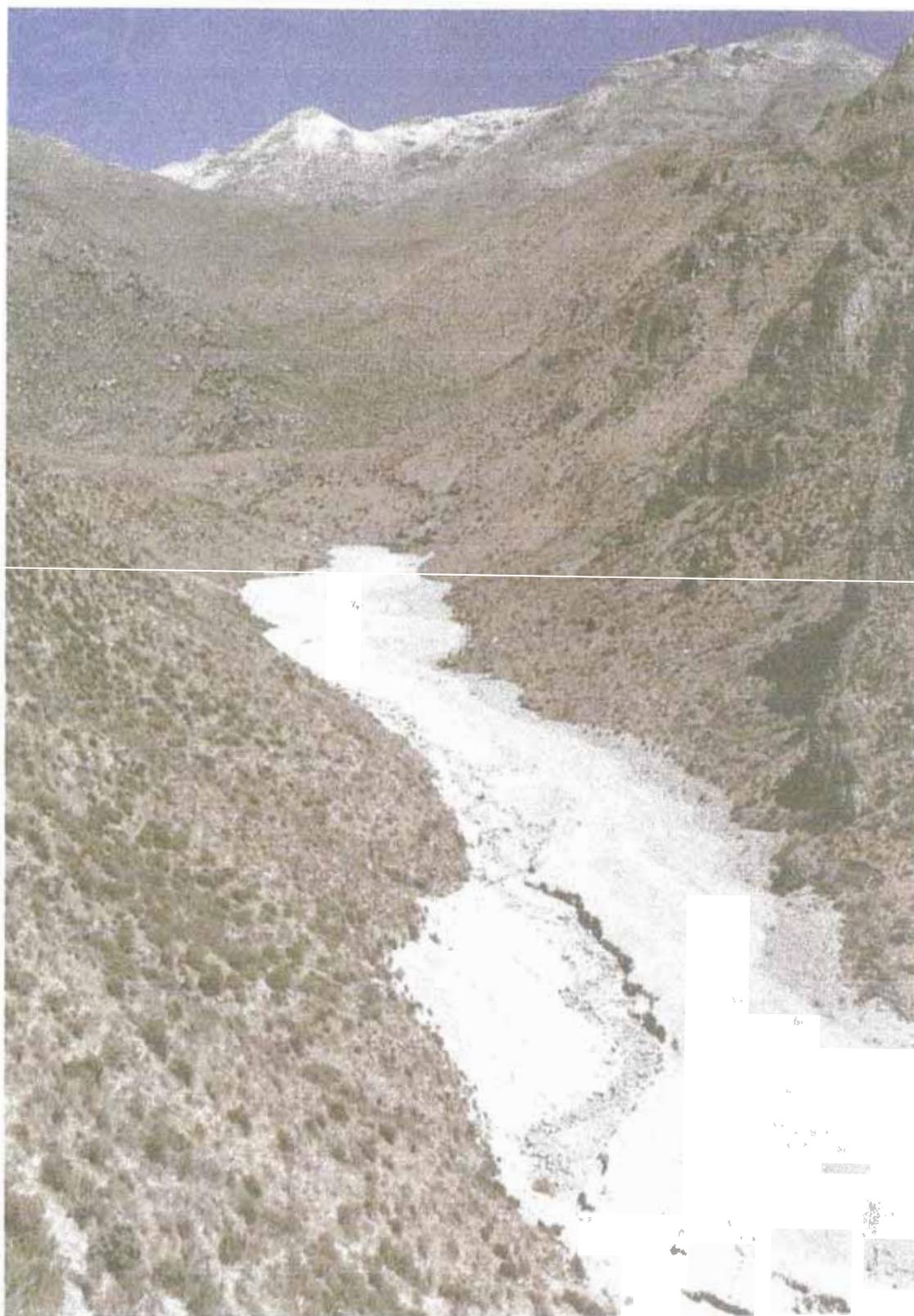


*Foto N° 10: Zona Inestable en la vía afirmada a la mina Madrigal.*

En la localidad de Ichupampa se presentan estos derrumbes debido a que los materiales presentan baja consistencia, humedad, filtraciones, fuerte talud, erosionando la margen derecha del río Colca, afectando terrenos de cultivo.

#### **4.1.1.3 Lahares**

Entre la quebrada Malata y la Quebrada Huayuray, el 11 de octubre de 1990 se presentó este fenómeno en el flanco Norte del Hualca-Hualca, afectando un sector del Canal N° 2 de la Irrigación de Majes en una extensión de 110m de la carretera que une Maca-Pinchollo (Foto N° 11) (Minaya 1990).



**Foto N° 11:** Lahar de pequeña magnitud que discurrió sobre la quebrada Huayuray (1991), con origen en el centro volcánico Hualca Hualca, dañando un sector del canal de irrigación Majes y carretera Maca Cabanaconde. (Ref. INGEMMET, 1997)

#### **4.1.1.4 Flujos de Barro**

En el valle agrícola del río Colca a ambas márgenes, entre Chivay y Pinchollo se producen ocasionales huaycos y flujos de barro.

En el sector de Peña Blanca y la quebrada Malata, los flujos de barro afectan la carretera que une Maca-Pinchollo así como terrenos de cultivo.

#### **4.1.1.5 Erosión de Riberas**

Este fenómeno se presenta en el sector de Chivay Madrigal, afectando terrenos de cultivo en andenería (Foto N° 12).



*Foto N°12: Erosión de riberas causadas por el Río Colca entre Chivay – Madrigal.*

#### **4.1.1.6 Caída de Rocas**

En el sector de Soccaro (Ichupampa-Lari) y entre Chivay Yanque, pueden afectar la carretera.

#### 4.1.1.7 Aluviones

Se ha podido reconocer antiguas geoformas de aluviones, así tenemos entre Chivay - Madrigal, en los ríos Pilcomayo, Callumayo, Putuco, Malata, Pina, Quebrada Sepina (Foto N° 13).



*Foto N° 13: Aluviones que se han podido observar en la Quebrada Sepina.*

## 4.2 Geodinámica Interna

### 4.2.1 Peligro Volcánico

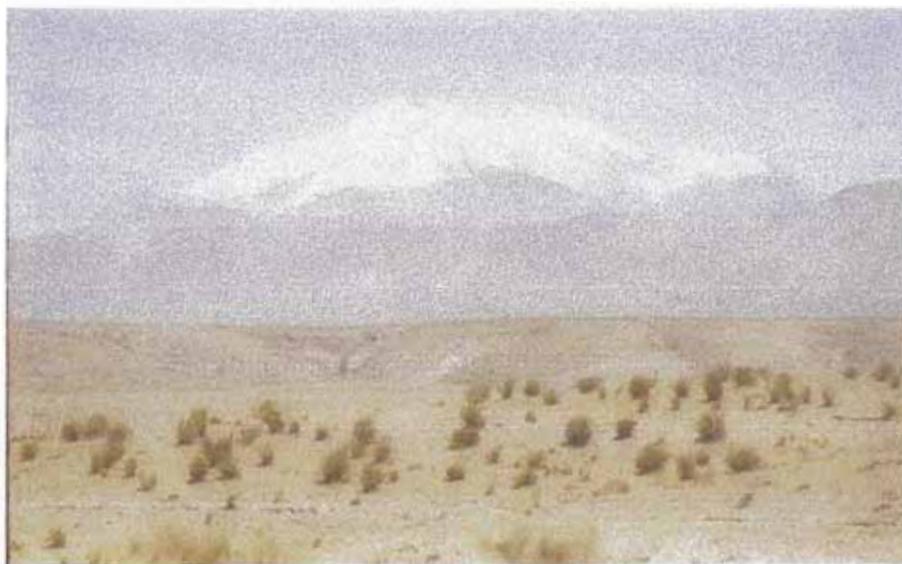
En el Perú la Cadena Volcánica está constituida aproximadamente por 12 volcanes activos (fumarólicos, latentes) y potencialmente activos emplazados durante el Pliocuaternario, así como numerosos centros

volcánicos erosionados emplazados antes del Plioceno y que en la actualidad no muestran actividad volcánica alguna (INGEMMET, 2002). La presencia de volcanes en esta región parece estar asociada con la geometría de la Placa de Nasca que subduce por debajo del Continente.

La actividad volcánica está referida al Complejo Volcánico Ampato, Sabancaya y Hualca Hualca.

#### **4.2.1.1 Volcán Nevado Ampato**

Está localizado en las coordenadas  $15^{\circ} 49'S$  y  $71^{\circ} 52'W$ , presenta una altitud de 6288msnm (Foto N° 14). Estructuralmente podemos decir que se trata de un estrato volcán andesítico, constituido por una sucesión de flujos de lavas relativamente delgados, cuya cumbre está cubierta por un casquete glaciario permanente. El edificio volcánico es surcado por quebradas y valles glaciares que descienden por los flancos Noroeste y Suroeste.



*Foto N°14: Vista Panorámica del Volcán Ampato.*

Entre 1784 hasta julio de 1785 se reporta que tuvo una actividad fumarólica (Morche y Fidel 1997; Guillande et al., 1992). Su última actividad se desarrolló sobre el domo Norte (probablemente durante el Holoceno). El Ampato presentó una actividad efusiva lávica anterior al volcán Sabancaya, expresada por la presencia de coladas de lavas

andesíticas que se prolongan debajo de las lavas del volcán Sabancaya. Durante el Holoceno presentó una erupción explosiva de tipo pliniana.

En la actualidad no muestra ningún tipo de actividad fumarólica o hidrotermal, INGEMMET 2002, lo considera como un volcán latente.

#### 4.2.1.2 Volcán Nevado Sabancaya

Se encuentra ubicado en las coordenadas  $17^{\circ} 47'S$  y  $71^{\circ} 32'W$  con una altura de 5795msnm (Foto N° 15). Es un estrato volcán andesítico de edad Holocénica reciente, este centro eruptivo se emplaza entre el Ampato y Hualca Hualca, el que está constituido por los domos Sabancaya – 1 Sur y Sabancaya – 2 Norte en donde se abre el cráter activo (Thouret et al., 1994; Thouret et al, 1995 a).



*Foto N° 15: Actividad volcánica del Volcán Sabancaya.*

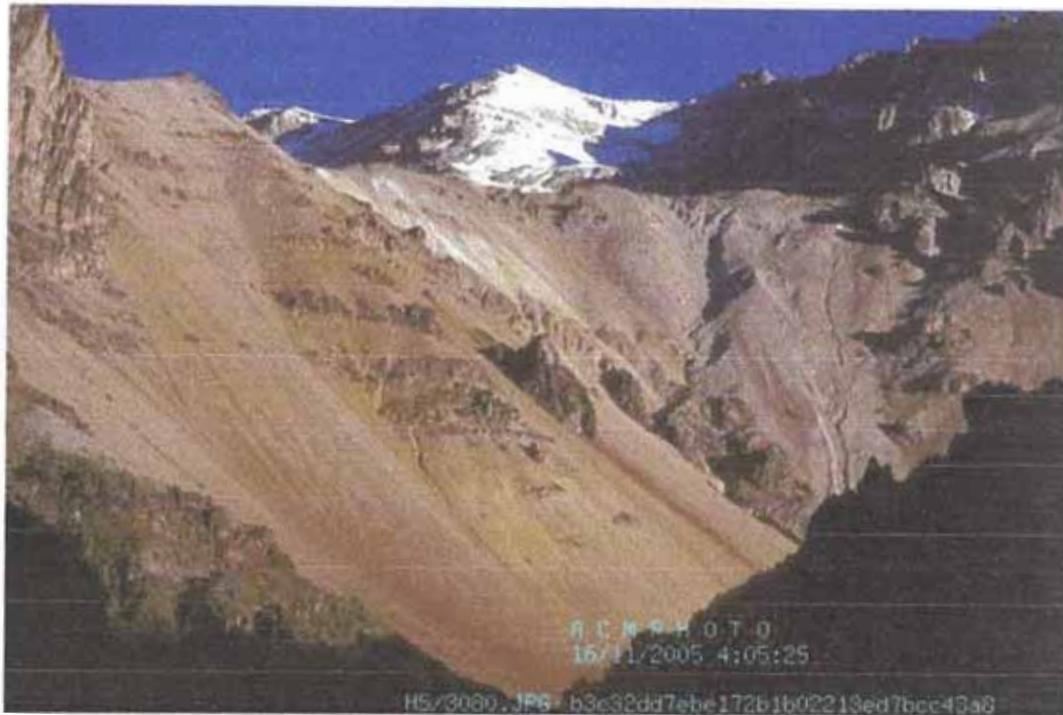
Su actividad eruptiva se remonta a los años 1750 y 1784-1785, desde entonces no se ha tenido noticia alguna del volcán; después de un periodo de aproximadamente 200 años de quietud el volcán entra en una etapa de reactivación en noviembre de 1986, distinguiéndose una primera fase eruptiva caracterizada por la frecuente emisión de fumarolas que

alcanzaron alturas de 3 y 5Km con diámetros de aproximadamente 700m, este proceso eruptivo duró hasta 1990, posteriormente pasa a una fase explosiva con la expulsión de cenizas, bloques pequeños de rocas y constante emisión fumarólica que llegaron a cubrir un área de 10km<sup>2</sup> (Huamán, 1995). A partir de 1993 la erupción del volcán Sabancaya decrece paulatinamente, llegando a presentar emisiones de fumarolas en forma esporádica, registrándose sismos de magnitudes pequeñas. Durante estos dos últimos años se han realizado visitas a la zona de estudio donde no se ha observado ninguna fumarola.

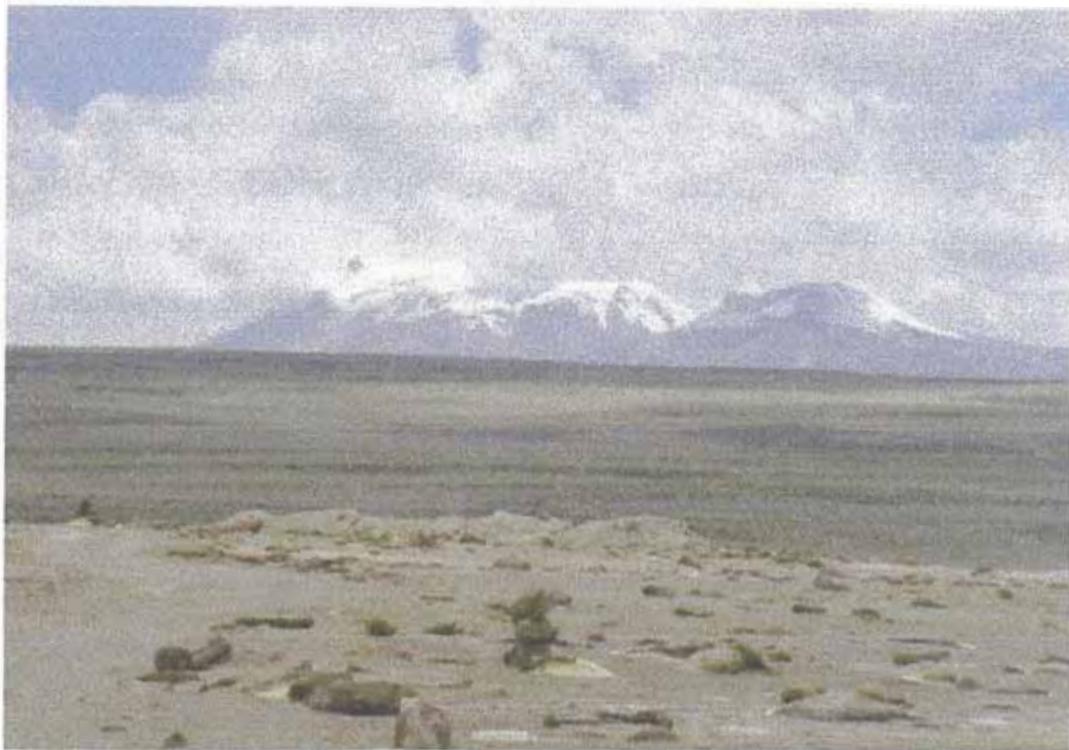
El Instituto Geofísico de la Universidad Nacional de San Agustín y el Instituto Geofísico del Perú, realizaron diferentes estudios de vigilancia sísmica durante periodos cortos de observación y cuyos resultados permitieron explicar el proceso evolutivo y sísmico del volcán.

#### **4.2.1.3 Volcán Nevado Hualca-Hualca**

Este volcán se ubica en las coordenadas 15° 42'30''S y 71° 51' 30''W, con una altitud de 6025msnm (Foto N° 16), es un estrato volcán andesítico que presenta una gran caldera de avalancha en forma de herradura en su flanco Norte (INGEMMET 2002). Durante la mayor parte del año su cumbre se encuentra cubierta de hielo y nieve, constituyendo el Complejo Volcánico Hualca-Hualca, Sabancaya y Ampato (Foto N° 17).



**Foto N° 16:** Vista del Volcán Hualca Hualca tomada de la Quebrada Huayuray.



**Foto N° 17:** Vista Panorámica de Sistema Volcánico Ampato, se observa los volcanes, Ampato, Sabancaya y Hualca Hualca, desde el sector de Patapampa.

#### **4.2.1.4 Análisis y Evaluación de la Actividad Sísmica –Volcánica**

Durante los años 1993 y 1995 el Instituto Geofísico del Perú instaló una Red Sísmica Telemétrica en donde se registró una variedad de señales sísmicas, asociadas al proceso eruptivo del volcán Sabancaya, las que fueron seleccionadas en relación a los procesos tectónicos, constituyéndose una base de 212 sismos circundantes en la región de nuestro estudio.

##### **4.2.1.4.1 Distribución Epicentral**

Con el objeto de efectuar un análisis de la distribución espacial de los sismos en la región del volcán Sabancaya, se vio por conveniente considerar dos grupos de sismos (Antayhua 2002).

##### ***Sismos del Grupo A.***

En esta distribución espacial se tiene 38 sismos, los que se distribuyen en el área denominada Pampa Sepina, sobre los lineamientos y fallas presentes en su extremo Norte pero sin mostrar un patrón definido. Asimismo, se observa un pequeño grupo de sismos que se distribuyen de manera muy dispersa al Sur del volcán Sabancaya sin tener una clara tendencia, se han registrado, también, 4 sismos que se ubican sobre el volcán Hualca Hualca (Figura N° 08).

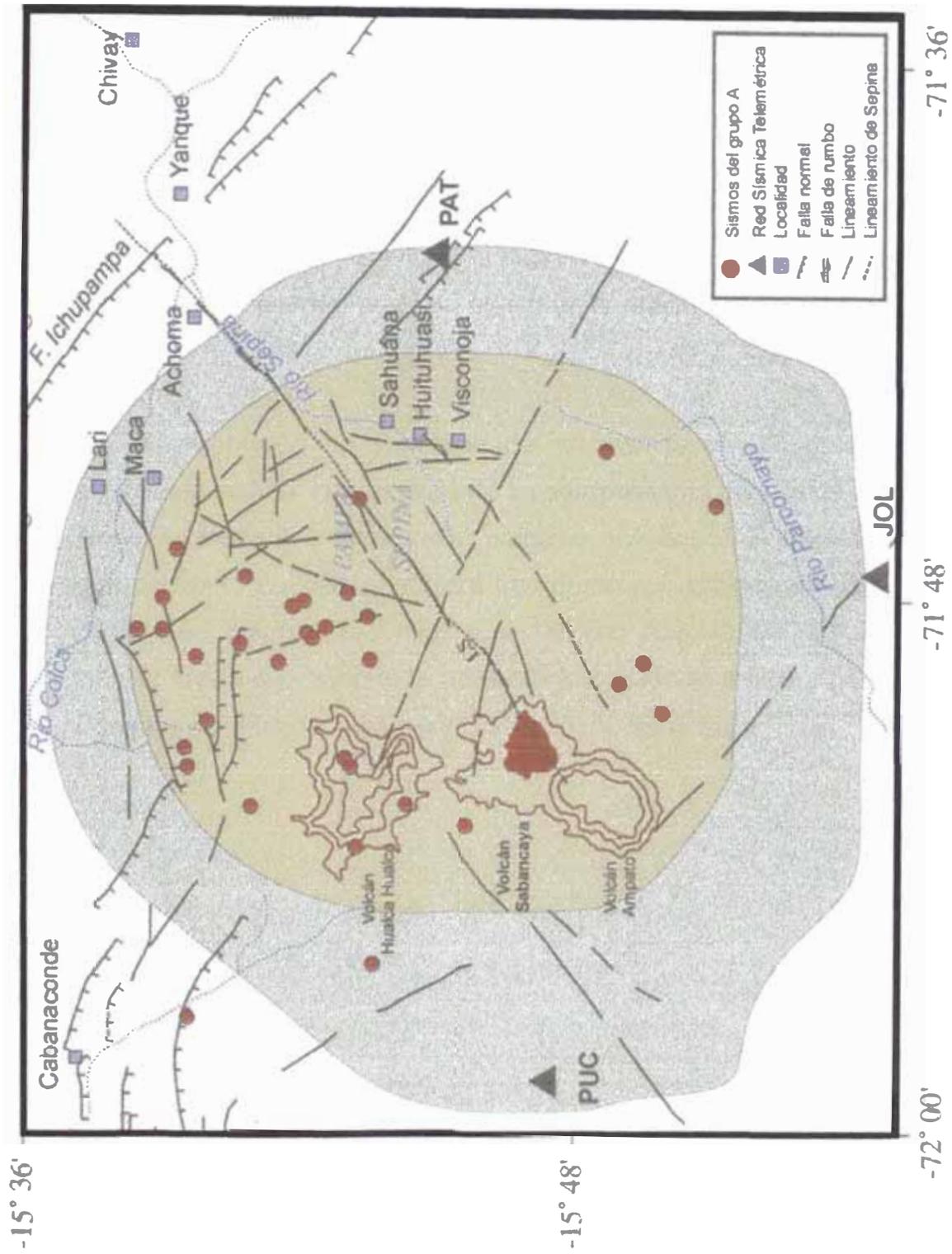


Figura N° 08: Distribución espacial de los sismos del grupo A ocurridos en la región del Volcán Sabancaya durante el periodo 1993 1995. LS = Lineamiento de Sepina.

### ***Sismos del Grupo B***

Corresponden a esta distribución epicentral 174 sismos. La mayor distribución sísmica corresponde al área de Pampa Sepina y el río Colca (áreas de color amarillo y verde). Los sismos se ubican sobre un lineamiento tectónico ubicado al Este del volcán Hualca Hualca con una aparente orientación en dirección Norte – Sur. Agrupamientos secundarios pueden observarse sobre otros lineamientos tectónicos, pero al ser menor el número de sismos no es posible correlacionarlos, debido a que fueron localizados fuera del área de cobertura de la Red Sísmica Telemétrica y próximo a la falla Ichupampa, se observa la presencia de un número importante de sismos distribuidos de manera paralela a las trazas de falla y que pueden tener su origen en la reactivación esporádica de la misma.

De la distribución en superficie de los sismos del Grupo A y B es importante señalar la presencia de un agrupamiento de sismos en la parte Norte de la Pampa Sepina con probable orientación Norte – Sur. Este agrupamiento de sismos sugiere que durante el periodo de operatividad de la Red Sísmica Telemétrica el extremo Noreste del volcán Hualca Hualca fue la que soportó la mayor deformación tectónica y no el volcán Sabancaya. (Minaya, Kosaka y Gonzáles, 1996) (Figura N° 09).

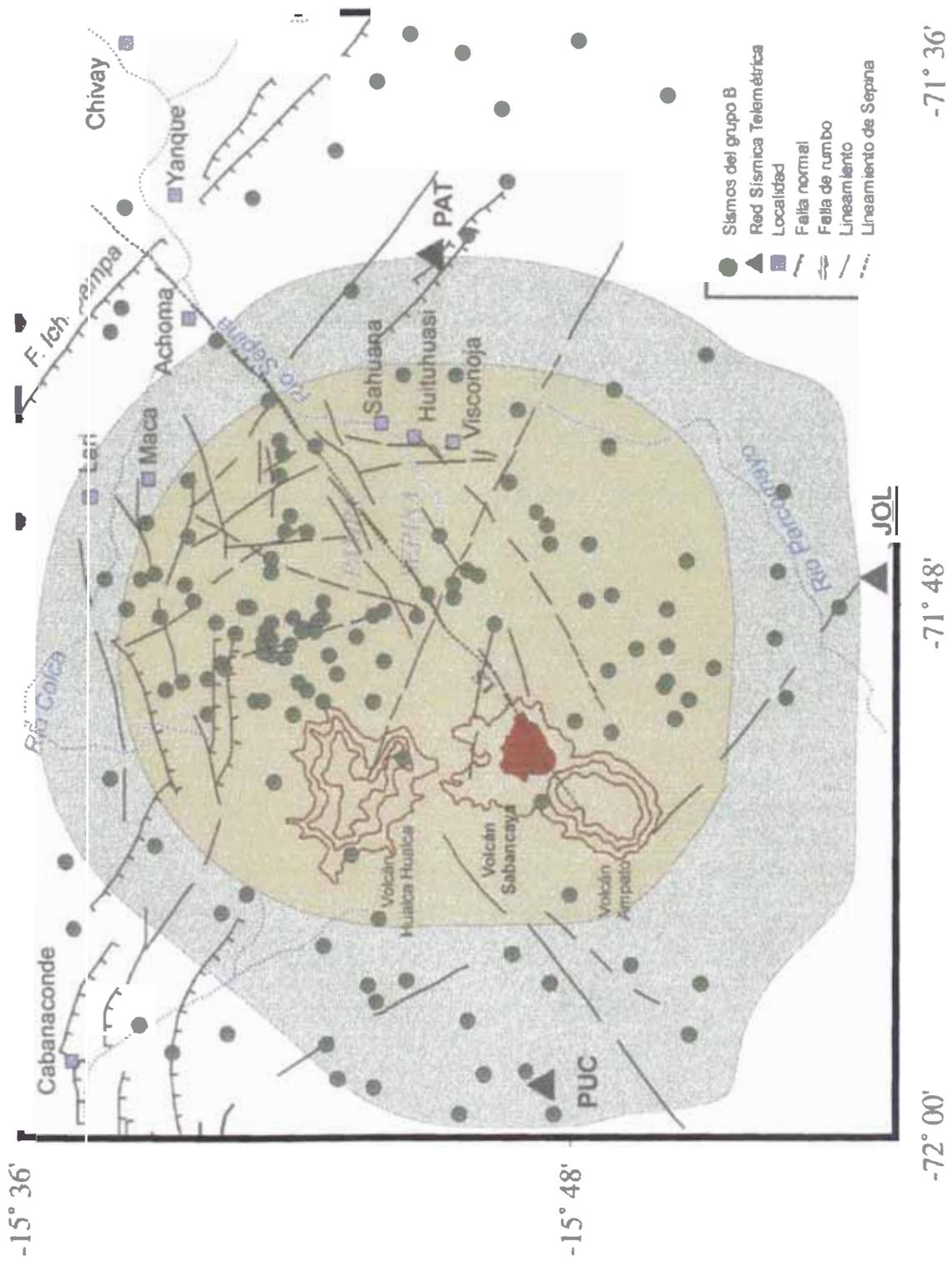
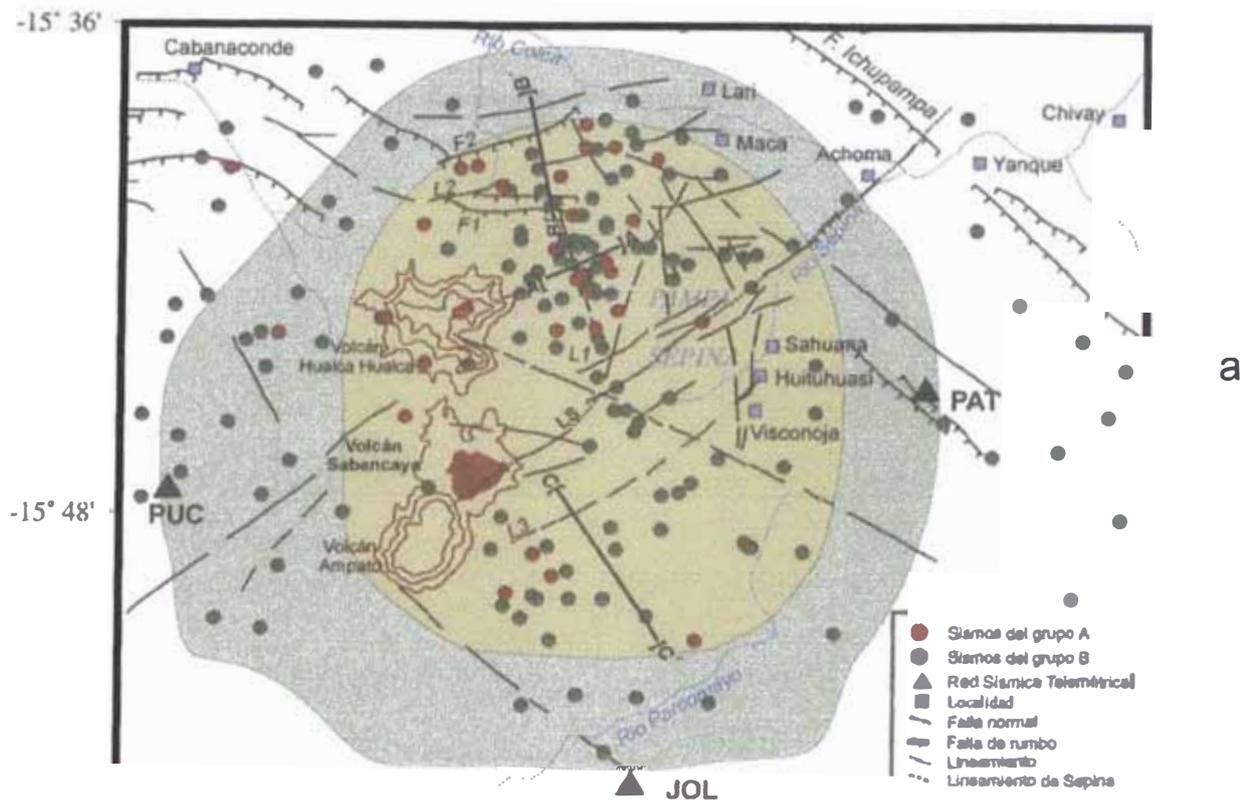


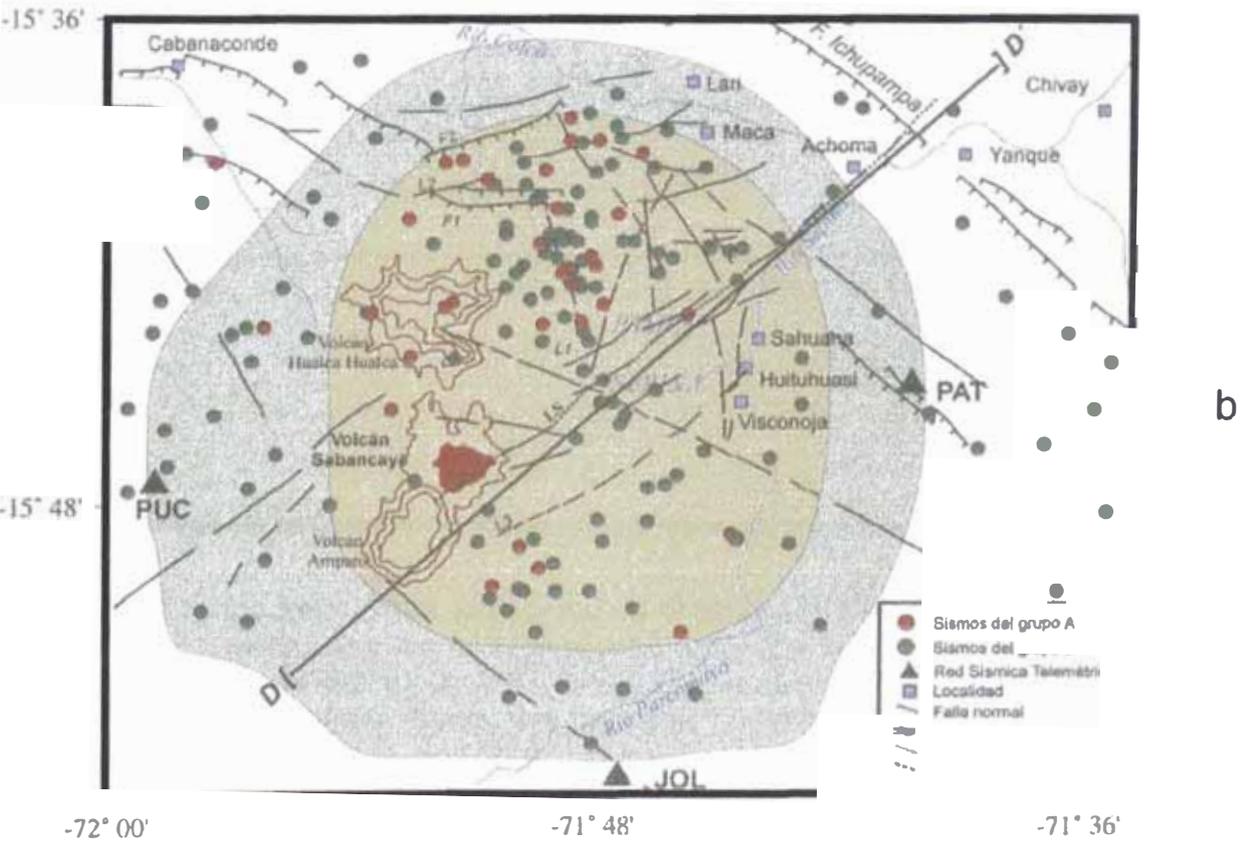
Figura N° 09: Distribución espacial de los sismos del grupo B sobre la región del Volcán Sabancaya durante el periodo 1993 1995.

#### **4.2.1.4.2 Distribución Hipocentral**

La distribución de la actividad sísmica en profundidad, ha sido elaborada a través de 4 secciones verticales sobre los lineamientos en donde se observa la presencia de agrupamientos importantes de sismos y otra paralela al río Sepina en dirección Noreste – Suroeste. En la figura N° 10 se muestra la distribución de la actividad sísmica en superficie, mientras que en la figura N° 11 las secciones verticales.

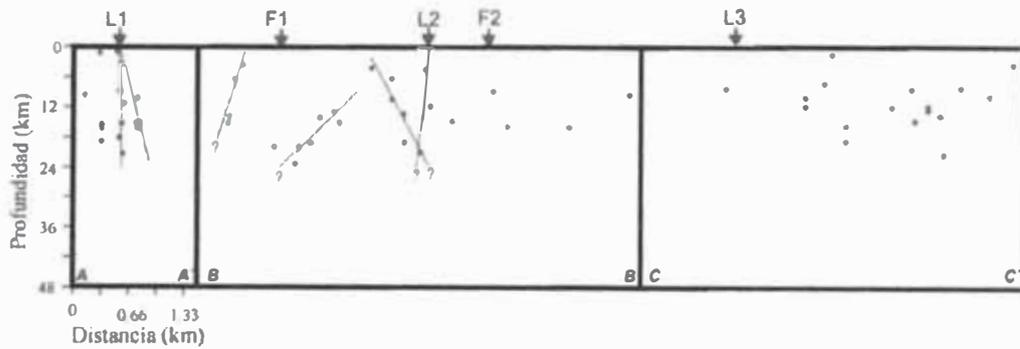


a

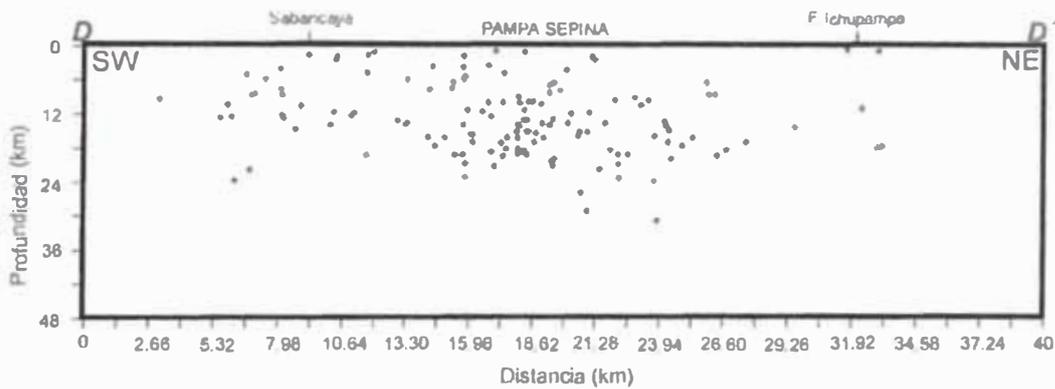


b

Figura N° 10: (a). Distribución de la actividad sísmica ocurrida en la región del Volcán Sabancaya durante el periodo 1993 1995. (b) Actividad sísmica ocurrida en la región del volcán Sabancaya durante el periodo 1993 1995.



a.



b.

Figura N° 11: (a) Secciones verticales de sismicidad según las direcciones indicadas en la figura 10a, L1 y 2 = lineamientos 1 y 2; F1 y 2 = fallas 1 y 2; A-A', B-B' y C-C' = dirección de las secciones verticales; otros, ver figura 8. (b) Sección vertical de la sismicidad según la dirección indicada en la figura (10b), otros, ver figura 8.

**Sección A - A'.** Esta sección considera el mayor agrupamiento de los sismos presentes en la parte Norte de la Pampa Sepina, que alcanzan una profundidad máxima de 20Km y forman, aparentemente, dos alineamientos uno vertical y otro con pendiente en dirección Noreste por debajo del lineamiento tectónico L1.

**Sección B – B'.** Según la sección, los sismos alcanzan una profundidad de 24km y se distribuyen formando hasta cuatro alineamientos aparentes por debajo de F1 y L2. Estas alineaciones sugieren la presencia de importantes fracturamientos, pero no guarda relación con los elementos tectónicos definidos en superficie.

**Sección C – C'.** La distribución de los sismos en profundidad en esta sección no sobrepasan los 24Km de profundidad y se distribuyen de manera dispersa al Sureste del lineamiento L3.

**Sección D – D'.** Esta sección nos muestra la distribución total de la actividad sísmica en profundidad llegando hasta los 24Km, el nivel de la actividad sísmica tiene una profundidad menor por debajo del volcán Sabancaya y la falla Ichupampa. Asimismo, se observa que la mayor concentración de sismos se ubica por debajo de la Pampa Sepina, considerando que en esta área se ha producido la mayor deformación tectónica.

El Instituto Geofísico de la Universidad Nacional de San Agustín, a partir de la información obtenida de una red de estaciones sismográficas, instaladas alrededor del volcán Sabancaya (Cabanaconde, Maca y Sallalli), entre los años 1990 y 1994, registró actividad sísmica y volcánica.

La actividad sísmica detectada, puede ser como consecuencia de varios factores; tales como procesos de desgasificación, desestabilización tectónica, fallas, intrusión magmática, etc., procesos que pueden estar ocasionando esfuerzos, y la liberación de energía a través de sismos.

#### 4.2.1.4.3 Principales Amenazas

El 23 de junio de 1990, se preparó un mapa de la amenaza potencial del volcán Sabancaya (Figura N° 12), donde se ha podido identificar las siguientes zonas de peligro:

##### a) Zona de Máximo Peligro (0 a 8km.):

**Proyectiles Balísticos:** Desde varios centímetros hasta metros de diámetro.

**Caída de Piroclastos:** Acumulándose espesores, de centímetros hasta decímetros.

**Flujos Piroclásticos:** Podría ser comprendido entre decenas de metros de espesor.

Todo flujo de piroclastos es acompañado por una nube donde el material es siempre de menor densidad y su avance es mayor.

**Flujos de Lava:** De algunos metros a unas decenas de metros de espesor los cuales se desplazarían preferentemente hacia el oriente y el occidente.

**Flujos de Escombros:** Hacia el oriente y occidente, en caso de destrucción parcial del edificio volcánico.

**Flujos de Lodo:** Principalmente hacia el Noroeste, Sureste y Sur si se tiene en cuenta las zonas de debilidad allí presentes. No se descarta la posibilidad de su ocurrencia hacia otras direcciones en proporciones menores.

##### b) Zona de Moderado Peligro (8 a 13Km):

**Caída de Piroclastos:** Acumulándose espesores de varios centímetros

**Flujos Piroclásticos:** Y su nube acompañante con alturas del orden de hasta decenas de metros.

## **4.2.2 Peligro Sísmico**

### **4.2.2.1 Principales Rasgos Tectónicos**

La actividad sísmica está directamente relacionada con la convergencia entre la Placa de Nasca y la Sudamericana. La primera de estas placas se desplaza hacia el Este con una velocidad de aproximadamente 8 cm/año (DeMets et al 1990) y la segunda hacia el Oeste con una velocidad de 4cm/año (Suárez et al 1982), y como resultado de esta interacción dio lugar al arrugamiento, levantamientos y fallamientos, todo este proceso fue acompañado con la ocurrencia continua de sismos de diversas magnitudes.

Los rasgos tectónicos superficiales más importantes son:

- La Fosa Oceánica Perú-Chile
- La Dorsal de Nasca
- La Cadena de los Andes
- Los diferentes Sistemas de Fallas distribuidos en el continente
- La Cadena Volcánica

### **4.2.2.2 Análisis y Evaluación de la Actividad Sísmica**

Para efectuar un análisis de la sismicidad, fue necesario considerar en la región de estudio dos periodos de información, el primer periodo a la sismicidad histórica (1471-1963) y la segunda al periodo instrumental desde el año 1964 a la fecha

#### **4.2.2.2.1 Sismicidad Histórica**

La información sobre la sismicidad histórica se remonta a la época de la conquista y ésta se encuentra esparcida en diferentes obras inéditas, manuscritos, crónicas e informes de gobernantes de aquellos años. En esta descripción de los sismos se ha utilizado como documentos básicos los trabajos de Polo (1904), Barriga (1939), Silgado (1978 y Dorbat et al, (1990).

Asimismo, para este periodo entre los años de 1471 a 1963, se han recopilado datos del Catálogo Histórico del Instituto Geofísico del Perú

(IGP), cuya fuente es el SISRA (Sismicidad de la Región Andina). Esta actividad sísmica a pesar de no estar completa y poseer una gran incertidumbre en cuanto a la ubicación de cada evento sísmico, proporcionó información valiosa referida a los eventos de grandes magnitudes, que sirvió de apoyo para una aproximación estadística útil en el desarrollo del presente estudio.

La Figura N° 13, muestra la localización de estos sismos

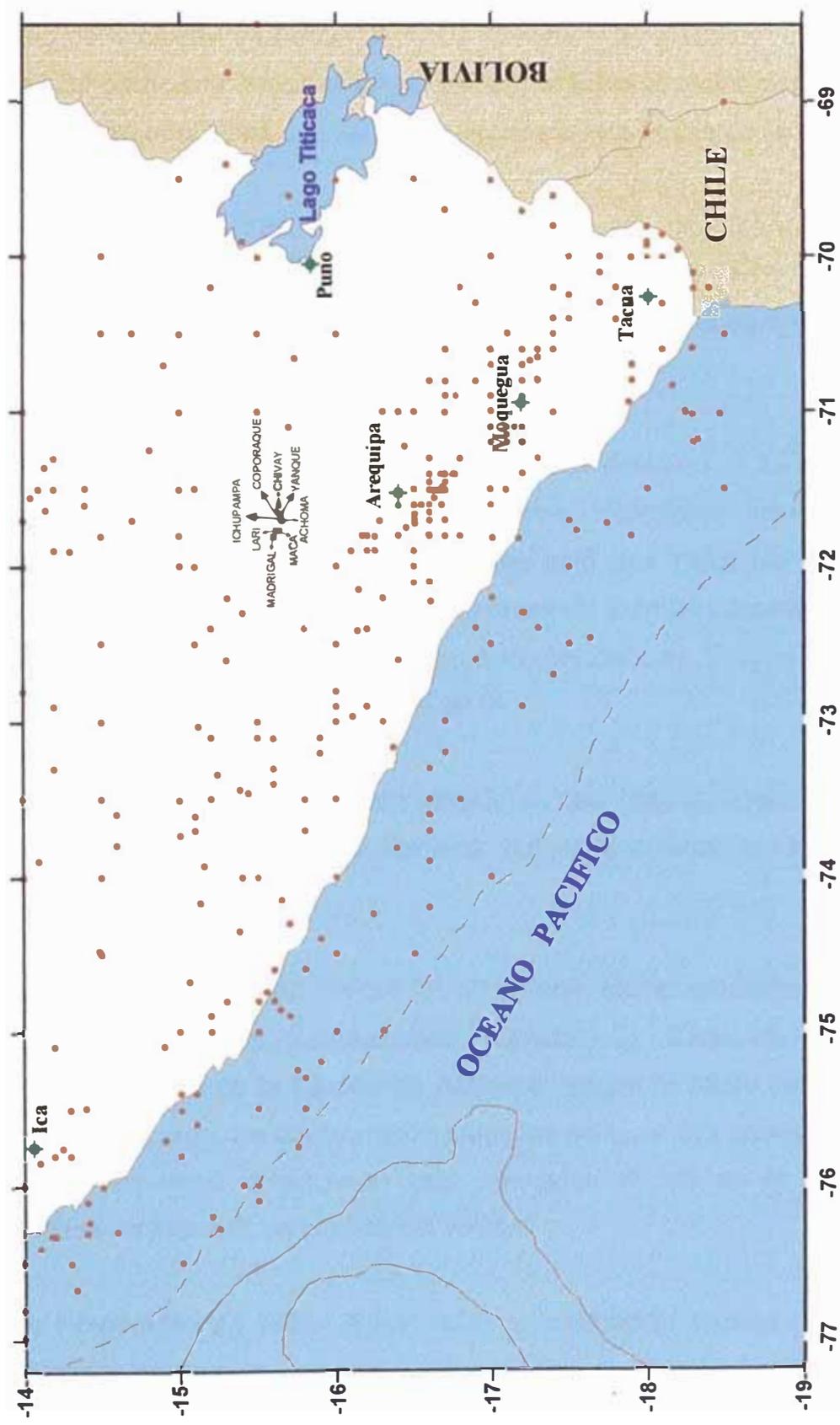


Figura N° 13: Distribución Espacial de la Sismicidad Histórica (Fuente IGP 1471 - 1963)

**\* Descripción de sismos históricos:**

**Entre los años de 1471 - 1490.-** Gran terremoto que destruyó el primitivo asiento de la ciudad de Arequipa, fue la época del Inca Túpac Yupanqui, en la cual perecieron todos sus habitantes y hubo la erupción del volcán Misti, alcanzó una intensidad de VIII en la Escala Modificada de Mercalli.

**Entre los años de 1513 - 1515.-** Grandes sismos acompañados de formidables deslizamientos de tierra de algunos cerros altos, en la costa el mar sobrepasó muchas veces la línea de playa. En Arequipa alcanzó intensidades de VIII en la Escala Modificada de Mercalli.

**22 de Enero 1582.-** A las 11:30 terremoto que destruyó la Ciudad de Arequipa. El movimiento se percibió en Lima. Perecieron más de 30 personas sepultadas entre los escombros, tuvo una magnitud de 8.1 (750Km al NE de Arequipa), el movimiento sísmico alcanzó una intensidad de X en la Escala Modificada de Mercalli, en Socabaya; en Arequipa se sintió con una intensidad de IX.

**En el año de 1590.-** Fuerte sismo sentido en casi toda la Costa del Sur del Perú, destruyó el pueblo de Camaná debido a la salida del mar y el represamiento del río.

**19 de Febrero de 1600.-** A las 05:00 Fuerte sismo causado por la explosión del Volcán Huaynaputina (Omate), la lluvia de ceniza obscureció el cielo de la Ciudad de Arequipa, según el relato del Padre Bartolomé Descaurt. Se desplomaron todos los edificios con excepción de los más pequeños, alcanzando una intensidad de XI en la Escala Modificada de Mercalli, en la zona del volcán.

**24 de Noviembre de 1604.-** A las 13:30, la conmoción sísmica devastó las ciudades de Arequipa y Arica. Un tsunami destruyó la ciudad de Arica y el puerto de Pisco, como consecuencia del Tsunami murieron 23 personas en Arica. Tuvo una magnitud de 7.8, y alcanzó una intensidad

de VIII en la Escala Modificada de Mercalli, en las ciudades de Arequipa, Moquegua, Tacna y Arica (Figura N° 14).

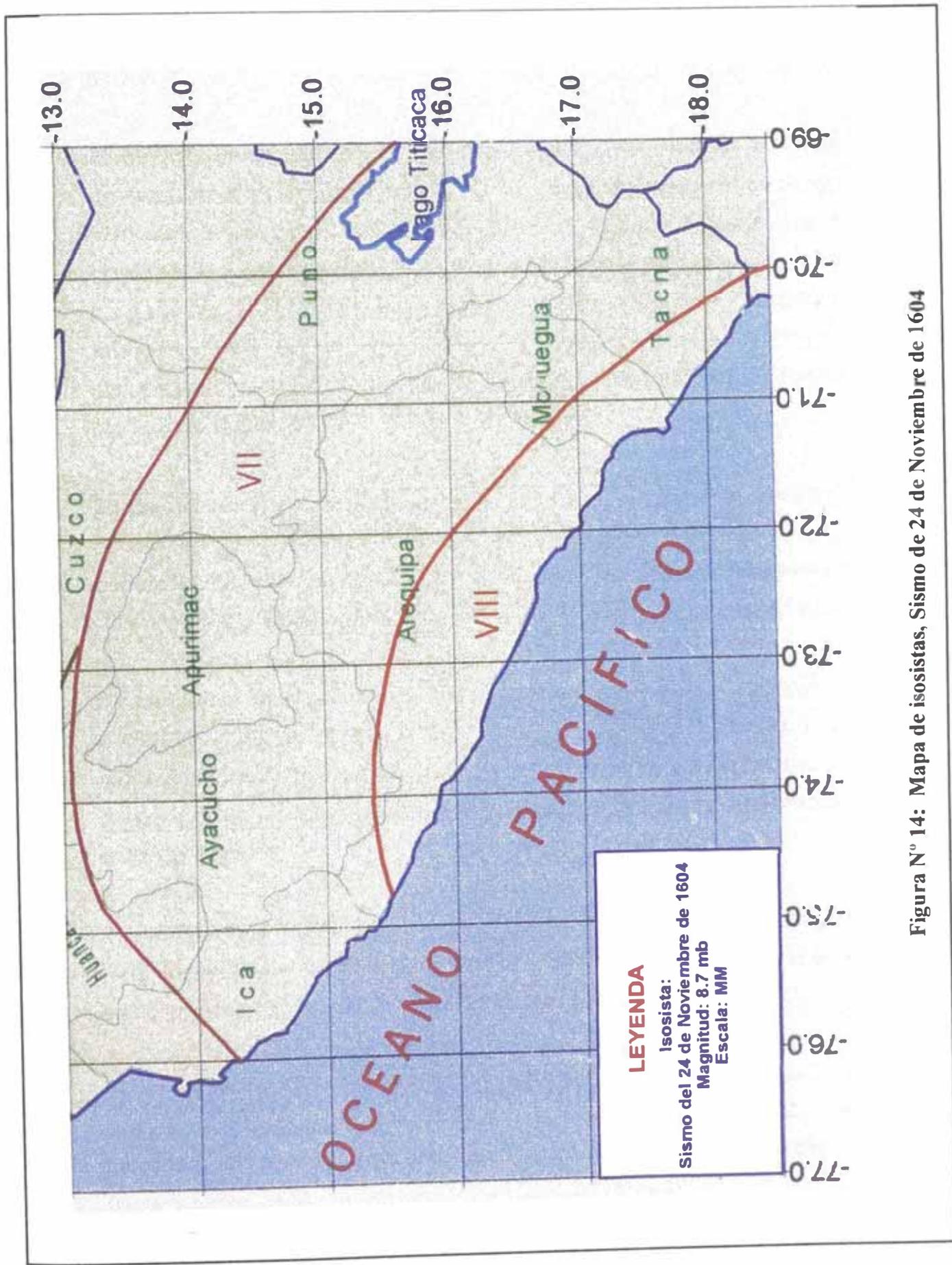


Figura N° 14: Mapa de isosistas, Sismo de 24 de Noviembre de 1604

**31 de Marzo de 1650.-** A las 14:00, se produjo un terremoto en el Cuzco que dejó a la ciudad en ruinas. Fue sentido en Lima y tuvo una magnitud de 7.6.

**20 de Octubre de 1687.-** Gran movimiento sísmico ocurrido en la ciudad de Arequipa aproximadamente a las 06:30, causando serios daños en los templos y viviendas, los efectos secundarios de este sismo trajeron como consecuencia el agrietamiento de muchos kilómetros de extensión, entre Ica y Cañete, el mar inundó parte del litoral comprendido entre Chancay y Arequipa. Otros daños ocasionó en los valles de Siguan y Majes, alcanzando en Aplao y Siguan una intensidad de VIII en la Escala Modificada de Mercalli.

**22 de Agosto de 1715.-** A las 19:00 horas, en la ciudad de Arequipa ocurrió un gran terremoto que sepultó a pequeños pueblos, por los derrumbes de las partes altas de los cerros, alcanzando una intensidad de VII en la Escala Modificada de Mercalli, el movimiento se sintió en Arica.

**08 de Enero de 1725.-** A las 08:00 horas, fuerte temblor remeció la ciudad de Arequipa destruyendo la mayor parte de sus viviendas, éste movimiento sísmico tuvo una intensidad de VII en la Escala Modificada de Mercalli, como consecuencia del sismo se levantó una gran polvareda que cubrió la ciudad.

**27 de Marzo de 1725.-** Gran sismo que se sintió en toda la costa sur del Perú, llegándose a sentir hasta el Callao, el pueblo de Camaná fue el que sufrió grandes daños, el mar salió sobrepasándose la línea de playa.

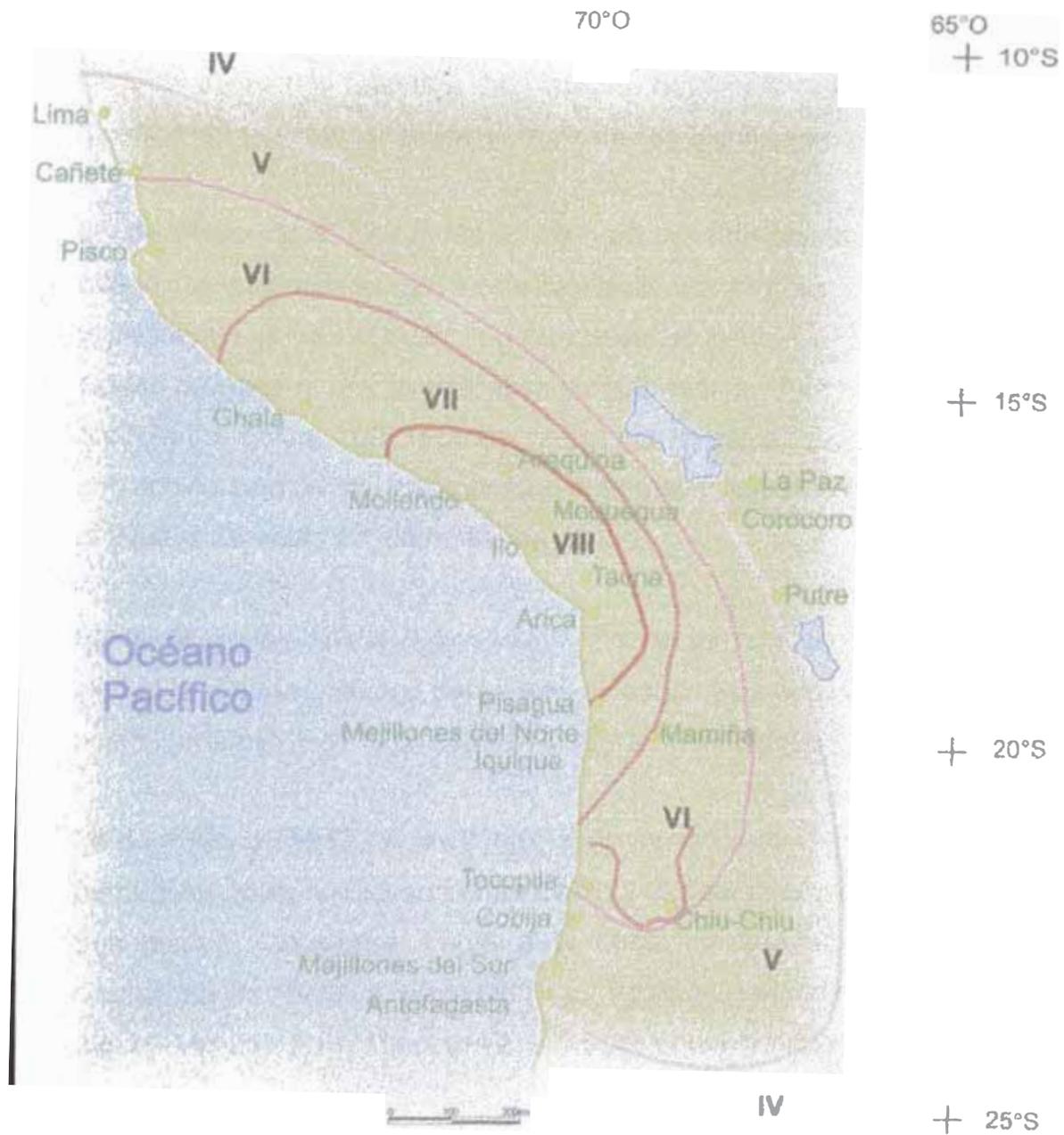
**13 de Mayo de 1784.-** A las 07:35. Terremoto que arruinó la ciudad de Arequipa, ocasionando graves daños en sus templos, murieron 54 personas, 500 heridos, tuvo una magnitud de 8.4, en Arequipa alcanzó una intensidad de VII en la Escala Modificada de Mercalli.

**10 de Julio de 1821.-** A las 05:00. Terremoto que causó graves daños en los pueblos de Camaná, Ocoña, Caravelí, Chuquibamba y valle de Majes. Se sintió en Lima. Murieron 70 personas en Camaná y Ocoña, 60 en Chuquibamba y 32 en Caravelí, tuvo una magnitud de 7.9, y una intensidad de VII en la Escala Modificada de Mercalli.

**08 de Octubre de 1831.-** A las 21:15, fuerte sismo en Tacna, Arica y en el interior de Arequipa, ocasionó algunas víctimas y alrededor de 32 heridos.

**18 de Setiembre de 1833.-** A las 05:45 violento movimiento sísmico que ocasionó la destrucción de Tacna y grandes daños en Moquegua, Arequipa, Sama, Arica, Torata, Locumba e Ilabaya, murieron 18 personas; fue, sentido en La Paz y Cochabamba, en Bolivia.

**13 de Agosto de 1868.-** A las 16:45. Este terremoto alcanzó una intensidad de grado XI y fue acompañado de tsunamis. Según el historiador Toribio Polo (1904), este terremoto es uno de los mayores que se han verificado en el Perú desde su conquista. El epicentro posiblemente estuvo en el Puerto de Arica, se sintió hasta unos 1400Km al norte y a la misma distancia hacia el sur. Este movimiento sísmico destruyó la ciudad de Arequipa, llegando a producir fracturas en los cerros de la caldera, inmediatos a los baños de Yura. Este movimiento sísmico ocasionó fuerte destrucción en Arica, Tacna, Moquegua, Ilo, Torata, Iquique y Arequipa. A las 17:37 empezó un impetuoso desbordamiento del mar. La primera ola sísmica alcanzó una altura de 12 metros y arrasó el puerto de Arica. A las 18:30, el mar irrumpió nuevamente con olas de 16 metros de altura, finalmente a las 19:10, se produjo la tercera ola sísmica que varó la corbeta América de 1560 toneladas y el Wateree de los Estados Unidos, que fueron arrojados a unos 300 metros de la playa tierra adentro. Las salidas del mar, arrasaron gran parte del litoral peruano y chileno, muriendo en Chala 30 personas y en Arica unas 300 personas. La agitación del océano llegó hasta California, Hawaii, Yokohama, Filipinas, Sidney y Nueva Zelandia (Figura N° 15).



**Figura N° 15: Curvas Isosistas, Intensidad Mercalli Modificada Sismo 13 de Agosto de 1868 Arica (KAUSEL, 1981).**

En Moquegua murieron 150 personas, en Arequipa 10 y en Tacna 3, se contaron como 300 movimientos sísmicos o réplicas hasta el 25 de agosto, tuvo una magnitud de 8.6.

**03 de Noviembre de 1869.-** A las 19:30 horas se produjo un fuerte temblor local en Arequipa que causó deterioros en los edificios, alcanzando una intensidad de VI en la Escala Modificada de Mercalli.

**09 de Mayo de 1877.-** A las 20:28. Un violento sismo que sacudió y averió las poblaciones de Ilo, Arica, Mollendo y otras. Se produjo un tsunami que inundó el puerto de Ilo y destruyó parte del ferrocarril. En la ciudad de Arica el mar avanzó más de 600 metros. Esa misma noche se produjeron como 100 réplicas. La ola sísmica originada por esa conmoción se extendió casi por todo el Pacífico, llegando hasta las costas de Nueva Zelanda y Yokohoma, en Japón.

**04 de Mayo de 1906.-** A las 19:36. Fuerte temblor en Mollendo, en la ciudad de Tacna ocasionó derrumbes de casas y paredes cuarteadas. Se sintió fuertemente en la ciudad de Arica y aún en Iquique.

**28 de Julio de 1913.-** A las 01:40. Este movimiento sísmico afectó gran parte de la costa sur situada entre Chala y Mollendo, causando roturas de tres cables submarinos frente a la costa, lo que se atribuyó a un deslizamiento del talud submarino. La posición geográfica del epicentro fue de  $-17^{\circ}$  Lat. S y  $-74^{\circ}$  Long. W, y alcanzó una magnitud de 7.0.

**06 de Agosto de 1913.** - A las 17:13. Terremoto que destruyó la ciudad de Caravelí, este movimiento produjo desplome de todos los edificios de dicha ciudad y derrumbes de las laderas del valle. Hubo 4 heridos, además afectó otras poblaciones situadas más al Sur como la de Chuquibamba. En Atico se destruyeron muchas edificaciones, resultando un muerto y varios heridos. En el pueblo de Ocoña el sismo causó daños apreciables en las edificaciones. En la ciudad de Arequipa ocasionó daños en algunos edificios. El epicentro se le ubicó en el Océano Pacífico

frente al litoral, siendo su posición geográfica de 17° Lat. S y 74° Long. W, y su magnitud de 7.7, en Caravelí y Chuquibamba alcanzó una intensidad de VIII en la Escala Modificada de Mercalli, en Ocoña y Caylloma se sintió con una intensidad de VI.

**11 de octubre de 1922.-** A las 09:50. Fuerte sismo que causó daños considerables en Arequipa, Caravelí y Mollendo. Fue sentido fuertemente en Chala, Acarí, Puquio, Palpa, Ica y Cañete. La posición geográfica fue de -16° Lat. S y -72.5° long. W, se estima su profundidad focal en 50 kilómetros y su magnitud 7.4, en Arequipa y Mollendo se sintió con una intensidad de VI de la Escala Modificada de Mercalli.

**11 de Octubre de 1939.-** A las 09:59. Se registró un fuerte sismo en el Observatorio Sismológico de Lima. Causó graves daños en el pueblo de Chuquibamba y Caravelí, además provocó daños en las ciudades de Arequipa y Moquegua. Se sintió con gran intensidad en las localidades de Puquio, Quicacha, Palpa, Chala y Mollendo, alcanzando intensidades de VII en Chuquibamba, en Arequipa y Mollendo se sintió con una intensidad de VI en la Escala Modificada de Mercalli.

**24 de Agosto de 1942.-** A las 17:51. Terremoto en la región limítrofe de los departamentos de Ica y Arequipa, alcanzando intensidades de grado IX de la Escala Modificada de Mercalli, el epicentro fue situado entre los paralelos de 14° y 16° de latitud Sur. Causó gran destrucción en un área de 18,000 kilómetros cuadrados. Murieron 30 personas por los desplomes de las casas y 25 heridos por diversas causas. Se sintió fuertemente en las poblaciones de Camaná, Chuquibamba, Aplao y Mollendo, con menor intensidad en Moquegua, Huancayo, Cerro de Pasco, Ayacucho, Huancavelica, Cuzco, Cajatambo, Huaraz y Lima. Su posición geográfica fue -15° Lat. S y -76° long. W y una magnitud de 8.4, en Arequipa tuvo una intensidad de V en la Escala Modificada de Mercalli.

**11 de Mayo de 1948.-** A las 03:56. Fuerte movimiento sísmico en la región sur afectó parte de los Dptos. de Arequipa, Moquegua y Tacna.

Los efectos destructores fueron máximos dentro de un área aproximada de 3,500 Km<sup>2</sup>, dejando el saldo de 1 muerto y 66 heridos. En el área central alcanzó el grado VII en la Escala Modificada de Mercalli. La posición geográfica del epicentro fue de -17.4° Lat. S y -71° Long. W. La profundidad focal se estimó en unos 60-70Km, con una magnitud de 7.1, en Moquegua se sintió con una intensidad de VII y en Arequipa alcanzó una intensidad de VI en la Escala Modificada de Mercalli.

**20 de Julio de 1948.-** A las 06:03. Sismo ligeramente destructor en las poblaciones de Caravelí y Chuquibamba. En el rea epicentral alcanzó el grado VI-VII en la Escala Modificada de Mercalli. La posición geográfica del sismo fue de -16.6° Lat. S y -73.6° Long. W, la magnitud fue de 7.1.

**03 de Octubre de 1951.-** A las 06:08. Fuerte temblor en el Sur del país. En la ciudad de Tacna se cuartearon las paredes de un edificio moderno, alcanzó una intensidad del grado VI en la Escala Modificada de Mercalli. Se sintió fuertemente en las ciudades de Moquegua y Arica. La posición geográfica fue de -17° Lat. S y -71° Long. W, y su profundidad de 100Km.

**15 de Enero de 1958.-** A las 14:14:29. Terremoto en Arequipa que causó 28 muertos y 133 heridos. Alcanzó una intensidad del grado VII en la Escala Modificada de Mercalli, y de grado VIII en la escala internacional de intensidad sísmica M.S.K. (Medvedev, Sponheuer y Karnik) (Figura N° 16), este movimiento causó daños de diversa magnitud en todas las viviendas construidas a base de sillar, resistiendo sólo los inmuebles construidos después de 1940.

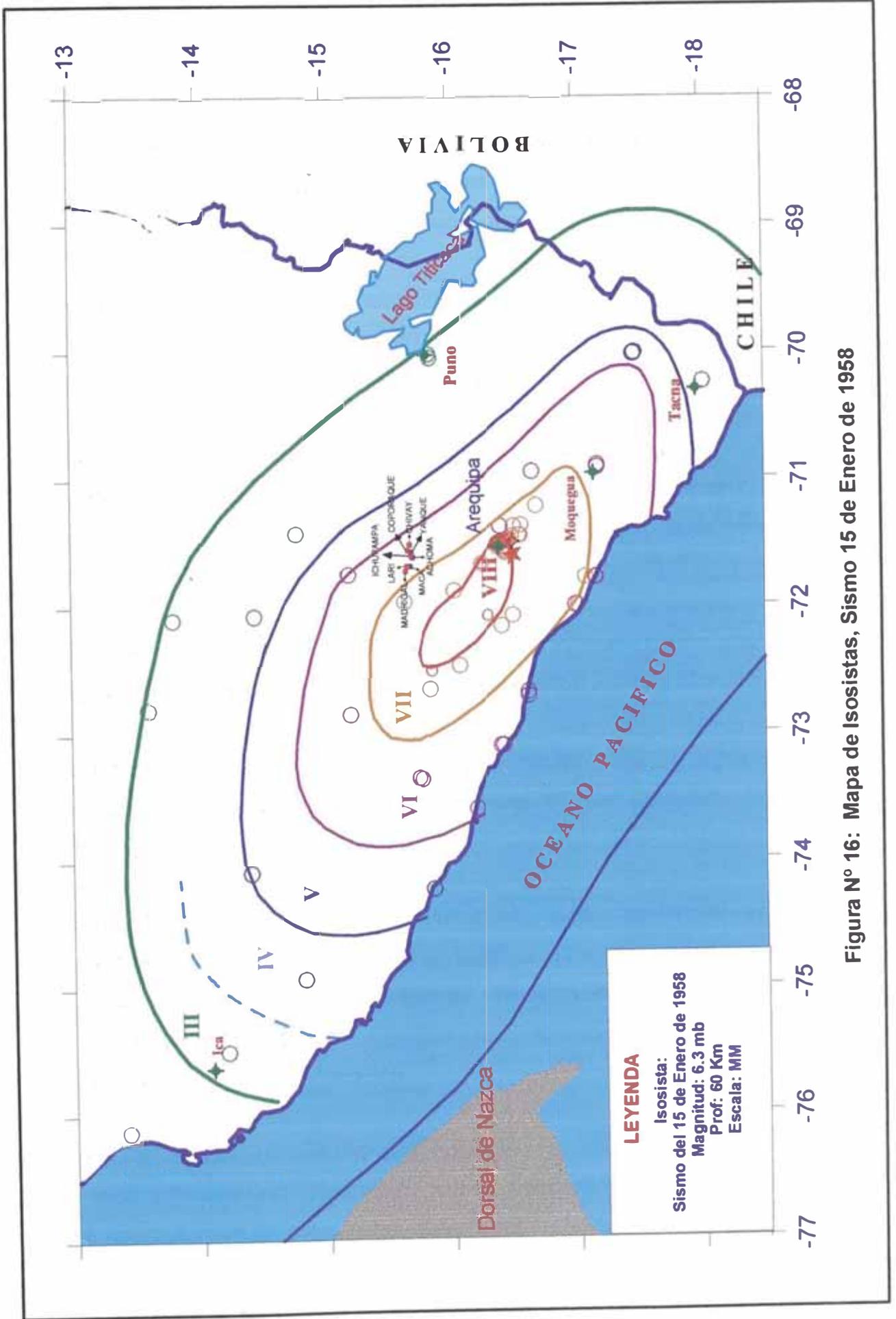


Figura N° 16: Mapa de Isosistas, Sismo 15 de Enero de 1958

Se considera los poblados más afectados por este sismo a Tiabaya, Sabandía, Cerrillos, incluyendo las viviendas construidas a base de adobe en el sector de La Pampilla, de igual manera sufrieron daños los domicilios situados a las orillas de la torrentera de San Lázaro; en Sachaca: la iglesia, el cementerio y la gran mayoría de casas fueron cuarteadas; la calle Mercaderes, es una de las zonas que sufrió fuertes daños, en la cual la mayoría de paredes se vinieron al suelo.

Por efectos del sismo, se desprendieron enormes bloques de rocas tanto del volcán Misti como de los cerros circunvecinos. Los derrumbes dañaron en varios tramos la línea de ferrocarril a Puno, la carretera panamericana en el sector comprendido entre Chala y Arequipa, quedó cubierta en varios trechos por deslizamientos de magnitud variable, siendo la zona más afectada entre Camaná y Atico. El movimiento fue sentido de Chincha a Tarapacá en Chile, por el Este en Cusco, Puno y otras localidades del Altiplano.

El pueblo de Yura fue sacudido fuertemente, el movimiento sísmico también se sintió en las localidades de Chuquibamba, Aplao y Moquegua.

La posición geográfica del epicentro fue localizado en las siguientes coordenadas:  $-16.479^{\circ}$  Lat. S y  $-71.648^{\circ}$  Long. W, con una profundidad focal de 60Km y una magnitud 6.3.

**13 de Enero de 1960.-** A las 10:40:34, fuerte terremoto en el departamento de Arequipa que dejó un saldo de 63 muertos y centenares de heridos. El pueblo de Chuquibamba quedó reducido a escombros, siendo igualmente destructor en Caravelí, Cotahuasi, Omate, Puquina, Moquegua y la ciudad de Arequipa.

En ésta última ciudad los edificios antiguos de sillar afectados por el sismo de 1958 sufrieron gran destrucción, como consecuencia del movimiento una inmensa nube de polvo cubrió gran parte de la ciudad, advirtiéndose gigantescos derrumbes de las faldas del volcán Misti, por toda la ciudad

se miraba ruinas; fuera de Arequipa, Miraflores no mostraba mayores daños. Tiabaya, Tingo, Huaranguillo, Tingo Grande, Sachaca, Alata, Arancota, Pampa de Camarones, Chullo y la Urbanización de Hunter, exhibían el 90% de sus viviendas destruidas o a medio destruir.

Igual cuadro presentaba La Pampilla, Paucarpata, Characato, Socabaya, Mollebaya y los distritos aledaños a éstos. A consecuencia del movimiento telúrico se produjo en Charcani un derrumbe que cortó el suministro de fluido eléctrico. Los canales de agua sufrieron también ruptura, principalmente el canal de Zamácola.

Todas las casas del distrito de Polobaya, quedaron destruidas por efecto del sismo y apenas pasado el movimiento llovió granizada y la tormenta se produjo con rayos y relámpagos, el 95% de las casas de Puquina y alrededores quedaron completamente destruidas.

En la zona urbana del puerto de Mollendo los daños se limitaron a algunas caídas de cornisas. Las carreteras de penetración a Puno, a las diversas localidades del departamento y hacia la costa quedaron intransitables por los derrumbes.

El radio de perceptibilidad fue, de aproximadamente 750Km sintiéndose en toda la extensión de los departamentos de Cusco, Apurímac y Ayacucho. En el área epicentral la intensidad fue del grado VIII en la escala internacional de intensidad sísmica M.S.K. (Figura N° 17). Este sismo fue percibido en la ciudad de Lima con una intensidad del grado III y en la ciudad de la Paz con el grado III-IV. La posición geográfica del epicentro es de:  $-16.145^{\circ}$  Lat. S y  $-72.144^{\circ}$  Long. W. La profundidad focal se estima en 60Km, y una magnitud de 6.2.

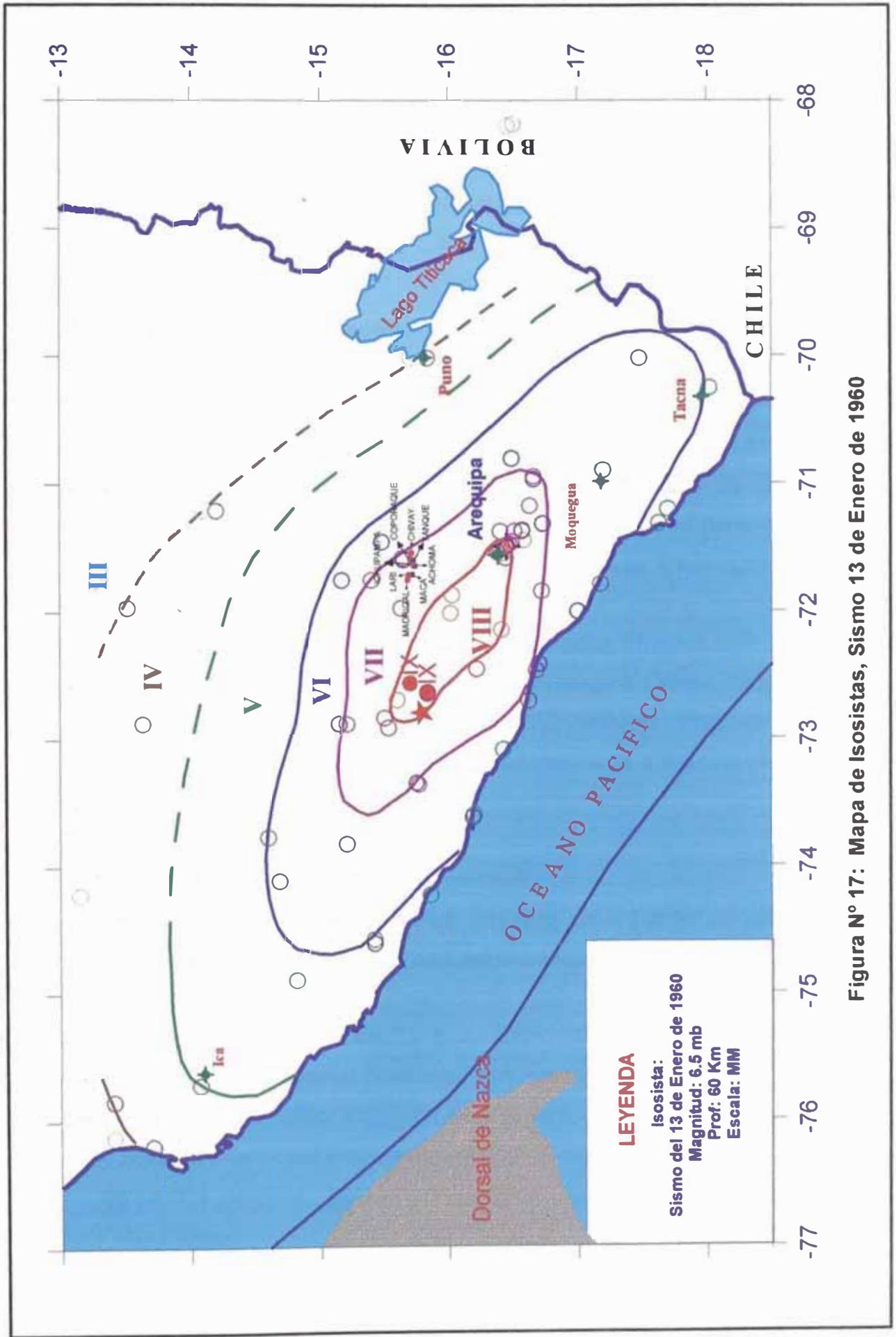


Figura N° 17: Mapa de Isosistas, Sismo 13 de Enero de 1960

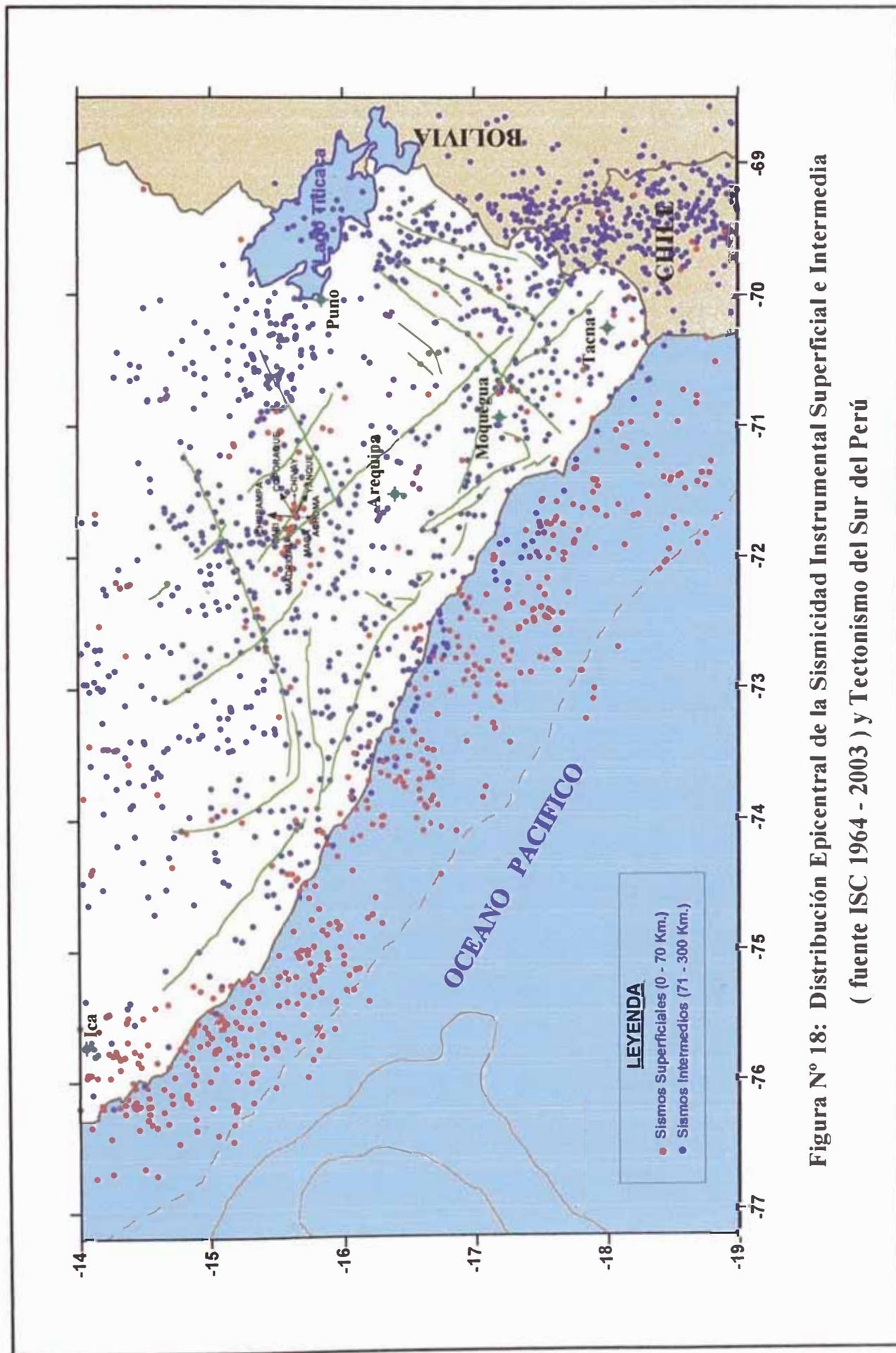
**09 de Marzo de 1960.-** A las 18:54, se produjo una violenta réplica del terremoto del 13 de enero, en la ciudad de Arequipa se cayeron las cornizas removidas, este sismo fue, sentido en Puno, en los Puertos de Matarani y Mejía tuvo una Intensidad de V en la Escala Modificada de Mercalli, en la ciudad de Arequipa se sintió con una magnitud de 6.0 y una intensidad de grado VIII; el epicentro se ubicó a  $-16^{\circ}$  Lat. S y  $-72^{\circ}$  Long. W.

#### **4.2.2.2 Sismicidad Instrumental**

La información sísmica para este periodo se considera a partir de 1964 a la actualidad, teniendo en consideración que las determinaciones hipocentrales con datos instrumentales fue sensiblemente mejorada a partir de la década de 1960, cuando se inició la instalación de 180 estaciones sismográficas en varias regiones de la Tierra, como parte del Proyecto Vela, que se denominó "World Wide Standardized Seismograph Network (WWSSN) que permitió, a partir de esa época efectuar determinaciones más precisas de las coordenadas, magnitudes, e hipocentros. Los catálogos del Internacional Seismological Center (ISC) y del Nacional Earthquake Information Center (NEIC) contienen información de datos instrumentales a partir de 1964, que han sido utilizadas para realizar el estudio del peligro sísmico.

#### **4.2.2.3 Distribución Epicentral Instrumental**

La distribución epicentral de los sismos ocurridos en la región suroeste del Perú a partir de 1964 a la actualidad, se visualiza en la (Figura N° 18) Posteriormente se ha separado los sismos de acuerdo a su profundidad, como superficiales con hipocentros  $h \leq 70\text{km.}$ , (Figura N° 19) esta actividad sísmica se encuentra localizada principalmente entre el litoral y la fosa Perú-Chile, formando la porción más superficial de la subducción. En esta zona ocurrieron los mayores sismos de la historia de esta región como los sismos de 1604, 1868, 2001. Por otra parte algunos de estos sismos superficiales se encuentran ubicados en el interior del continente, los que podrían estar asociados a fallamientos (Figura N° 20).



**Figura N° 18: Distribución Epicentral de la Sismicidad Instrumental Superficial e Intermedia**  
 ( fuente ISC 1964 - 2003 ) y Tectonismo del Sur del Perú

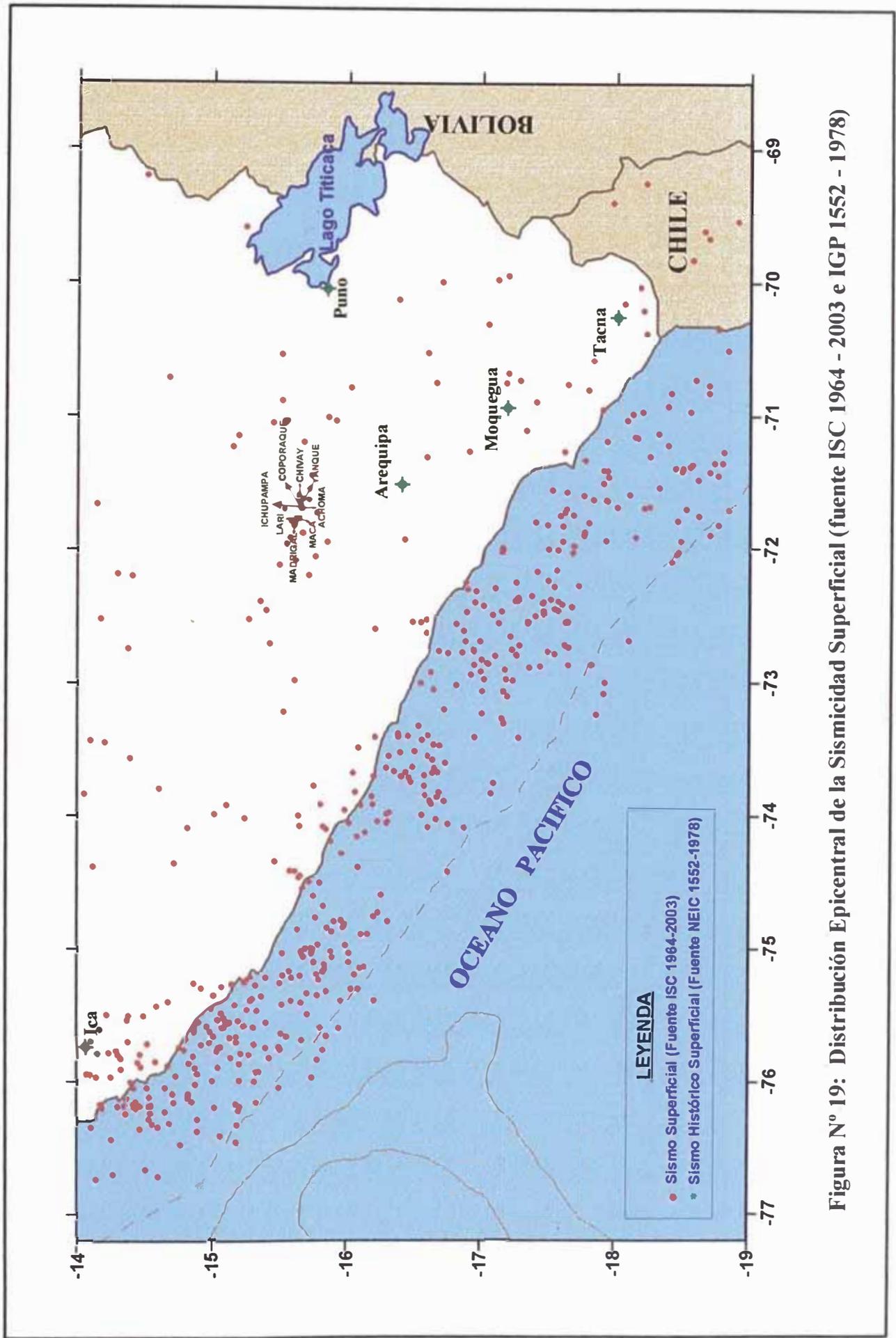
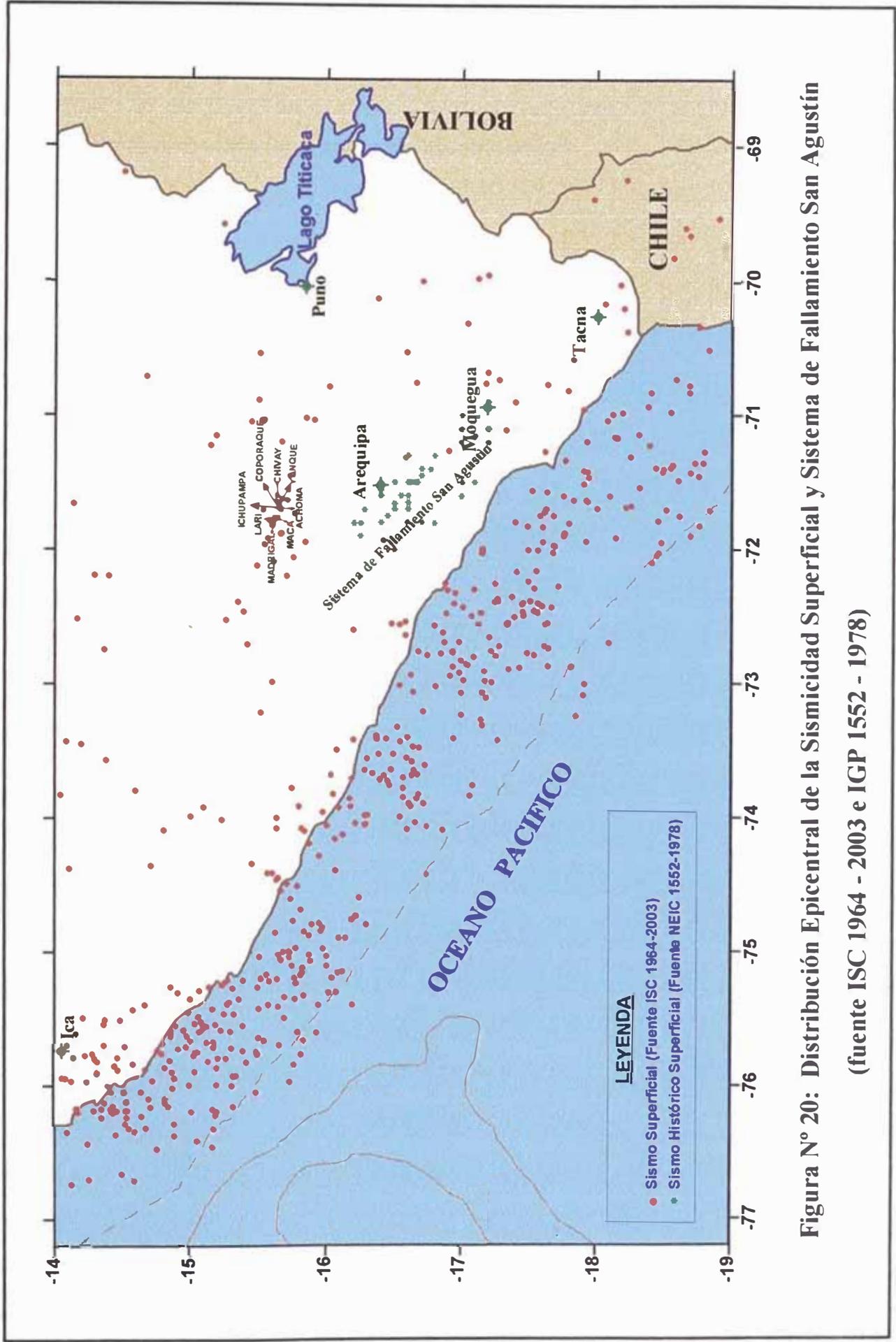


Figura N° 19: Distribución Epicentral de la Sismicidad Superficial (fuente ISC 1964 - 2003 e IGP 1552 - 1978)



**Figura N° 20: Distribución Epicentral de la Sismicidad Superficial y Sistema de Fallamiento San Agustín**  
 (fuente ISC 1964 - 2003 e IGP 1552 - 1978)

La (Figura N° 21) muestra el mapa epicentral de los sismos intermedios ( $70\text{km.} \leq h \leq 300\text{km.}$ ), en la que se puede observar que la actividad sísmica se distribuye en el interior del continente, determinando de esta manera la geometría de la zona de Wadatti-Benioff.

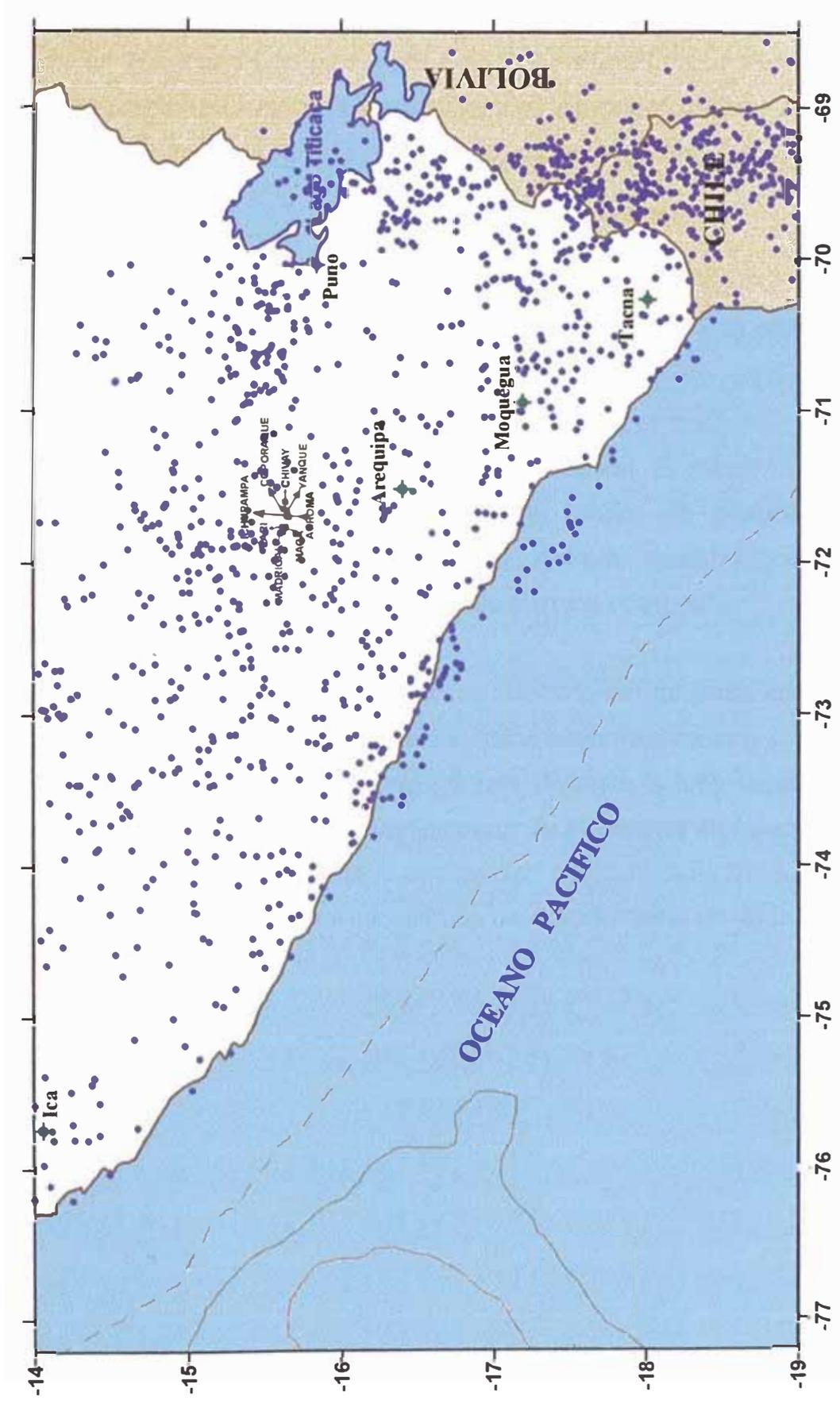


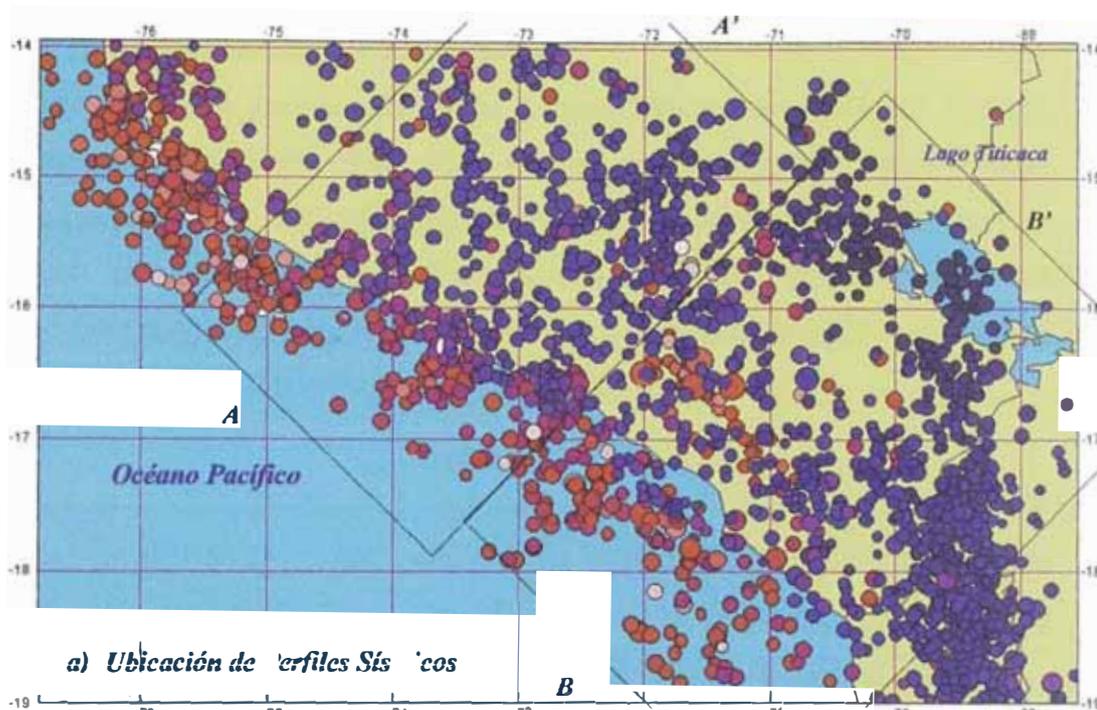
Figura N° 21: Distribución Epicentral de la Sismicidad Instrumental Intermedia (fuente ISC 1964 - 2003)

#### **4.2.2.2.4 Distribución de los sismos en profundidad**

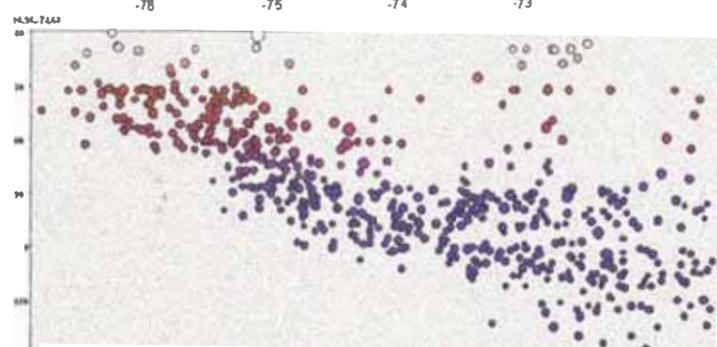
Con la finalidad de continuar con el análisis de la distribución de los sismos en función de la profundidad se ha elaborado dos secciones verticales perpendiculares a la línea de fosa en dirección de oeste a este. El ancho de cada perfil ha sido determinado de acuerdo a la densidad de los sismos (Figura N° 22).

**Sección A-A':** Los focos sísmicos se distribuyen muy cerca de la superficie en el océano, es decir, entre la fosa oceánica y la línea de costa, aumentando gradualmente hacia el interior del continente, describiendo un ángulo aproximadamente de 30° con la horizontal hasta los 90km. de profundidad, donde se vuelve horizontal. El mayor número de hipocentros se encuentran entre 30 y 135Km de profundidad. Asimismo, se puede observar actividad sísmica superficial en el continente que se confunde con la actividad sísmica intermedia.

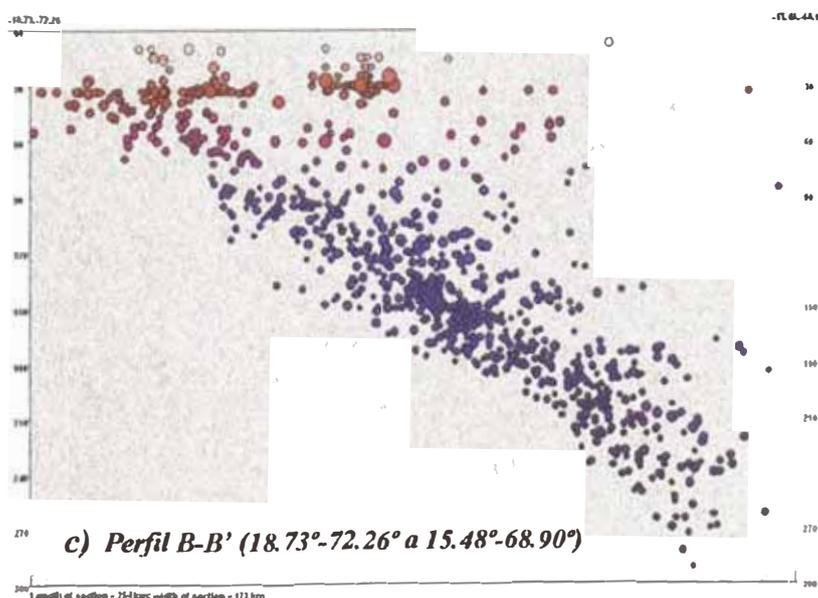
**Sección B-B':** La distribución de los focos sísmicos se encuentra entre 30 y 250Km de profundidad. La actividad sísmica superficial es muy pobre y se encuentra agrupada en dos zonas, la primera entre la fosa oceánica y la línea de costa y la segunda que corresponde al sistema de fallamiento San Agustín; el buzamiento de la distribución hipocentral es de 30° y a una profundidad de 180Km se insinúa una desviación hasta los 290Km.



a) Ubicación de los perfiles Sísmicos



b) Perfil A-A' (16.96°-74.98° a 13.95°-



c) Perfil B-B' (18.73°-72.26° a 15.48°-68.90°)

**Figura N° 22:**  
 Distribución Hipocentral de la Sismicidad Superficial e Intermedia 14°-19° Sur y 68.5°-77.2° Oeste (Fuente ISC 1964-2003 e IGP 1552-1963).  
 a) Ubicación de los Perfiles Sísmicos; b) perfil A-A' correspondiente a la parte nórdica del Sur del Perú y c) perfil B-B' correspondiente a la parte más austral.

#### **4.2.2.3 Estudio Sísmico Probabilístico**

El peligro sísmico puede evaluarse probabilísticamente con el método desarrollado por Cornell 1968. Para ello en primer lugar se debe realizar una revisión de la actividad sísmica histórica e instrumental, con la finalidad de determinar las fuentes sismogénicas considerando las características de la región. Posteriormente se determina la recurrencia sísmica de la cada una de las zonas sismogénicas.

En base a la distribución espacial de la actividad sísmica se realizó la zonificación (MINAYA, 2004), separando la sismicidad superficial (Figura N° 23) e intermedia (Figura N° 24) El cálculo del peligro sísmico se efectuó utilizando el programa Risk desarrollado por MC GUIRE (1976).

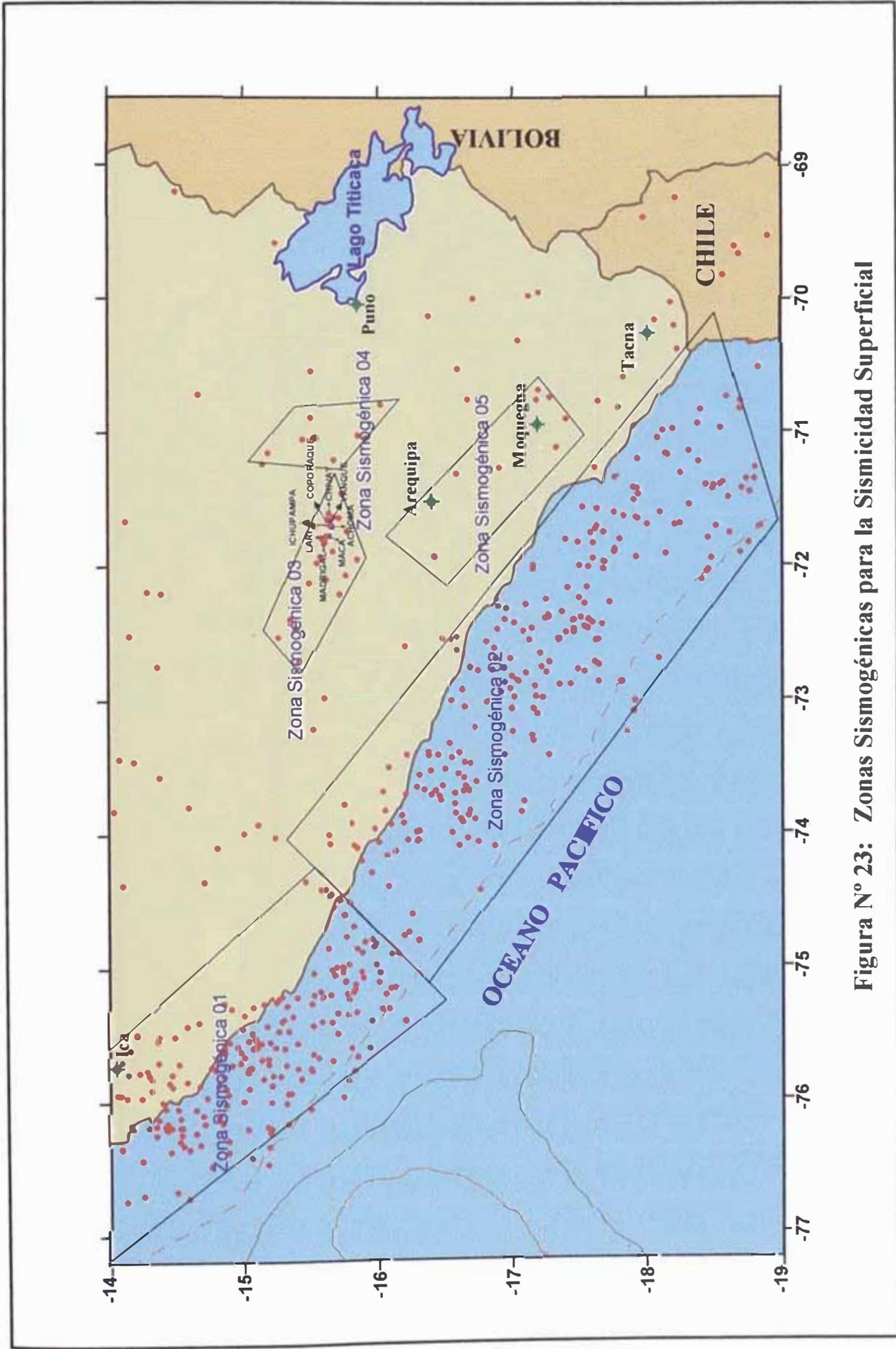


Figura N° 23: Zonas Sismogénicas para la Sismicidad Superficial

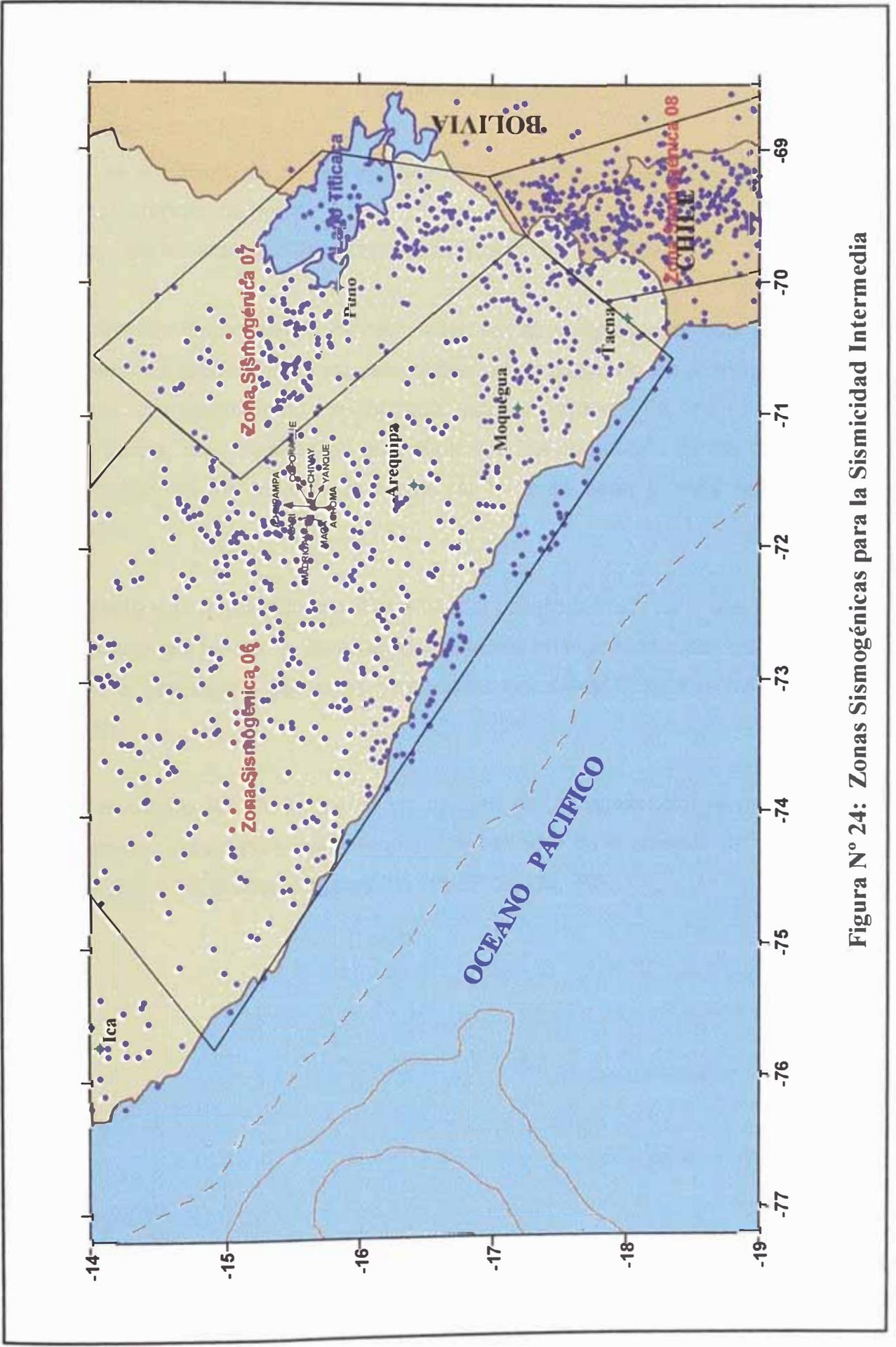


Figura N° 24: Zonas Sismogénicas para la Sismicidad Intermedia

El análisis estadístico de la recurrencia sísmica se determinó en base a la expresión de Gutenberg & Richter (1954):

$$\text{Log } N = a - bM$$

Donde:

N = es el número de sismos de magnitud igual a M o mayor, que ocurren en un intervalo de tiempo.

a, b = parámetros que dependen de la sismicidad de la zona.

La relación Gutenberg & Richter deben ser ajustados a una recta que es el caso de predicción lineal para el tiempo considerado en el estudio. El ajuste correspondiente se efectúa por el método de los mínimos cuadrados, que consiste en conseguir que los cuadrados de los valores absolutos de los errores de ajuste de la recta sean lo más pequeño posible.

La parte más importante en el análisis del peligro sísmico es la atenuación de la energía La ley de atenuación empleada en el presente estudio es en base a terremotos peruanos procesados por CASAVARDE y VARGAS (1980).

En el cuadro N° 10, se indica los valores de las aceleraciones para las diferentes localidades, considerando los periodos de exposición de 10, 30, 100. 500 y 1000 años (Figuras 25, 26, 27, 28, 29, 30).

**Cuadro Nº 10**  
**Valores de Aceleración**

<b>Lugar</b>		<b>Aceleración (gals)</b>					
<b>Lat.</b>	<b>Long.</b>	<b>10 años</b>	<b>30 años</b>	<b>50 años</b>	<b>100 años</b>	<b>500 años</b>	<b>1000 años</b>
Madrigal 71,8063 – 15,6039		151,73	231,13	275,08	345,02	566,80	685,54
Lari 71,7664 – 15,6177		151,14	230,02	273,67	343,07	564,31	682,45
Ichupampa 71,6861 – 15,6455		149,94	227,86	270,99	339,46	558,73	675,52
Coporaque 71,6439 – 15,6237		147,90	224,51	266,85	334,02	549,52	664,06
Chivay 71,5984 – 15,6350		147,02	223,02	265,04	331,65	545,31	658,84
Yanque 71,6564 – 15,6458		149,11	226,45	269,25	337,17	554,87	670,72
Achoma 71,6979 – 15,6576		150,75	229,17	272,61	341,60	562,33	680,00
Maca 71,7668 – 15,6384		151,97	231,32	275,29	345,19	567,99	687,04

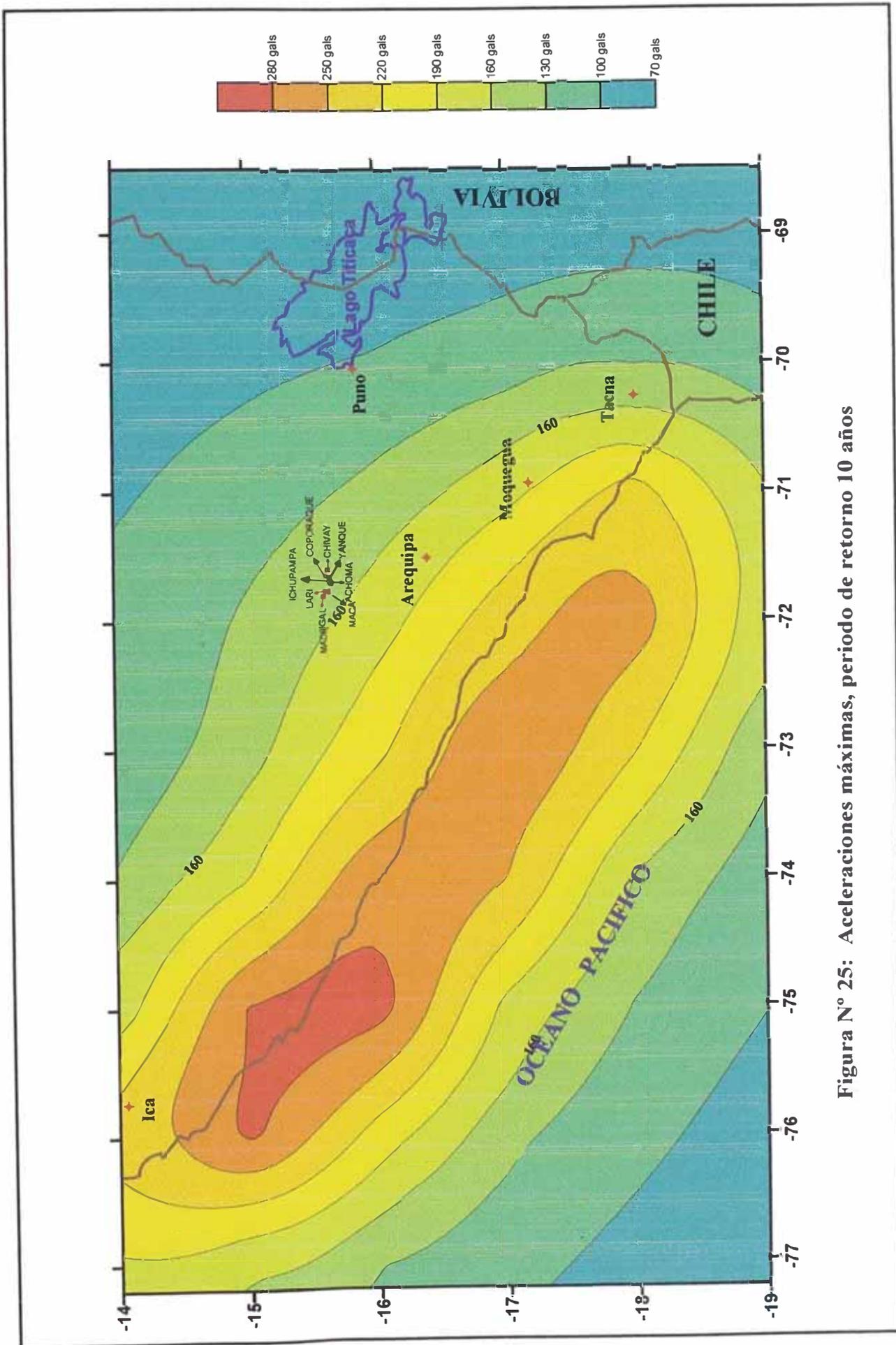


Figura N° 25: Aceleraciones máximas, periodo de retorno 10 años

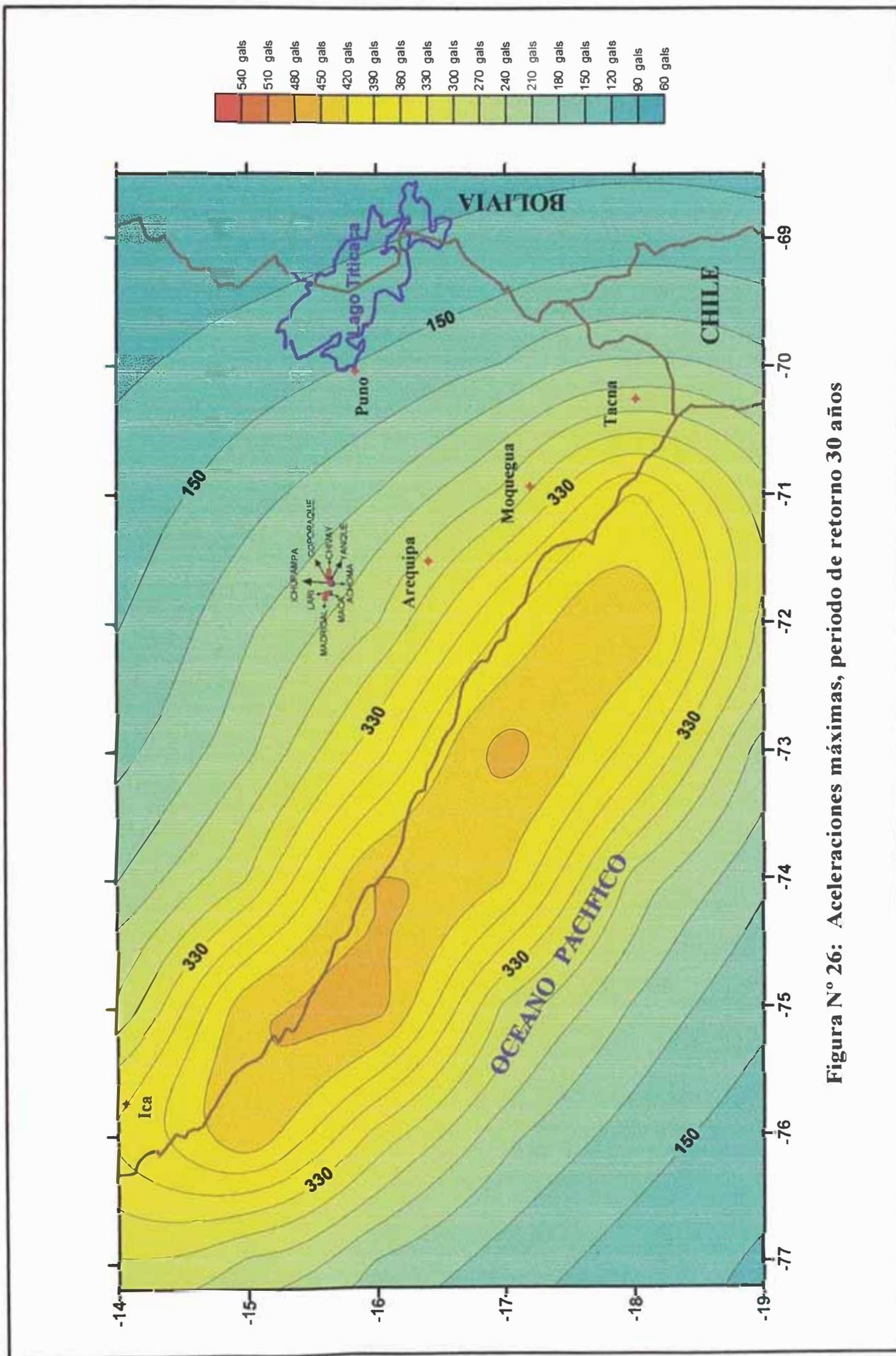


Figura N° 26: Aceleraciones máximas, periodo de retorno 30 años

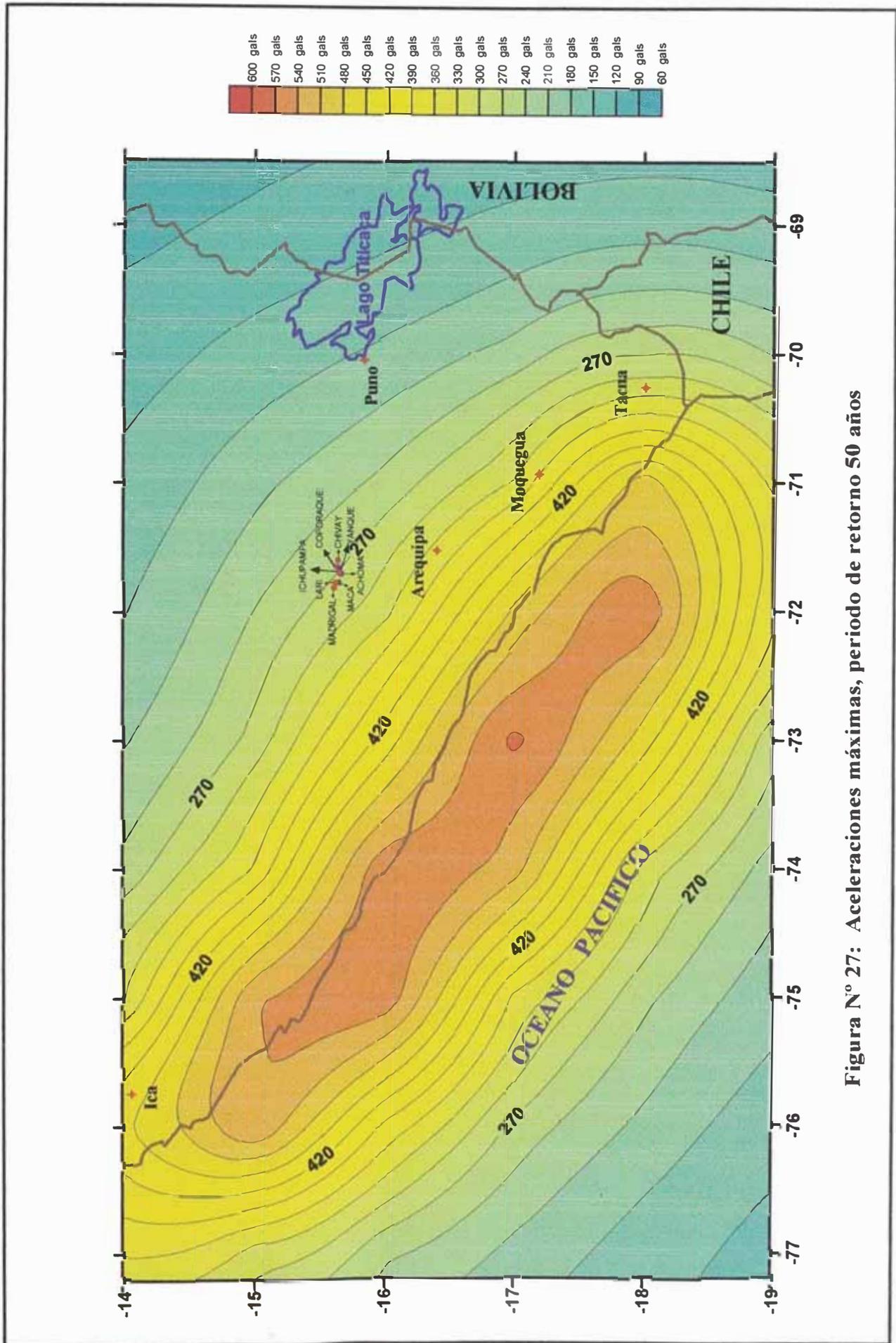


Figura N° 27: Aceleraciones máximas, periodo de retorno 50 años

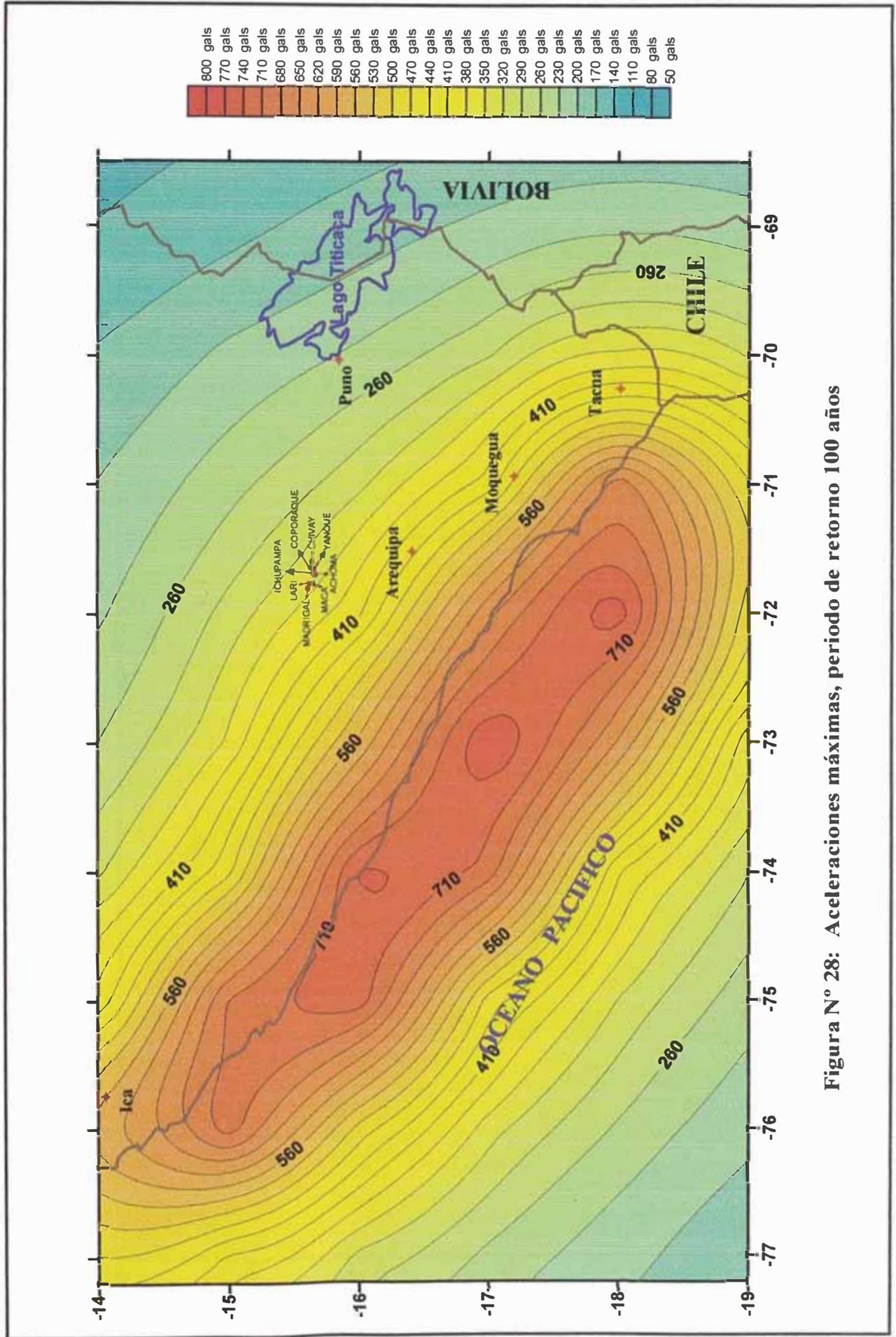


Figura N° 28: Aceleraciones máximas, periodo de retorno 100 años

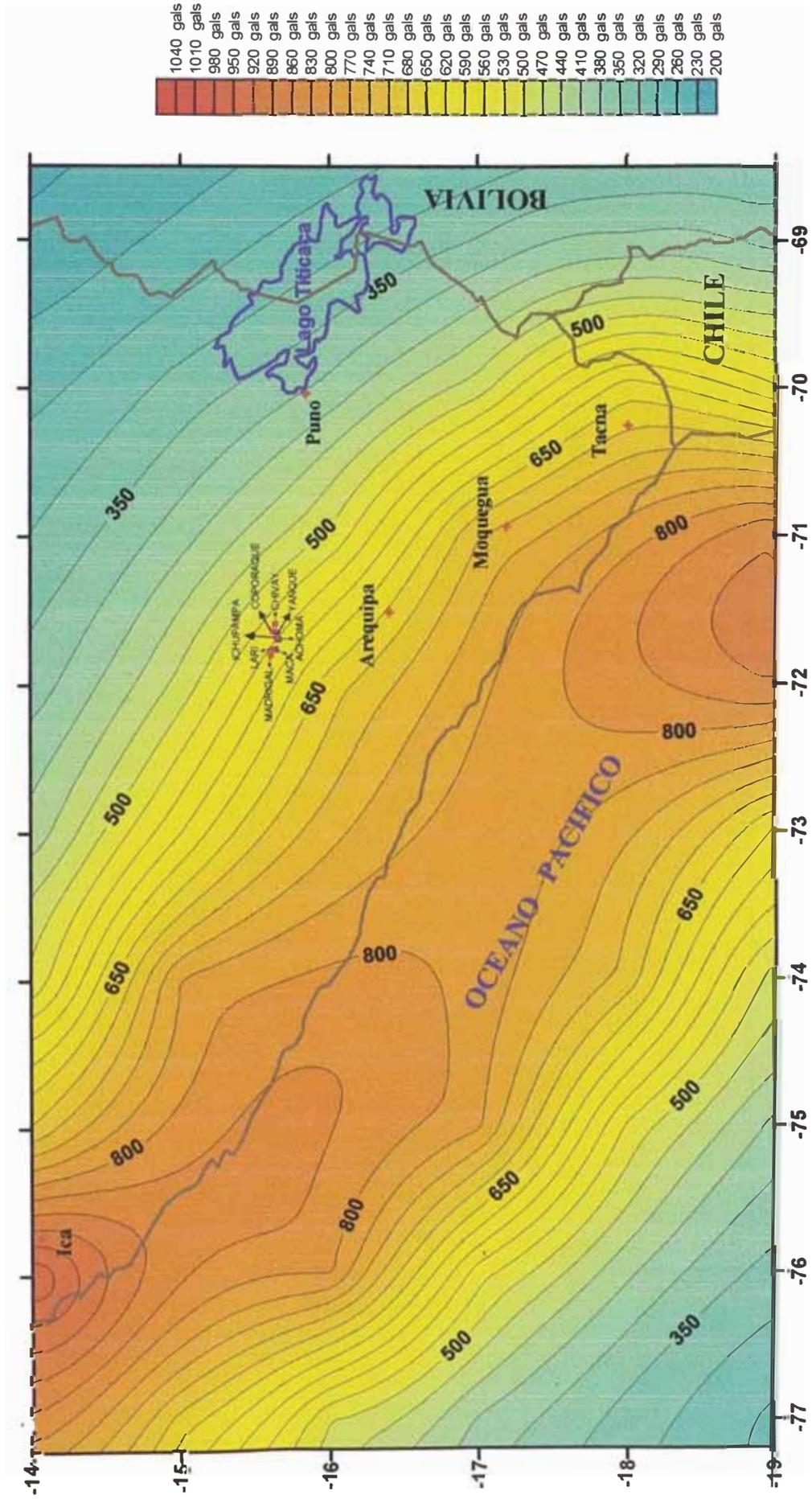


Figura N° 29: Aceleraciones máximas, periodo de retorno 500 años

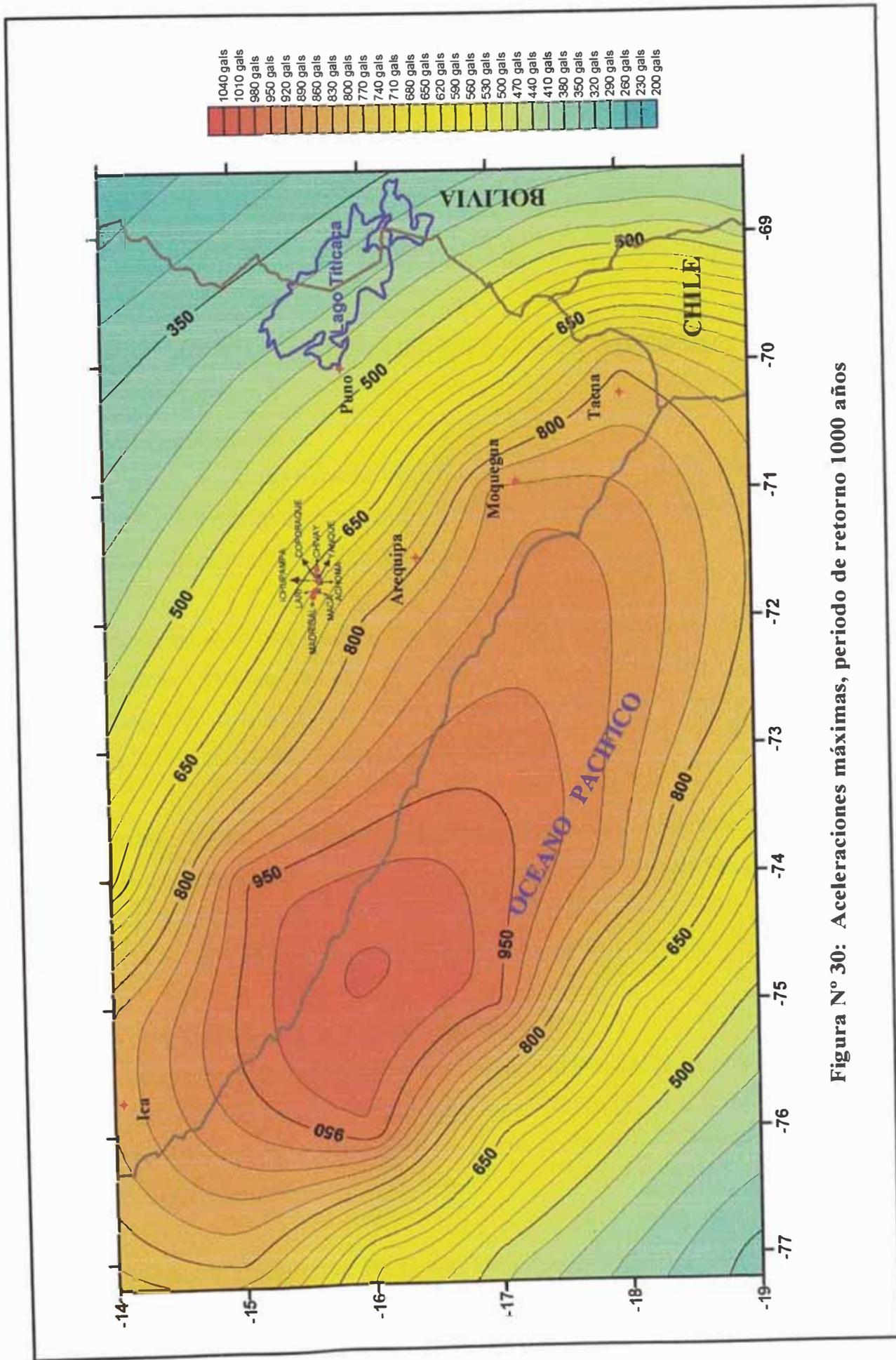


Figura N° 30: Aceleraciones máximas, periodo de retorno 1000 años

## **CAPITULO 5**

### **ACTIVIDAD MINERA EN LA SUB CUENCA**

#### **5.1 Minería Metálica**

La principal actividad minera formal tuvo lugar en el distrito minero de Madrigal y concesiones adyacentes ubicadas en la parte meridional de la Cordillera Occidental, Sub cuenca del río Colca.

El distrito minero está constituido por un sistema de vetas, las que se encuentran localizadas en la caja piso de un sistema de fallas longitudinales sub paralelas, con dirección Este-Oeste, a través de las cuales se ha producido fallamiento en bloques.

El Yacimiento es un depósito de origen hidrotermal constituido por un relleno de brecha, con mineralización predominante esfalerita, galena y calcopirita, obteniéndose también la tetrahedrita como portadora de plata, como minerales de ganga, pirita, cuarzo, carbonatos y óxidos de hierro.

#### **5.1.1 Aspectos generales de la Mina Madrigal**

Durante la época del Incanato la zona mineralizada se sospecha que era conocida con el nombre quechua del lugar como Titi Minas Punta, que significa "Cumbre de la mina de Plomo", así como en el Virreynato, no se observa actividades mineras antiguas.

La mina Madrigal empieza en el año 1942 con el denuncia realizado por los señores Supertino Herrera, Edilberto Rivera y José Mamerto Huertas,

que caducó dos años después por falta de pagos de los derechos mineros.

En 1945 Cesar Augusto Lazarte y Juan Jiménez presentan los denuncios "Santa Rosa" y "San José N° 8", trabajando en forma reducida por pallaqueo algo de mineral, pero por razones económicas y problemas de transporte se ven obligados a abandonar el trabajo.

Posteriormente en 1950 el señor Mauricio Hoschschild, en el denuncia de San José, inició una cortada para encontrar la veta (actual nivel 6), sin alcanzar su objetivo, motivo por el cual se retira.

Luego, en noviembre de 1963 la Compañía Andes Orientales adquiere el denuncia Santa Rosa, que había caducado y obtiene una opción del denuncia San José N° 8, donde realiza un programa de exploración, mediante galerías en diferentes niveles, con resultados positivos.

Cuatro años después, en noviembre de 1967, la Compañía Minera del Madrigal, afiliada a la Homestake Mining de California EE.UU. adquirió la propiedad e inició un extenso programa de exploraciones hasta 1970 que culmina con la cubicación de un millón de toneladas probadas de plata, cobre, plomo y zinc, en el Block Cahuira de la Veta Santa Rosa.

Finalmente el 23 de abril de 1972 se inauguró oficialmente la operación de explotación y beneficio metalúrgico de la Mina Madrigal.

A comienzos de 1975 se inicia la exploración del Block Central y Sahuayto de la Veta Santa Rosa mediante el sistema de contrato.

La explotación minera en la zona de Madrigal tuvo su mayor producción en la década de los 70 a 80, posteriormente paraliza sus operaciones debido a la caída de los precios a nivel internacional y a la falta de inversión.

### **5.1.2 Depósitos minerales**

Las rocas más antiguas de la región de Madrigal están constituidas por cuarcitas y pizarras negras carbonosas pertenecientes al miembro Hualhuani del Grupo Yura del Jurásico Superior.

Inmediatamente después y en discordancia angular se encuentra la principal roca encajante del sistema de vetas, constituidas por andesitas equigranulares de edad Cretáceo Superior – Terciario Inferior que se les ha denominado Volcánicos Quellaveco.

Sobreyacen a estos volcánicos el Grupo Tacaza del Terciario Medio, constituido por derrames de andesitas y aglomerados volcánicos, que en su parte inferior presenta una capa sedimentaria de conglomerados y guijarros volcánicos.

Coronando las cumbres de los principales cerros se encuentran los basaltos columnares y andesitas porfiríticas que han sido denominados volcánicos Sillapaca del Pleistoceno.

Finalmente se encuentran cubriendo grandes extensiones de terreno, depósitos aluviales, morrenas y conglomerados de edad reciente (Figura N° 31).

### **5.1.2.1 Grupo Yura**

El Grupo Yura en la región de Madrigal, se presenta en pequeños afloramientos aislados de cuarcitas y areniscas negras carbonosas y que han sido correlacionadas con el último miembro del Grupo Yura (Hualhuani) de edad Cretáceo Inferior y que afloran en las zonas de Punco, Keto y Cana-Cana, en esta última zona una gran falla regional denominada Maruja hace aflorar a las cuarcitas.

Se desconoce la formación infrayacente por lo que al Grupo Yura se le asigna una potencia de 100m.

### **5.1.2.2 Volcánico Quellaveco**

Los volcánicos más antiguos de la región de Madrigal se les ha denominado volcánico Quellaveco y están constituidos por dos miembros una Inferior que consiste en derrames de andesita porfirítica de color púrpura cuando está fresca y de color verde cuando está cloritizada con un espesor de 700m, en su parte superior presenta una capa de 30m finamente estratificada y que ha servido para poder interpretar el movimiento vertical de las fallas transversales.

El miembro superior, con un espesor de 300m está constituido por intercalaciones de andesitas con aglomerados volcánicos.

Estos volcánicos antiguos han sido correlacionados con los volcánicos Quellaveco del Terciario Inferior Cretáceo Superior de la región de Moquegua y vienen a constituir la principal roca encajante del sistema de vetas de la región Madrigal y superyace en discordancia angular al Grupo Yura.

### **5.1.2.3 Grupo Tacaza**

Al conjunto de rocas predominantemente volcánicas que se encuentran cubriendo a los volcánicos Quellaveco han sido correlacionados con el Grupo Tacaza de la región Puno.

Estratigráficamente sobreyace a los volcánicos del Terciario Inferior e infrayace en discordancia angular al volcánico Sencca.

Teniendo en cuenta sus características litológicas, se ha dividido en dos unidades: una unidad inferior sedimentaria, evidentemente continental con una potencia que varía entre los 50 y los 100m, que consiste en bancos de conglomerados con elementos sub redondeados y angulosos provenientes de las rocas de las formaciones inferiores, teniendo como matriz arenisca tufácea, intercalados con algunas capas de limo.

La otra unidad superior representada por andesitas, riolitas y rocas vitrofíricas cuyo espesor varía entre los 100 y 400m que infrayace en discordancia angular a los volcánicos Sencca.

Por su posición estratigráfica encima del volcánico Quellaveco del Terciario Inferior y debajo del volcánico Sencca del Terciario Superior se le asigna una edad Terciario Medio y se le correlaciona con el Grupo Tacaza de la región Arequipa.

#### **5.1.2.4 Volcánico Sencca**

En la región de Madrigal, dichos tufos de composición dacítica y riolítica, se distinguen a simple vista granos de cuarzo, feldespatos y biotita, se presentan en bancos gruesos sub horizontales, que por lo general son poco compactos. Además contienen fragmentos de pómez y lavas de tamaño variable. Para la región de Madrigal se le ha estimado una potencia de 100 a 200m, se le asigna una edad correspondiente al Terciario Superior.

#### **5.1.2.5 Volcánico Sillapaca**

Cubriendo las partes más altas de la región de Madrigal y en discordancia erosional se encuentran los más recientes derrames volcánicos, constituidos especialmente por basaltos y andesitas porfíricas oscuras, que por intemperismo toman diversas coloraciones (rojizos, marrones),

con un espesor de 100 a 600m y se le asigna por su posición una edad Pleistocénica.

#### **5.1.2.6 Depósitos clásticos recientes**

Ocupando las parte bajas de las laderas de los cerros, se encuentran estos depósitos de gravas o conglomerados poco consolidados y además esporádicos depósitos morrénicos, que consisten en bloques y fragmentos de origen volcánico, que en conjunto tienen un grosor variable entre 1 a 100m.

#### **5.1.2.7 Rocas ígneas intrusivas**

La gran variedad de rocas intrusivas, según su composición y su relación de intrusión han sido agrupadas en: Intrusivo Satélite, Felsitas y Diabasas.

##### **5.1.2.7.1 Intrusivo Satélite**

Son las rocas más antiguas, de composición intermedia constituidas por monzonitas y dioritas que presentan una textura porfirítica y se encuentran en las zonas de Sahuayto, Poscohuaico y Satélite, donde se observa la intrusión en los volcánicos Quellaveco, a este intrusivo se le asigna una edad correspondiente al Terciario Inferior.

En las zonas donde se encuentra este intrusivo, no hay presencia de mineralización ya que seguramente no ofrecía condiciones favorables para la deposición, como en Sahuayto y Poscohuaico.

##### **5.1.2.7.2 Felsitas**

En la zona de Callumayo, se aprecian diques y chimeneas de composición dacítica y riolítica que atraviesan los volcánicos Quellaveco y se les denomina con el nombre genérico de Felsitas, corresponde al Terciario Medio.

##### **5.1.2.7.3 Diabasas**

Finalmente el tercer periodo de intrusión se observa en la parte Norte de la región Madrigal (Culigra y Poscohuaico) unas pequeñas digitaciones y

sills de rocas básicas de grano fino, que se les denomina Diabasas. Se le asigna una edad Terciario Superior.

### 5.1.3 Operaciones Mineras

Las operaciones Minero-Metalúrgicas, están paralizadas desde 1991. La extracción de los minerales efectuada por la Compañía Minera Del Madrigal S.A., se realizó a través del método de Minado de Corte y Relleno Ascendente, las zonas trabajadas fueron Cahuira, Central y Sahuayto.

El mineral era depositado en un orepass principal, desde el cual se cargaba directamente a convoyes de carros Granby (Foto N° 18), los que eran jalados por locomotoras hasta la chancadora. El mineral se enviaba a la Planta Concentradora mediante el cablecarril.



*Foto N° 18: Convoyes de carros Granby, los que eran jalados por locomotoras hasta la chancadora.*

La mina fue desarrollada en 12 niveles, alcanzando entre galerías y chimeneas de diferentes longitudes y profundidades.

### 5.1.3.1 Métodos de minado

El método de explotación empleado es el de corte y relleno ascendente, con relleno proveniente de los bancos de relleno que se encuentran en la parte alta de la mina. Este método se debe a la presencia de la falla Alpha que debilita estructuralmente la caja techo, requiriendo el sostenimiento inmediato.

Se ha experimentado en el tajo 7-28 el método de almacenamiento provisional (Shrinkage), donde la falla se aleja aproximadamente 7m de la estructura mineralizada.

La técnica consiste en:

Una vez relleno el tajeo hasta el nivel del cuadro, se comienza con la rotura desde la altura de la extracción hacia un lado hasta llegar a la chimenea delimitante extrayendo el mineral en forma parcial, ya que es necesario dejar parte de él a manera de plataforma, que se utiliza en la siguiente perforación. Una vez concluida la perforación se procede a limpiar todo el mineral abatido para después rellenarlo nuevamente. En la mayoría de los casos mientras se va relleno un lado, se van rompiendo el otro, en la misma forma que el anterior, de tal manera que cuando se haya concluido con la limpieza del lado donde se estuvo rompiendo ya esté relleno el otro, a continuación se procede a armar el cuadro de extracción para empaquetar y asegurarlo del lado donde estuvo relleno, con el objeto de comenzar nuevamente con el arranque mientras se rellena el otro lado y proseguir así sucesivamente.

La perforación horizontal se realizó con máquinas perforadoras neumáticas Jacklegs Atlas Copco, modelo BBCW-35 Leopardo; Hollman Modelo Silver 33 y Toyo Modelo TY286L con barrenos Coromat de 7/8" de 3', 5' y 7' de longitud.

Para la voladura se utilizan los siguientes materiales:

Dinamita Semexa 7/8" x 7" x 65%

Dinamita Dinasol 7/8" x 7" x 65%  
Dinamita Exsa 7/8" x 7" x 80%, gelatina especial  
Fulminantes N° 6 y 8 Fumelsa, con guías impermeables Famesa;  
para el encendido se usa cordones con Igniter Cord.

Es práctica establecida el uso de un cartucho por pie de perforación con espaciadores de madera de 5/8" x 5" de longitud.

Para la limpieza del mineral se utiliza winches eléctricos, marca Pick Rose de 2 y 3 tambores con motores de 15 y 20 HP respectivamente, trabajan con rastrillos Simplo Fahlroy, canadienses de 42" y 48" utilizando cables de 3/8" para retorno y para rastre con roldanas de 8" a 10".

Los postes, sombreros y tirantes utilizados para armar la extracción son pino oregón de 8" x 8" con espigas iguales a los que se usan en cuadros square-set, forrados con tablas de eucalipto de 3" x 8" interior y exteriormente.

El relleno se introduce a los tajeos colocando tapones inclinados con puntales y tablas sobre el pilar que se deja para proteger la chimenea cuando es necesario conservarla. En caso contrario va directamente al tajeo.

#### **\* Relleno**

A la cota de los afloramientos de la veta se han desarrollado los bancos N° 1, 2, y 3, desde donde se abastecen de relleno a los tajeos.

El banco N° 2 es el principal en conexión a la mina, mediante las chimeneas 31, 35 y 40, que son las de distribución a las labores, de la siguiente manera: Chimenea 31 y 35, directamente a los tajeos que se encuentran a los costados. Chimenea 40 (West Pass) que distribuye mineral hasta el nivel 5, es decir, que en cada nivel se tiene un chute, desde donde se hace la distribución mediante carros a los diferentes tajeos.

También se tiene un banco en el nivel 5, desde el cual se abastece de relleno a los tajeos del nivel 6, utilizando para la distribución locomotoras y carros mineros.

El equipo que se utiliza para el relleno es el siguiente: 1 tractor Caterpillar DC-6, 1 cargador frontal Caterpillar 930 y 1 cargador frontal John Dereck, en el nivel 5. En muchos casos es necesario utilizar volquetes para trasladar el desmonte desde la cantera a las chimeneas.

### 5.1.3.2 Planta concentradora

La mina Madrigal inició sus operaciones con una Planta Concentradora de 500Ton/día, para ampliar finalmente su capacidad a 1000Ton/día.

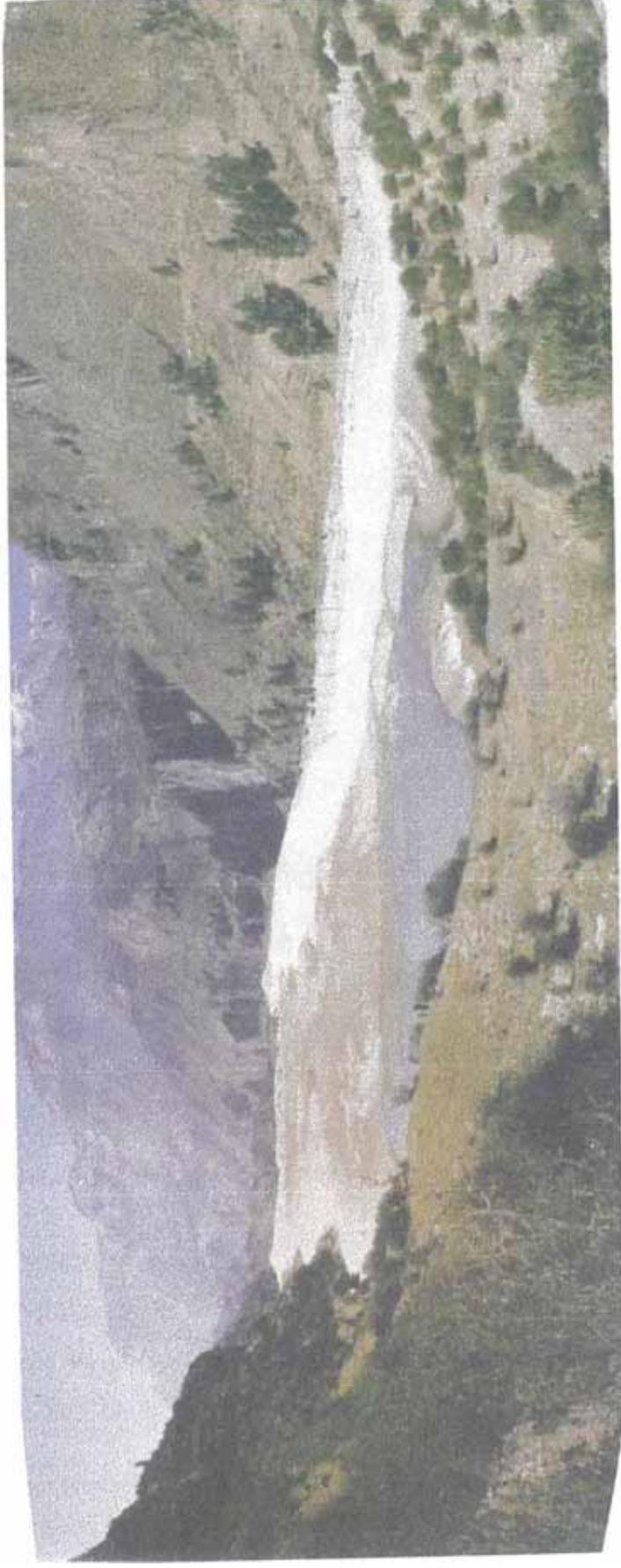
Aplicando el método de flotación selectiva o diferencial se efectuó el beneficio del mineral, obteniéndose en primer lugar un concentrado de bulk que contiene el mayor porcentaje de minerales de cobre y plomo, para posteriormente separar el cobre del plomo en sus respectivos concentrados. Finalmente se recupera los minerales de zinc en la última etapa de flotación.

El relave final de estériles remanentes de la flotación de zinc es conducido por una tubería de fierro de 6", por gravedad, a una presa ubicada al sur de la planta de beneficio. Las leyes promedio de los concentrados obtenidos fueron:

Concentrado	% Cu	% Pb	% Zn
Cobre (Cu)	29.54	4.45	2.14
Plomo (Pb)	3.94	63.05	6.23
Zinc (Zn)	1.42	1.22	59.10

### 5.1.3.3 Relaves

La cancha de relaves de la mina Madrigal está localizada en la margen izquierda del río Cahuira, por debajo de la cota 3190msnm y aproximadamente a 80m de distancia de sus aguas (Foto N° 19).



**Foto N° 19:** Vista Panorámica de los Relaves de la Mina Madrigal

El relave producto del proceso de flotación es transportado por gravedad mediante una tubería de fierro de 6" a una presa ubicada a 2283m de la concentradora. El desnivel que existe entre la concentradora y la ubicación de la presa es de 185m.

El relave se deposita en una caja de distribución situada en un lado de la presa y por gravedad se alimentaba a 2 ciclones, que clasificaban el material. La composición original demuestra que el 43% de la pulpa lo constituían los gruesos (arenas) y el 57% los finos (lamas).

El relave acumulado en 18 años de operaciones se estima en 3155000m<sup>3</sup>. De acuerdo a información obtenida el relave acumulado desde el año 1972 a 1981 es de 1409150m<sup>3</sup>, habiendo trabajado la mina de 1972 a 1975 al ritmo de 500TMD, luego a 800TMD hasta 1978 y después a 1000TMD hasta 1990 (Foto N° 20).



*Foto N° 20: Acumulación de Relave en 18 años de operaciones de la Mina Madrigal.*

## **5.2 Minería no Metálica**

La minería no metálica está relacionada con un yacimiento de diatomitas que se encuentra ubicada en la margen izquierda del río Colca, en el Paraje "Pampa de Jatun Chijta" del distrito de Maca (Foto N° 21).



*Foto N° 21: Yacimiento no metálico (Diatomitas), en la localidad de Maca.*

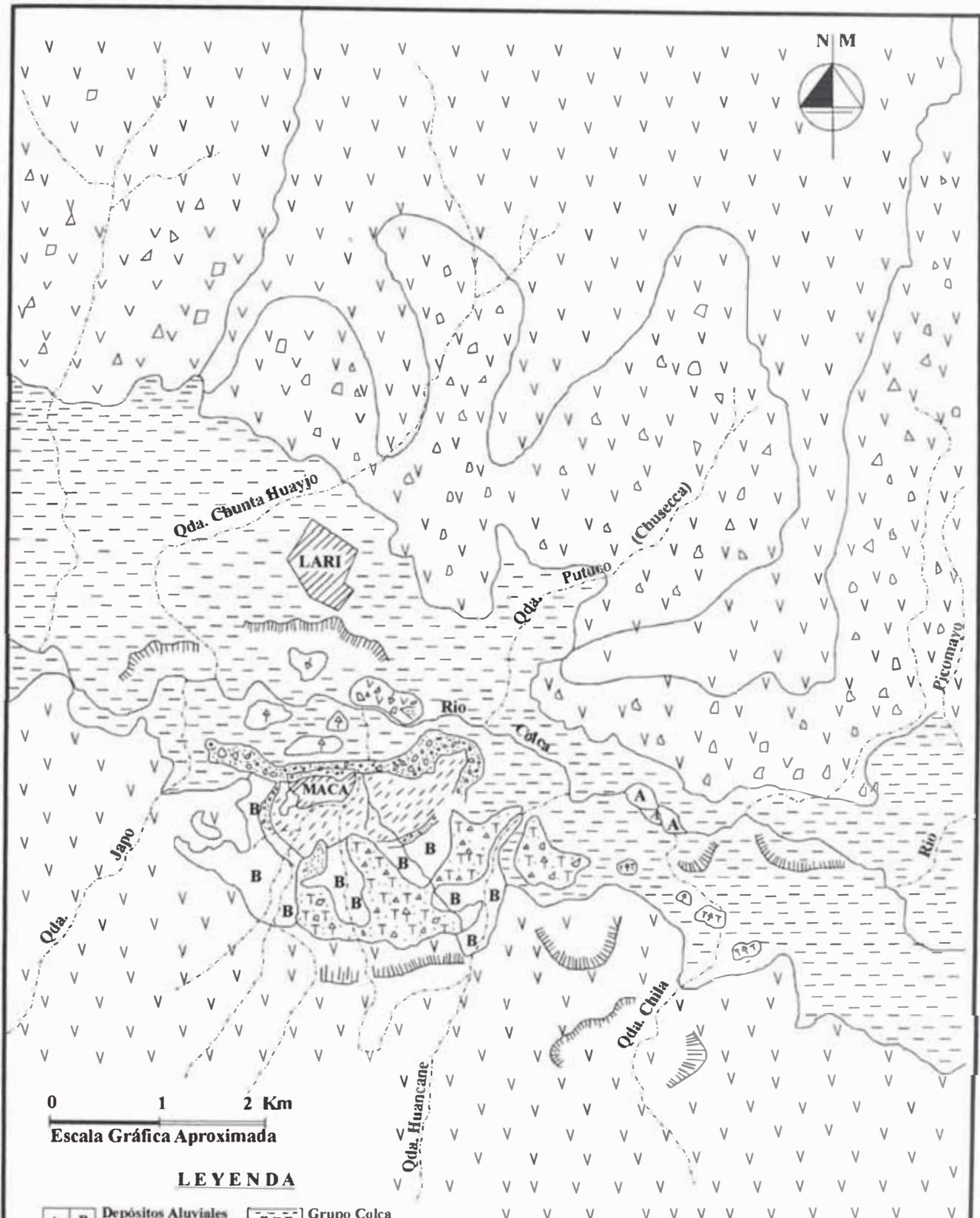
Esta propiedad minera ha estado a cargo de la Compañía Minera Elisa, quienes efectuaron una evaluación del material llegando a la conclusión de que era de buena calidad con un 84.15% de  $\text{Si}_2\text{O}$ , en la actualidad está abandonada.

La pequeña cuenca lacustre de Maca ( $0.212 \text{ Km}^2$ ), parece haberse desarrollado en un contexto particular, con una fuerte productividad orgánica (diatomeas), donde no hubo irrupción de aportes detríticos, en una región rica en sílice y que funcionó en un periodo de tiempo bastante corto.

No existen evidencias de que esta cuenca de Maca haya tenido relaciones en tiempo y espacio, con un probable embalsamiento que dio lugar a una cuenca lacustre de extensión regional de  $150 \text{ Km}^2$  que se desarrolló a lo largo del valle del Colca, desde Tuti hasta Pinchollo (Palacios & Klinck, 1989). Más bien parece ser que el substrato (depósitos fluvio-glaciares) de la cuenca de Maca sobreyace con discordancia erosional a los depósitos del Grupo Colca.

### **5.2.1 Geología local y depósitos no metálicos**

Las rocas que afloran son predominantemente de naturaleza volcánica de edad Terciaria-Cuaternaria. En la base se tiene el Grupo Yura (Jurásico Superior) con facies silicoclásticas con un espesor de aproximadamente 600m. Por encima tenemos una secuencia de bancos potentes de ortocuarcitas (380m) denominado Miembro Jajacucho; seguido de areniscas aglomerádicas rojas, probablemente de la Formación Murco (Cretáceo Inferior) con una potencia promedio de 380m. Posteriormente ocurre una serie continental volcano-sedimentaria asignada al Grupo Tacaza (Oligoceno-Mioceno), esta unidad constituye la base geomorfológica de la zona. Suprayaciendo con una leve discordancia angular (Fase Quechua I – Mioceno Inferior), ocurre una serie detrítica continental denominada Formación Maure (CUADROS,1994) (Figura N° 32).



0 1 2 Km  
Escala Gráfica Aproximada

**LEYENDA**

- |  |                                       |  |                                   |
|--|---------------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | Depósitos Aluviales y Bofedales       |  | Grupo Colca                       |
|  | Diatomita Maca                        |  | Depósitos Lacustres               |
|  | Depósito Fluvio-glaciarios (Morrenas) |  | Volcánicos Barroso (Tufos Sencca) |
|  |                                       |  | Volcánico tacaza                  |
- 
- MASAS DE ROCA Y TIERRA DESLIZADAS
  - ESCARPAS DE DESLIZAMIENTO
  - RIO
  - QUEBRADAS
  - POBLADO
  - LAGUNA

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA	
<b>SECCION DE POST - GRADO</b> MAESTRIA EN MINERIA Y MEDIO AMBIENTE	
<b>MAPA GEOLOGICO DE MACA</b>	
ELABORADO : A. A. M. L.	FIGURA N° 32
REFERENCIA : Cuadros	FECHA : ABRIL - 2005

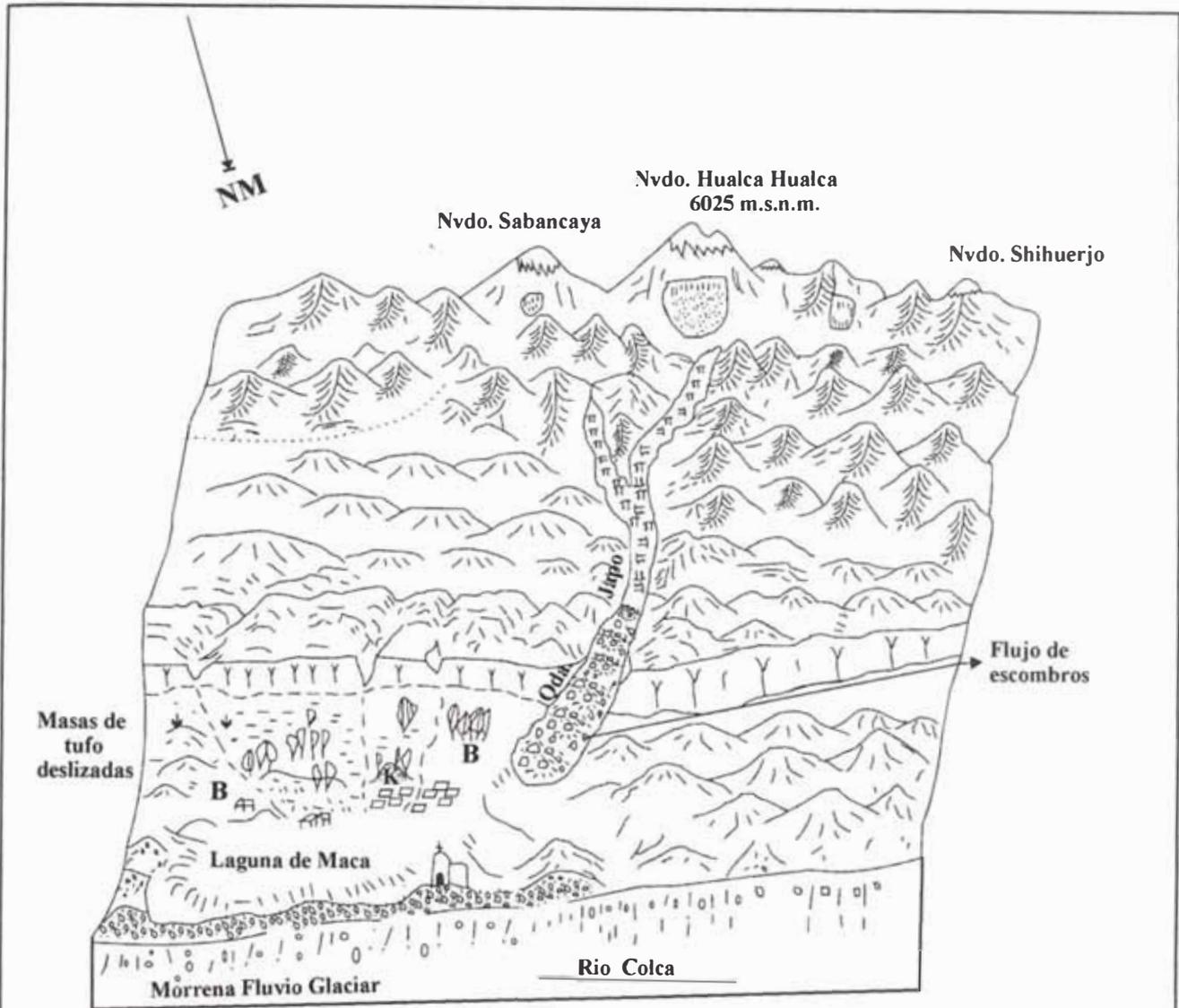
### **5.2.2 Geodinámica del área de Maca**

En el sector de Maca, hace aproximadamente 25 años, se inició un deslizamiento lento de una gran masa de suelo afectando al poblado, como a zonas de cultivo aledañas. El poblado de Maca se fundó sobre depósitos fluvio glaciares, los cuales sobreyacen a los depósitos lacustres del Grupo Colca. Estos sedimentos lacustres, constituidos de lodolitas, limos y bancos de areniscas, parece ser la unidad que por aumento higroscópico (sobresaturación de agua) ha comenzado a deslizarse llevando consigo a toda la carga litostática (morrenas fluvio glaciares) sobreyacente. Las aguas que circulan en el substrato poroso lo socavan, llevando en suspensión los materiales limo – arcillosos, lo que da lugar a una disminución del volumen del paquete, produciéndose colapsos y derrumbamientos.

Los movimientos sísmicos aceleran el movimiento lento de las masas de tierra, dando lugar a deslizamientos rotacionales y colapsamientos de masas de rocas. El sismo del año 1991 ocasionó la destrucción de las viviendas del poblado de Maca. El rejuvenecimiento del río Colca, cuyo curso rectilíneo erosiona linealmente, origina un vacío que tiende a ser colmado por la descarga de los materiales (sedimentos finos lacustres-Grupo Colca) de las laderas. Se observa la formación de fisuras paralelas al curso del río donde se crean planos o escarpas de deslizamiento.

### **5.2.3 Génesis y evolución de la cuenca de Maca**

El contexto en el cual se generó y desarrolló la micro cuenca de Maca es muy particular e interesante. La hipótesis de un embalsamiento del río Colca, originado por coladas de lava procedentes del volcán Ahuashune hacia el sector de Pinchollo, está argumentada por la ocurrencia de espesos depósitos lacustres a lo largo del valle desde Tuti hasta Pinchollo. La paleo laguna de Maca de carácter local, se desarrolló después del episodio lacustre regional del Colca, ya que los depósitos (morrenas) que originaron y controlaron el represamiento de Maca, sobreyacen a la serie lacustre, (Figura N° 33).



0 5 Km  
Escala gráfica aproximada

LEYENDA	
	Circo
	Glaciar de Valle
	Kame
	Morrena (Tills de corriente)
	Bofedal

Figura N° 33: Block diagrama reconstruyendo el paisaje, mostrando la probable influencia de un flujo de escombros que bajó por la paleo-quebrada de Japo hacia la zona de Maca, dando lugar a morrenas, la cuales represaron una pequeña laguna alimentada por agua de los deshielos.

Estos depósitos morrénicos son probablemente producto de la última glaciación que está datada en el Perú a 700,000 años antes del presente. La génesis de las morrenas que ocurren en Maca está ligada directamente al desarrollo máximo de los glaciares del nevado Hualca Hualca. El frente del glaciar dio lugar a acumulaciones supraglaciares potentes de escombros (tills de corriente-Boulton 1958), que derivaron de la fusión rápida de los bordes, con escombros del mismo glaciar. Los materiales resultantes, pobremente seleccionados no se quedaron en el sector a donde había llegado el frente del glaciar, sino que comenzaron a bajar lentamente a través de una paleo pendiente local (quebrada Japo), favorecidos por la gravedad, por procesos semejantes a los flujos de escombros (debris flow) (Figura N° 33 y 34).

Esta masa de material bastante heterogéneo, cargado con gran cantidad de partículas finas, adquirió una gran densidad y una gran viscosidad, lo que permitió transportar bloques de gran tamaño. Los depósitos se localizaron hacia la cabecera, finalizando su recorrido cuando la pendiente disminuyó en lo que probablemente fue una terraza formada por los depósitos lacustres del Colca.

Las tillitas de corriente (flow tills) formaron una morrena terminal a la cual se unían una morrenas laterales, lo cual dio lugar a una pequeña laguna bastante protegida y aislada. Esta cubeta de Maca probablemente fue alimentada por las aguas producto de la fusión de los hielos en retroceso en un contexto rico en sílice (vulcanismo notable en la región), y donde no hubo mayores influencias de material detrítico, lo que favoreció una fuerte productividad orgánica (diatomeas).

Esta laguna tuvo un desarrollo temporal corto y efímero, como lo atestigua el poco espesor de la columna, pero en condiciones muy especiales, lo que favoreció una sedimentación notable de diatomeas.

NE

SO

Nvdo. Hualca Hualca  
6025 m.s.n.m.

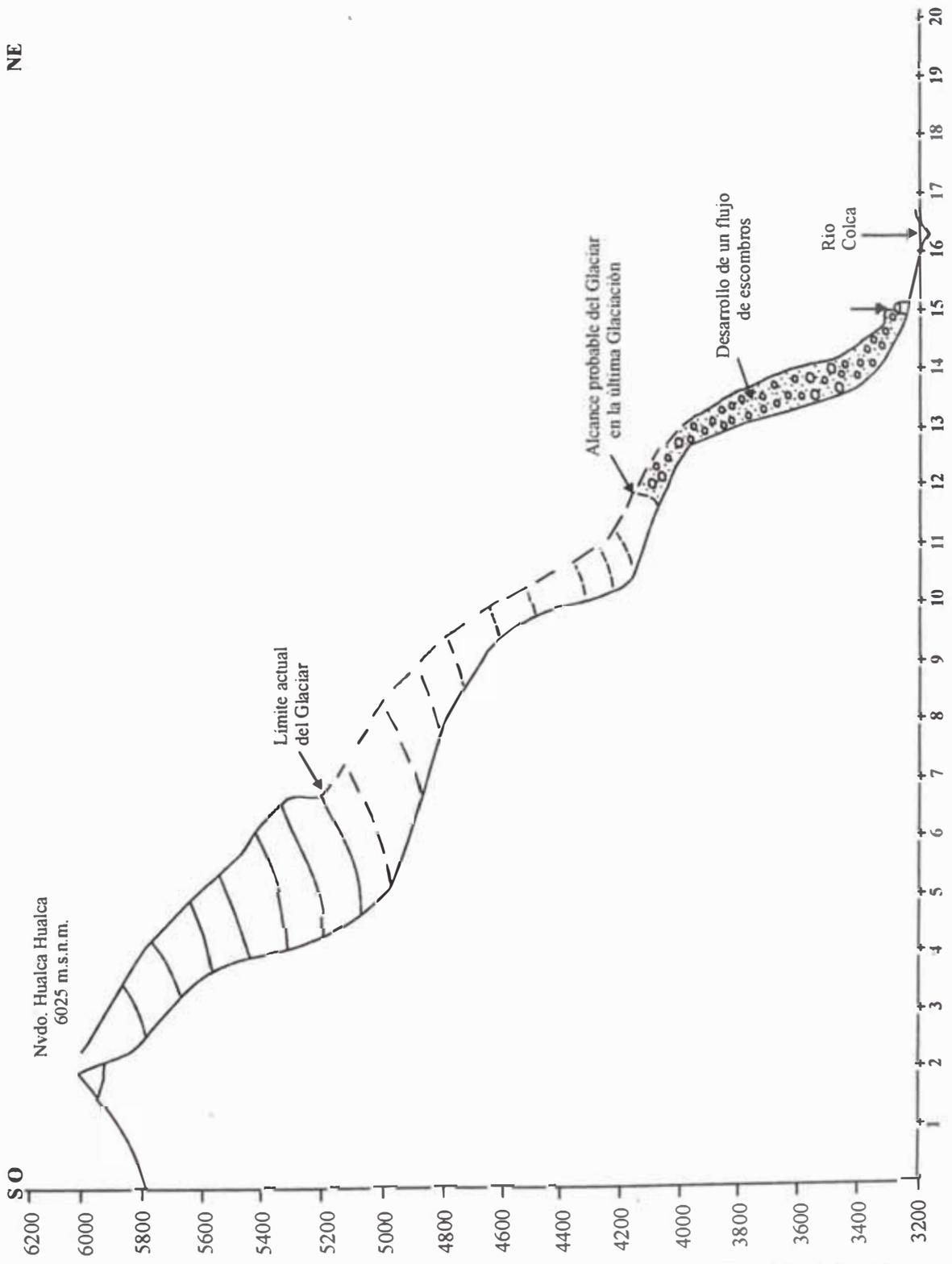
Límite actual  
del Glaciar

Alcance probable del Glaciar  
en la última Glaciación

Desarrollo de un flujo  
de escombros

Rio  
Colca

ESC:  
1/100000



**Figura N° 34:** Corte SO - NE desde el Nevado Hualca Hualca hasta el poblado de Maca mostrando el máximo alcance del Glaciar de Montaña y el probable desarrollo de un flujo de escombros rellenando la palea quebrada de Japo alcanzando la Pampa Jatun Chijta en la última Glaciación

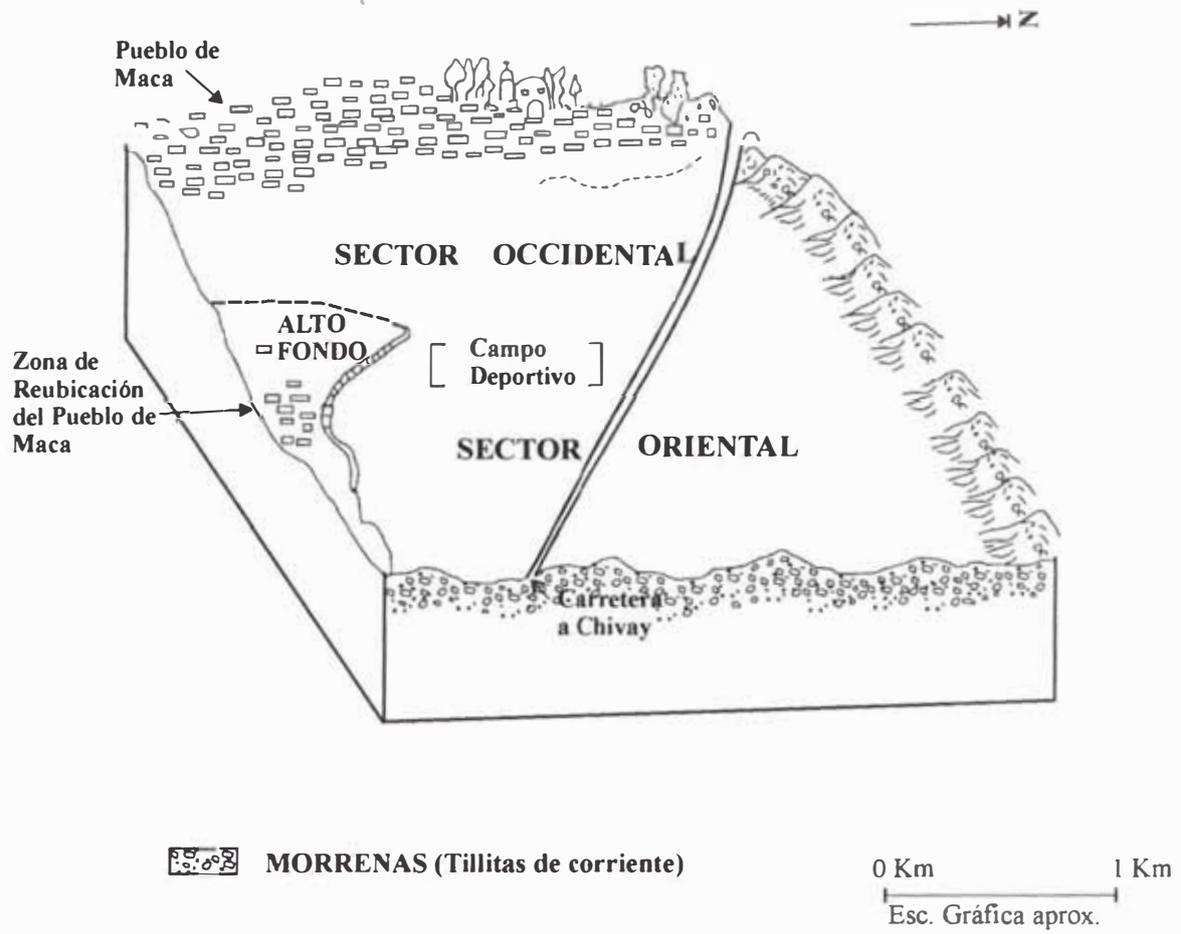
#### **5.2.4 Minerales no metálicos de interés económico**

En el yacimiento de diatomitas de Maca, se ha podido diferenciar dos sectores: Occidental y Oriental (Figura N° 35), separados por un alto fondo (remanente de morrena de fondo), donde la sedimentación de diatomeas fue muy somera y de poco espesor (20cm). Estos dos sectores muestran características algo diferentes y sobre todo desde el punto de vista económico.

En el sector occidental se observa dos zonas: Al norte donde la diatomita está aflorando y la sobrecarga es mínima (zona B y C), se ha cuantificado 24,163TM. de reservas comprobadas de diatomita de 1era. prioridad (inmediatamente accesibles). En esta zona se ha extraído aproximadamente 400TM de Diatomita, pero se ha realizado un movimiento de material de más de 1000TM.

En la parte sur y oeste (Zonas A, X y Y) del sector occidental, el promedio de sobrecarga es de 0.5 a 1m y las reservas comprobadas de Diatomita son del orden de 25796TM. Estas reservas de 2da. prioridad, necesitan un movimiento de tierras aproximadamente de 25000m<sup>3</sup>.

El cálculo de reservas comprobadas de diatomita del sector oriental (zonas D, E y F) es de 17324TM. El total de sobrecarga es del orden de 26000m<sup>3</sup> por lo que las reservas de diatomita del sector Oriental se consideraron de tercera prioridad, ya que se necesita mayor inversión para extraer menos material que en las dos zonas del sector occidental.



**Figura Nº 35: Block Diagrama de la Microcuenca Lacustre de Maca, con sus límites mostrando dos sectores Oriental y Occidental separados por un espolón, donde la sedimentación fue muy somera.**

### 5.2.5 Característica de la Diatomita de Maca

Macroscópicamente la diatomita es un sedimento de color blanco, a veces blanco grisáceo de brillo mate a terroso, se presenta compacta pero es deleznable, mostrándose pulverulenta. La fractura es subconcoidea a irregular.

#### 5.2.5.1 Análisis Químicos

Se realizaron estos análisis con la finalidad de establecer la calidad de las diatomitas y la presencia de contaminantes en ella, los resultados obtenidos se muestran a continuación:

SiO <sub>2</sub>	:	84.15	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	:	0.46	%
SO <sub>3</sub>	:	0.84	%
Na <sub>2</sub> O	:	0.61	%
CaO	:	0.59	%
MgO	:	0.40	%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	:	0.25	%
TiO <sub>2</sub>	:	0.15	%
K <sub>2</sub> O	:	0.09	%
ZnO	:	0.02	%
MoO	:	0.01	%
LOI 1Hr. 800°C	:	6.20	%

Densidad	:	0.36	gr/cm <sup>3</sup>
PH	:	8.51	
Pérdida por calcinación	:	5.54	%

#### ➤ Observaciones Macroscópicas

Color:	Blanco	(base seca)
	Blanco humo	(base húmeda)

#### ➤ Propiedades Físicas

Contenido de agua	23.9%
Contenido de arena	1.7%

### ➤ **Sedimentología**

[ Superficie específica ]  $11.17\text{m}^2/\text{gr}$ .

#### **5.2.5.2 Análisis Mineralógico**

La composición mineralógica de la diatomita de Maca, determinada por difracción de rayos "X", está caracterizado por un 75% de tridimita (variedad de cuarzo), 22.5% de cuarzo, arcillas (1.5%) del tipo montmorillonita-illita, cristales tabulares de biotita y cristales prismáticos de circón (1%).

#### **5.2.5.3 Estudios por Difracción de Rayos X**

Por difracción de rayos "X", se estableció que la diatomita de Maca está constituida predominantemente por sílice amorfa hidratada ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), además presenta cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) albita ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ), yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). También se ha determinado otros minerales como hidrobiotita-vermiculita, leonardita-laumontita, marialita-escapolita, meionita-escapolita e inesita.

## **CAPITULO 6**

### **EVALUACIÓN DE IMPACTOS**

Los pasivos ambientales ocasionados por las empresas mineras, los impactos ambientales ocasionados por el hombre, acumulados a través del tiempo, afectan en forma directa a la calidad de vida de las personas y en general a los ecosistemas.

Con el propósito de mostrar un enfoque integral de los impactos en la Subcuenca del río Colca, en primer lugar es importante precisar respecto al origen de la contaminación minera, producida por la Empresa Minera Madrigal (actualmente es una mina abandonada), ubicada en el distrito de Madrigal, en segundo lugar a la contaminación de minerales no metálicos en la localidad de Maca, que estuvo a cargo de la Empresa Minera Elisa que abandonó sus operaciones, en tercer lugar a la contaminación antropica y por último al hidrotermalismo de la zona.

#### **6.1. Minería Metálica**

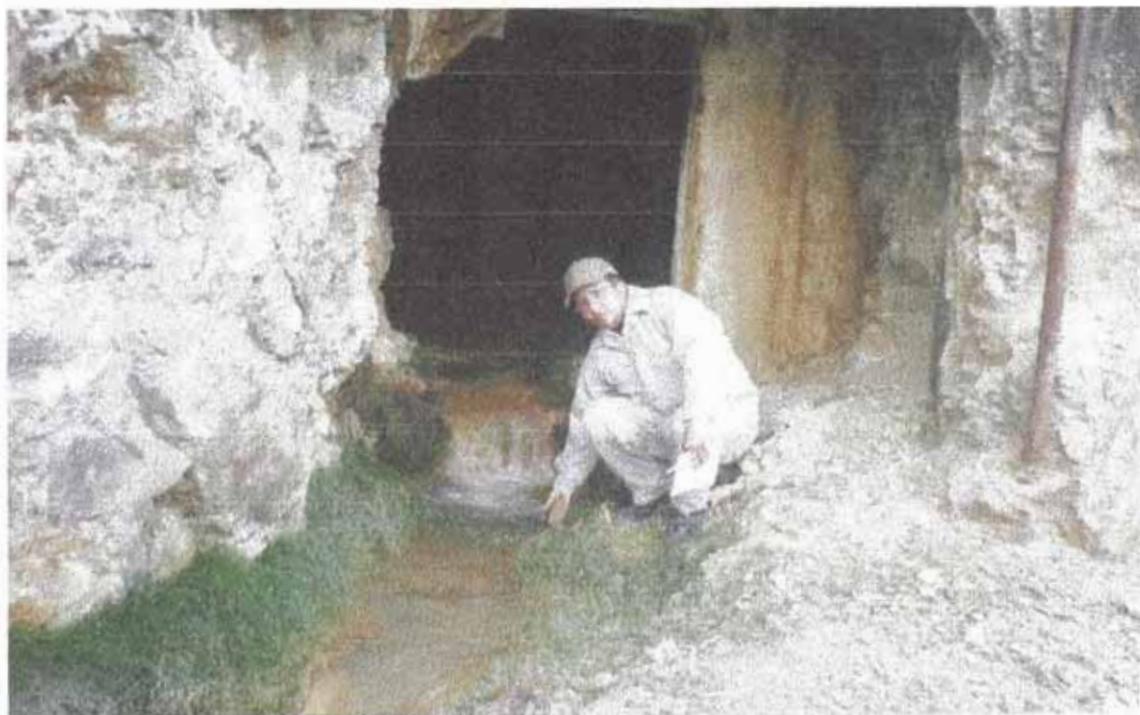
A principios de la década de los setenta se inicia las operaciones de la Compañía Minera de Madrigal S.A. y empiezan los problemas de la contaminación en el pueblo Madrigal.

##### **6.1.1 Drenaje ácido de mina**

El agua ácida es un término utilizado para denominar el tipo de efluente que se produce como consecuencia de la oxidación natural de los

minerales sulfurosos contenidos en las rocas cuando son expuestos a la acción del agua y del aire.

La Mina Madrigal es una mina subterránea abandonada que emana agua ácida a la quebrada Chocacahue constituyendo una de las principales fuentes de contaminación de la zona. El agua de lluvia que se infiltra al interior de la mina a través de tajos abiertos y chimeneas, han llegado a comunicarse con la superficie a lo largo de las fracturas abiertas, se acidifican y resultan aguas ácidas con valores de pH en nuestro caso 4.81 y de conductividad 660.00  $\mu\text{mhos/cm}$ , se ha observado que existe un canal artesanal en la margen izquierda de la bocamina, por donde drena el agua ácida con una velocidad aproximadamente de 6l/min (Foto N° 22).

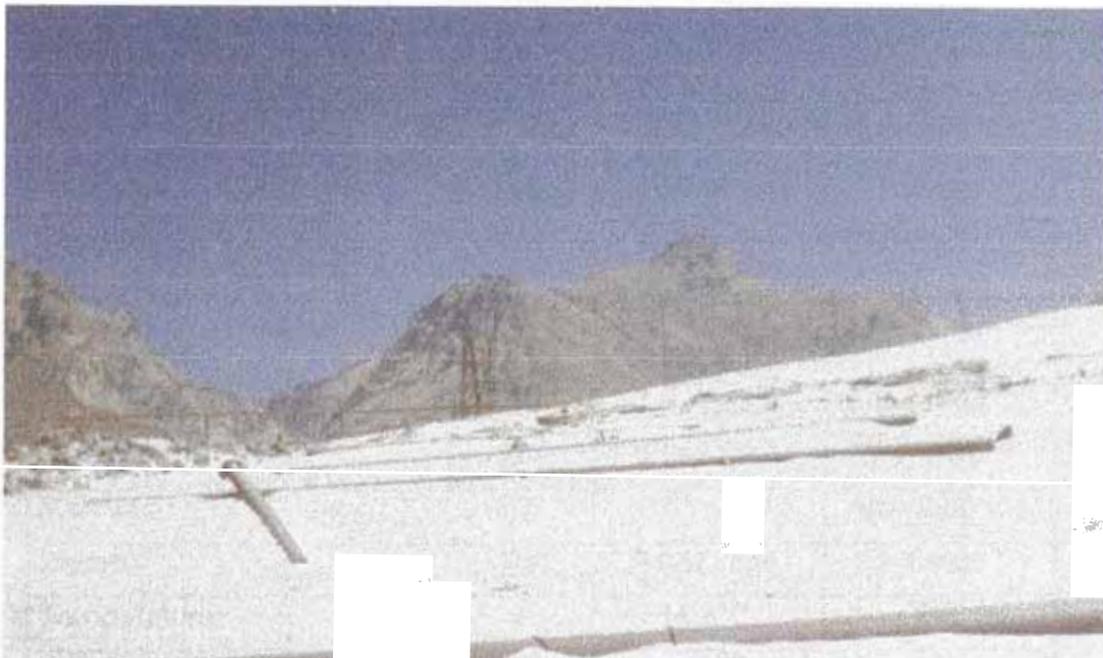


*Foto N° 22: Drenaje ácido de mina, ubicada en la margen izquierda de la bocamina Madrigal.*

### **6.1.2 Efluentes líquidos de la cancha de relaves**

Los relaves del proceso metalúrgico han sido depositados en la Laguna de Lauramatana, que actualmente ya no existe y se encuentra cubierta por una inmensa cantidad de relaves secos que sobrepasaron los límites de ésta, y actualmente cubren una extensión aproximada de 24Ha.

Se ha instalado un sistema de aspersión pero este es insuficiente, las tuberías están deterioradas, y en algunos tramos ha fallado la estructura de la red (Foto N° 23).



*Foto N° 23: Sistema de aspersión en la cancha de Relaves, se encuentra deteriorada.*

En la quebrada Chocacahue, se puede observar el drenaje de agua que proviene de la quebrada Liaquipaya y de la cancha de relaves, todos estos efluentes drenan al río Colca causando contaminación (Foto N° 24).



*Foto N° 24: Quebrada Chocacahue afluente del río Colca.*

Se ha tomado una muestra del drenaje de relave (Cuadro N° 11), donde se ha obtenido los siguientes resultados:

**Cuadro N° 11**  
**Resultado de una Muestra de Relave**

Parámetros	Símbolo	Valores determinados	Niveles Máximos Permisibles
Arsénico	As	0.008 mg/l.	1.0 mg/l *
Cadmio	Cd	0.022 mg/l.	0.01 – 0.1 **
Cobre	Cu	0.005 mg/l.	1.0 mg/l *
Zinc	Zn	0.617 mg/l.	3.0 mg/l *
Hierro	Fe	0.009 mg/l.	2.0 mg/l *
Manganeso	Mn	0.049 mg/l.	0.1 – 1.0 **
Mercurio	Hg	0.001mg/l.	NI – 0.005 **
Plomo	Pb	0.057 mg/l.	0.4 mg/l *
Temperatura	T	14.0°C.	NE
Conductividad Eléctrica	CE	703.0µS/cm.	NE
Sólidos Total Disueltos	STD	980.0 mgl.	NE
Sólidos Total Suspendidos	STS	5,080.0 mgl.	50 mg/l *
Ph	PH	7.4 UE	> 6.0 y < 9.0 *

\* Niveles Máximos permisibles de emisión para las unidades minero metalúrgicas R.M. 011-96-EM/VMM

\*\* Lower limits are for new plants, higher limits are for older plants, limits are guidelines as supposed to regulations.

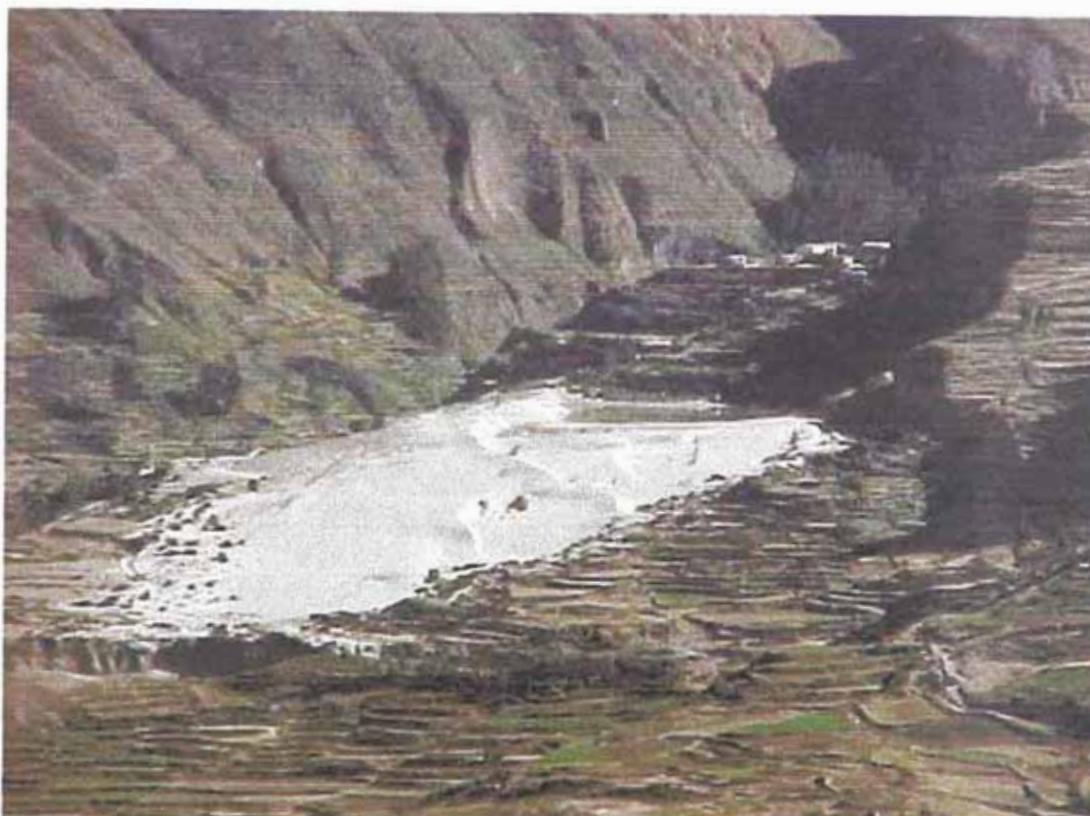
NI = Nivel inferior; NE = No especifica valor

FUENTE: DIRECCIÓN DE ASUNTOS AMBIENTALES MEM

### 6.1.3 Estabilidad física de la cancha de relaves

Los relaves fueron depositados en un ambiente natural (Laguna de Lauramatana) que sobrepasó su capacidad, no se tiene conocimiento si se realizaron trabajos de geotecnia con la finalidad de construir un muro de contención para contener el peligroso avance superficial que actualmente se observa de los relaves.

Los relaves se han deslizado próximos a los cursos de agua de la quebrada Chocacahue que drenan sus aguas al río Colca (Foto N° 25).



*Foto N° 25: Relaves de la Mina Madrigal, contaminando la Quebrada de Chocacahue.*

Se ha tomado una muestra del relave (Cuadro N° 12) y los resultados son los siguientes:

**Cuadro N° 12**  
**Resultados de una Muestra de Relave**

Parámetros	Símbolo	Valores determinados
Azufre	S	2.021 %
Cobre	Cu	196.0 mg/l.
Oro	Au	0.025 gr/TM
Plata	Ag	1.0 mg/l.
Plomo	Pb	981.0 mg/l.
Zn	Zn	2,653.0 mg/l.
Potencial Neto de Neutralización	PNN	-6.640 Kg CaCO <sub>3</sub> /TM
Potencial de acidez	PA	63.150 Kg CaCO <sub>3</sub> /TM
Potencial de Neutralización	PN	56.510 Kg CaCO <sub>3</sub> /TM

FUENTE: DIRECCIÓN DE ASUNTOS AMBIENTALES MEM

El 30 de octubre del 2004, se tomó dos muestras en la presa de relaves a cargo de la Dirección General de Asuntos Ambientales (DIGESA).

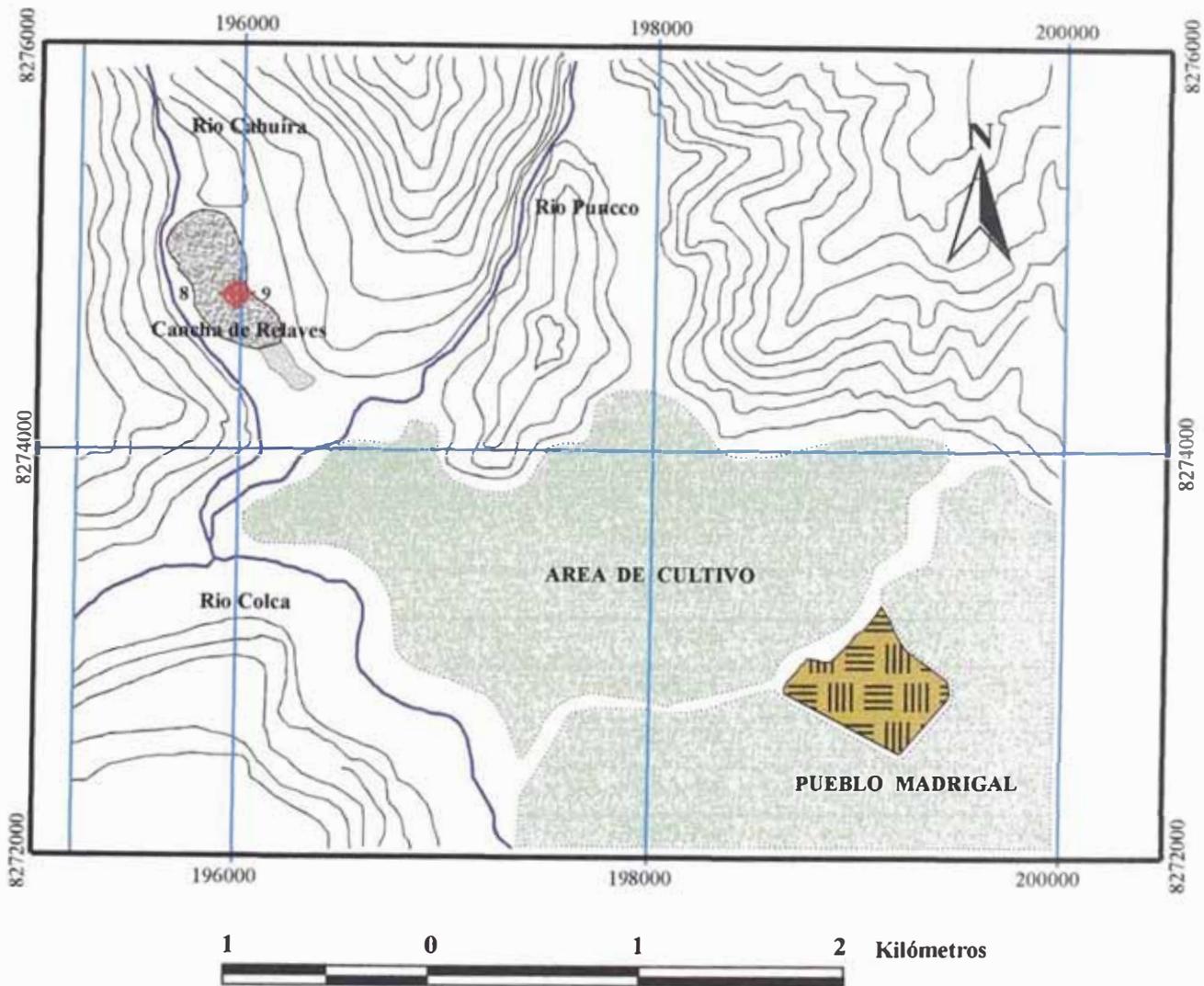
***Puntos de monitoreo***

Los puntos de monitoreo (Figura N° 36), donde se tomaron las muestras para realizar los análisis correspondientes se ilustra en el Cuadro N° 13.

**Cuadro N° 13**  
**Lugares de Monitoreo**

<b>MUESTRA N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>ORIGEN DE LA FUENTE</b>	<b>LUGAR</b>
<b>8</b>	19I 0195978 UTM 8274761	Madrigal	Frente cresta derecha (sedimento seco, resuspendido)
<b>9</b>	19L 0195996 UTM 8274783	Madrigal	Próximo al sistema de riego de aspersión (sedimento desecado por evaporación)

FUENTE: DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL AREQUIPA



**Figura N° 36: Muestreo de la Calidad de Agua y Sedimentos, Distrito Madrigal - Provincia Caylloma Arequipa**

### **RESULTADOS DEL ANALISIS FISICO QUIMICO**

Los resultados del análisis Físico Químico de las dos muestras de sedimentos de los relaves de la Mina Madrigal, se muestra en el Cuadro N° 14 donde se evidencia una alta concentración de Fierro, Cadmio, Manganeso, Zinc; siguiendo en menor proporción los valores de Plomo y Cobre. Las concentraciones de Cromo son bajas en comparación con los demás metales pesados.

**Cuadro N° 14**  
**Resultados del Análisis Físico Químico**

PARAMETROS	MUESTRA	
	8	9
Cadmio ( $\mu\text{g/g Cd}$ )	19009.00	10931.00
Cobre ( $\mu\text{g/g Cu}$ )	436.59	312.75
Cromo ( $\mu\text{g/g Cr}$ )	0.69	0.60
Hierro ( $\mu\text{g/g Fe}$ )	23485.11	9663.41
Manganeso ( $\mu\text{g/g Mn}$ )	1257.99	450.06
Plomo ( $\mu\text{g/g Pb}$ )	1034.46	941.13
Zinc ( $\mu\text{g/g Zn}$ )	3433.73	1603.91

FUENTE: DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL DEL MINISTERIO DE SALUD - DIGESA

#### **6.1.4 Contaminación atmosférica**

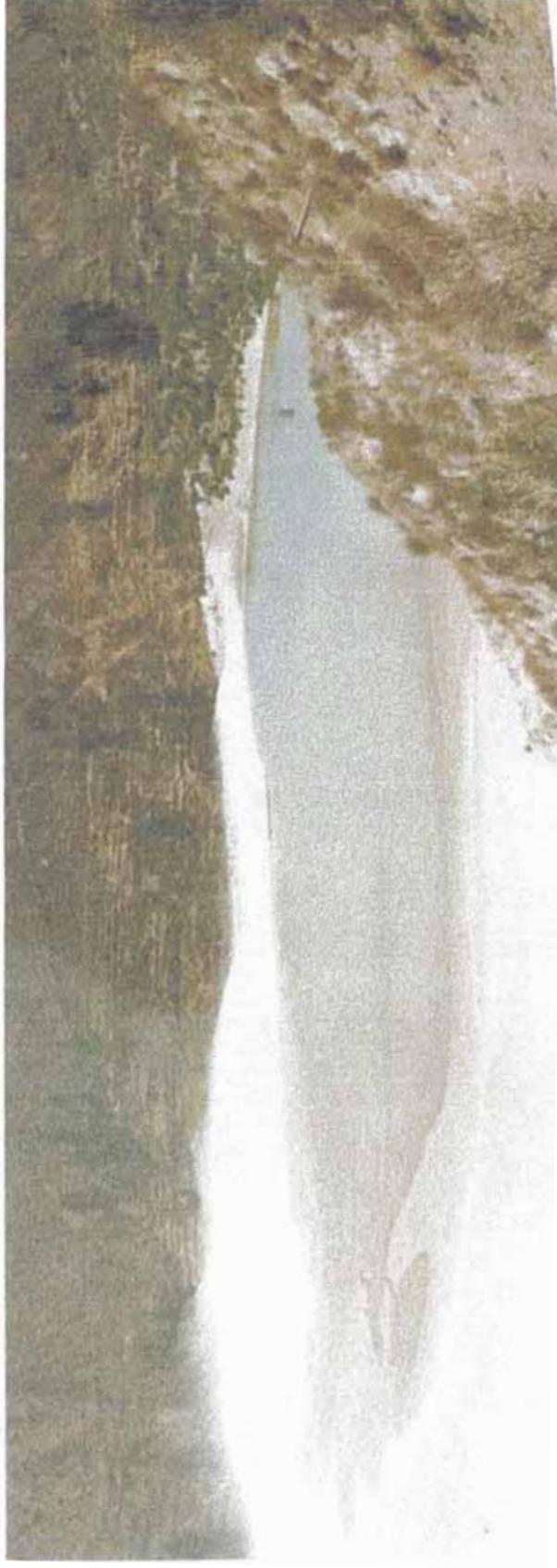
En el caso de los relaves, la generación de polvo se produce debido a que el tamaño de sus partículas las hace propensas a la erosión eólica. Este fenómeno se presenta con mayor fuerza en depósitos abandonados o que están en proceso de secamiento, provocando impactos en la salud como los ocurridos en la localidad de Madrigal. Además, sus partículas son tan finas que pueden ser inhaladas y pasar al sistema respiratorio, causando efectos físicos y químicos importantes. Además, el polvo provoca daños físicos directos a las plantas e impide parcial o totalmente el proceso de fotosíntesis.

El polvo que se produce por acción del viento en la Cancha de Relaves de la Mina Madrigal se eleva aproximadamente entre 08 a 10m de altura en

forma de remolinos y se desplaza en dirección NW a SE, ello ocurre generalmente a partir de las 11:00 a las 17:00 horas, alcanzado un radio circundante a la cancha de relaves de 24Has (Foto N° 26).

Entre el 26 al 30 de octubre del 2004 se realizó un muestreo de la calidad de aire, referente al material particulado respirable PM-10, por considerarse de más alta incidencia de contaminación.

La metodología empleada en nuestro caso es en base a los estándares de calidad de aire del Perú establecidos en el D.S. 074-2001-PCM, así como las normas de monitoreo y análisis de la Environmental Protection Agency (EPA) of USA.



**Foto N° 26:** Vista panorámica de la cancha de Relaves, donde se puede observar que los vientos originan remolinos y desplazamientos de partículas.

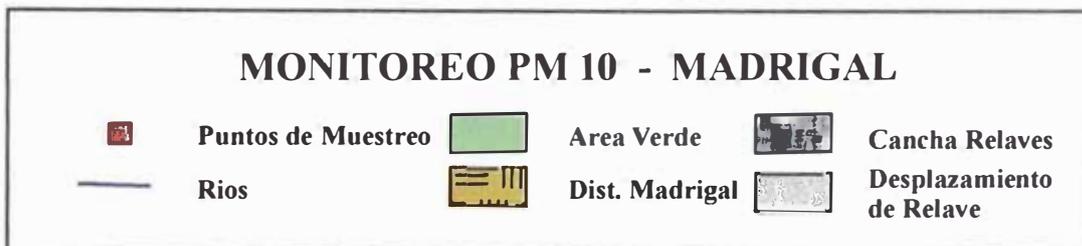
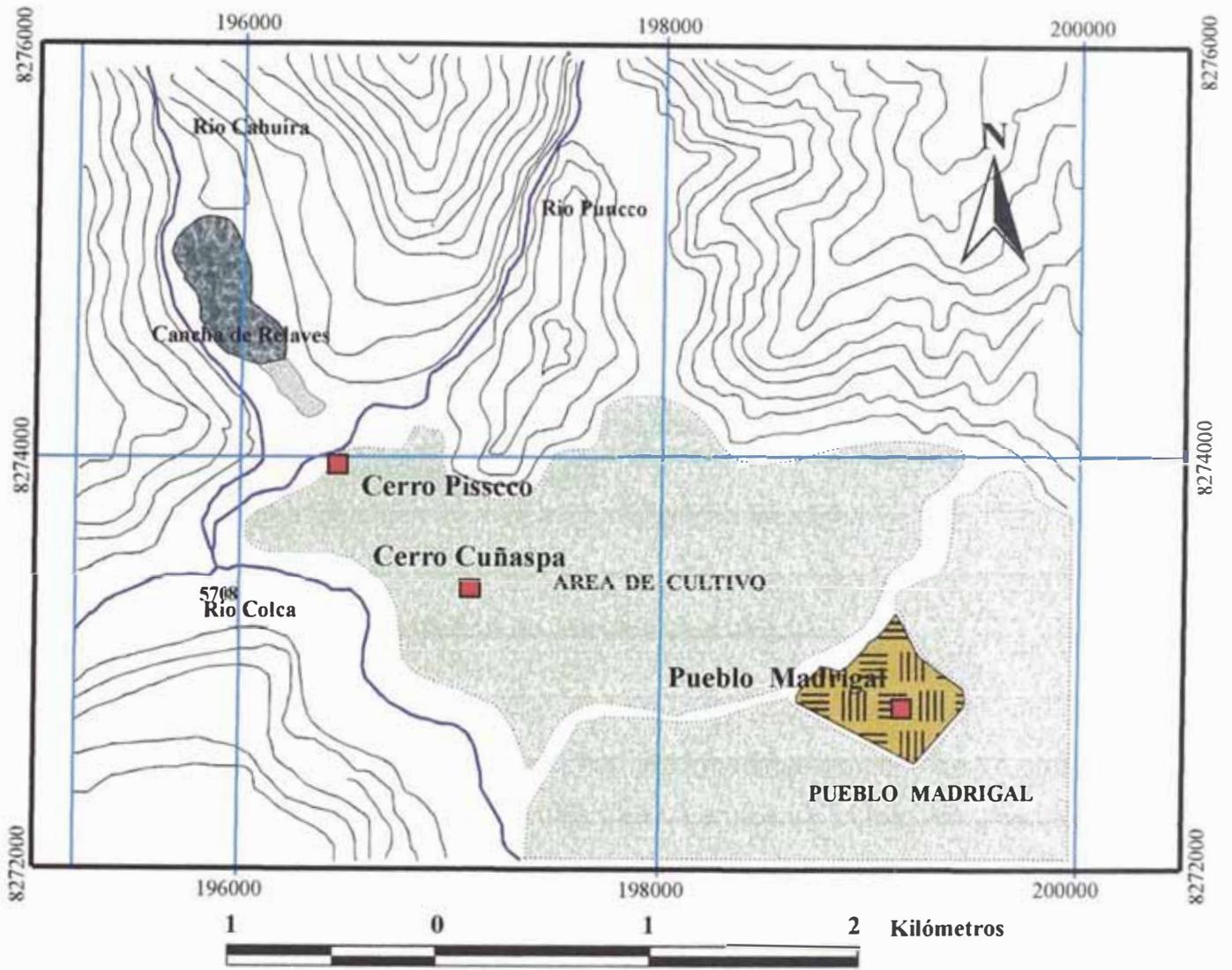
#### **6.1.4.1 Equipos empleados**

- Muestreador de Alto Volumen marca Graseby.
- Calibrador de flujo de aire.
- Filtros de fibra de cuarzo.
- Sensores meteorológicos: termómetro, anemómetro.
- GPS.
- Generador de corriente eléctrica.

#### **6.1.4.2 Ubicación de los puntos de monitoreo**

Para la selección de los puntos donde se realizaría el monitoreo se consideró:

- La ubicación de la cancha de relaves y las zonas pobladas próximas (Madrigal) (Figura N° 37).
- Parámetros meteorológicos, velocidad del viento, direccionalidad y predominancia.
- Seguridad.
- Energía eléctrica.
- Accesos seguros a las zonas consideradas.



**Figura N° 37:** Monitoreo de la Calidad del Aire (PM 10), Distrito Madrigal - Provincia de Caylloma Arequipa

Los puntos de monitoreo se especifica en el Cuadro N° 15.

**Cuadro N° 15**  
**Puntos de Monitoreo**

<b>PUNTO N°</b>	<b>ZONAS</b>
<b>1</b>	Poblado de Madrigal (Local de la Policía Nacional)
<b>2</b>	Cerro Pisscco próximo a la cancha de Relaves
<b>3</b>	Punto intermedio entre el pueblo de Madrigal y la Cancha de Relaves (Cerro Cuñaspa)

FUENTE: DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL AREQUIPA

#### 6.1.4.3 Parámetros y métodos de análisis realizados

##### *Calidad de aire*

Las partículas de aire en suspensión han sido medidas empleando un equipo de alto volumen (Graseby), para su análisis se ha empleado el método gravimétrico.

El equipo Espectrofotómetro de Absorción Atómica, ha sido empleado para analizar los metales pesados de Cu, Pb, Mg, Fe, Cr, Cd (Cuadro N° 16).

**Cuadro N° 16**  
**Instrumental para medir la calidad de aire**

<b>PARAMETRO</b>	<b>EQUIPO EMPLEADO</b>	<b>METODO DE ANALISIS</b>
Partículas respirables PM-10	Muestreados de alto volumen (Graseby)	Gravimétrico
Metales Pesados: Cu, Pb, Mg, Fe, Cr, Cd	Espectrofotómetro de Absorción Atómica	Absorción a la llama

### **Meteorológicos**

El Cuadro N° 17, está referido al instrumental meteorológico que ha sido empleado en el presente estudio y la ubicación geográfica a través de GPS de los puntos monitoreados.

**Cuadro N° 17**  
**Instrumental Meteorológico**

PARAMETRO	EQUIPO EMPLEADO	RANGO DE MEDICION
Altitud	GPS – Garmin	+/-5 m
Coordenadas UTM	GPS – Garmin	-----
Temperatura	Termómetro EXTECH Modelo 45160	-100 °C a 1300 °C
Humedad Relativa	Higrómetro EXTECH	10-95% +/-5.2 m/s
Velocidad del Viento	Anemómetro EXTECH	20 m/s +/-0.8 m/s

#### **6.1.4.4 Resultados de monitoreo**

##### **Material Particulado PM-10**

De acuerdo a los resultados obtenidos (Cuadro N° 18), el material particulado respirable PM-10, en el Poblado de Madrigal es de  $59.79\mu\text{g}/\text{m}^3$  el cual está por debajo del valor de la norma nacional de Calidad Estándar de Aire (ECA.), cuyo valor es de  $150\mu\text{g}/\text{m}^3$  para un monitoreo de 24 horas.

En el segundo punto de monitoreo ubicado en el cerro Pisscco, se determinó una concentración de PM-10 de  $211.59\mu\text{g}/\text{m}^3$  el cual está sobre el ECA. de  $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ , relacionándose la alta concentración de material particulado de características metálicas por la cercanía a la cancha de relaves, así como la constante dispersión del polvo en un área de 400 a 500 metros, en razón de que existen vientos que llegan entre 10 a 14m/s al promediar el medio día.

## Cuadro N° 18

## Resultados Obtenidos de Material Particulado M-10

PUNTO DE MONITOREO	FECHA	CONCENTRACION OBTENIDA EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NORMA NACIONAL ECA PARA 24 HORAS $\mu\text{g}/\text{m}^3$
N° 1 Poblado Madrigal	2004-10-26	59.79	150
N° 2 Cerro de Pisscco Zona de Relaves	2004-10-28	211.59	150
N° 3 Cerro Cuñaspa	2004-10-29	**	-----

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  = microgramos por metro cúbico

\*\* Muestra malograda por corte de fluido eléctrico  
Pesado y desecado: Laboratorio DESA – Arequipa

**Determinación de metales pesados**

Los valores obtenidos del análisis de metales pesados referidos a Cu, Pb, Mg, Fe, Cr y Cd, son bajos y en el caso del Fe existe una notoria presencia de este metal, siendo de  $0.991 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de concentración en la muestra 1 (Poblado de Madrigal).

En base al análisis de laboratorio de la muestra 2, se observa la presencia de metales pesados como del Cu, Pb, Cr y Cd en niveles relativamente bajos, existiendo una marcada presencia de Fe con una concentración de  $3.526 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ello se debe por la cercanía a la presa de relaves (Cuadro N° 19).

## Cuadro N° 19

## Resultados del Análisis de Laboratorio de Metales Pesados

N° REF. LAB.	DATOS DE MUESTREO		PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cu $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Pb $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mg $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Fe $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cr $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cd $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Fecha	Filtro							
1	26/10/04	Muestra N° 1	59.79	<LD	<LD	0.017	0.991	<LD	<LD
2	28/10/04	Muestra N° 2	211.59	<LD	<LD	0.087	3.526	<LD	<LD

Método de referencia de la EPA

Determinación de PM-10, Método de Referencia EPA – CFR 40, Parte 50

Plomo y otros metales : CFR 40 Parte 50

Límite de Detección (LD) Cu :  $0.035 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Límite de Detección (LD) Pb :  $0.255 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Límite de Detección (LD) Cr :  $0.035 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Límite de Detección (LD) Cd :  $0.023 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Análisis: Laboratorio - DIGESA

### 6.1.4.5 Parámetros Meteorológicos

Los parámetros meteorológicos de temperatura (máxima, mínima), humedad relativa (máxima, mínima) y viento (velocidad, dirección) han sido realizados con instrumental de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (Cuadro N° 20) de Arequipa en cada uno de los puntos de monitoreo y posteriormente se obtuvo los resultados de la estación meteorológica fija del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) (Cuadro N° 21).

**Cuadro N° 20**  
**Datos Obtenidos con el Instrumental Meteorológico de DESA**  
**Arequipa.**

ZONAS	FECHA	TEMPERATURA °C		HUMEDAD RELATIVA %		VIENTO	
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Veloc.	Direcc.
Pueblo Madrigal	26/Oct/2004	25.4	4.0	28.5	15.5	8m/s	NE
Pueblo Madrigal	27/Oct/2004	23.0	6.0	29.2	13.5	10m/s	WNW
Cerro Pisscco	28/Oct/2004	23.1	4.5	30.1	12.5	14m/s	NW

**Cuadro N° 21**  
**Datos Obtenidos de la Estación Meteorológica del SENAMHI**  
**Madrigal**

#### Temperatura y Humedad Relativa

FECHA	T° MAXIMA °C	T° MINIMA °C	HR MAXIMA %	HR MINIMA %
26-10-04	24.0	2.0	26.0	10.0
27-10-04	22.5	3.5	25.5	8.5
28-10-04	21.0	2.0	29.0	9.5

### Velocidad del viento y predominancia

FECHA	HORARIO	VELOCIDAD (m/s)	DIRECCION
26 -10 - 04	07.00	-	Calma
	13.00	10	WSW
	19.00	02	NW
27 - 10 - 04	07.00	-	Calma
	13.00	08	WNW
	19.00	06	NW
28 - 10 - 04	07.00	-	Calma
	13.00	12	NW
	19.00	02	SW

### Altitud y Coordenadas UTM

PUNTO DE MONITOREO	UTM	19 L	ALTITUD m.s.n.m.
Punto N° 1 Poblado Madrigal	8272778	0199174	3262
Punto N° 2 Cerro Pisscco	8273972	0196457	3240
Punto N° 3 Cerro Cuñaspa	8273354	0197111	3250

FUENTE: DESA.

#### 6.1.5 Contaminación de los suelos

Este fenómeno se presenta cuando las sales y metales de los relaves consolidados en el subsuelo se mueven hacia la superficie del suelo productivo. La contaminación de los suelos toma mayor fuerza durante la revegetación de los terrenos. Aquí se producen dos fenómenos principalmente: primero, cuando los elementos entran en contacto con las raíces de las plantas pueden provocar su muerte; y segundo, cuando los metales, como el cobre, plomo y cadmio, son absorbidos y acumulados por las plantas, que al ser consumidas por animales provocan ciertas enfermedades como diarreas vómitos entre otras.

Los terrenos adyacentes a la cancha de relaves han sido afectados por el desplazamiento del polvo, alcanzando un radio entre 1 a 1.5 kilómetros aproximadamente, con un espesor entre 0.50m a 0.05m así como muchos montículos de relaves de diferentes espesores, estimándose un volumen acumulado de 51,200m<sup>3</sup> entre cultivos transitorios de bajo riego, tierras de descanso y tierras de pastoreo, se ha observado también partículas de polvo en pequeñas cantidades en pastos naturales y cultivados que sirven de forraje al

ganado (Foto N° 27), los que han tenido que ser evacuados a otras zonas para evitar su muerte.



*Foto N° 27: Desplazamiento de partículas de polvo a terrenos de cultivo adyacentes a la cancha de relaves.*

### **6.1.6 Contaminación de las aguas**

Las aguas de los ríos Cahuira y Colca, de los puquiaies y canaies de regadío sirven para preparar los alimentos de los pobladores, regar cultivos y bebida de los animales, los que reciben directamente el polvo de los relaves que es transportado por el viento.

El Canal que conduce agua para la población de Madrigal en época de estiaje, que cruza aproximadamente a 600m en dirección NE de la cancha de relaves, a una altura de 100m; se ha encontrado sedimentos de estos relaves de hasta 4 centímetros de espesor.

El día 31 de octubre del 2004 se realiza los análisis microbiológicos del sistema de agua potable del distrito de Madrigal.

Los resultados de los análisis microbiológicos de la calidad de agua de consumo humano que corresponde a 4 muestras, tomadas en puntos estratégicos de las

unidades sanitarias del sistema de captación, reservorio y 2 conexiones domiciliarias, como se puede observar en el Cuadro N° 22.

Las muestras 2, 3 y 4 de acuerdo a la Norma Técnica Peruana (NTP), para los Límites Máximos Permisibles (LMP) y según los indicadores microbiológicos de contaminación, califican como agua no apta para el consumo humano.

**Cuadro N° 22**

**Resultados del Análisis Microbiológico en el Sistema de Agua Potable Distrito de Madrigal**

<b>ENSAYOS</b>	<b>CODIGO MUESTRA</b>	<b>LOCALIDAD</b>	<b>ORIGEN DE LA FUENTE</b>	<b>PUNTO DE MUESTREO</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>LIMITE PERMISIBLE (NTP)</b>
Coliformes Totales	1	Madrigal	Canal Sahuayto	Entrada a reservorio	130/100 ml	No aplicable
coliformes Termotolerantes	1	Madrigal	Canal Sahuayto	Entrada a reservorio	30/100 ml	No aplicable
Bacterias Heterotróficas	1	Madrigal	Canal Sahuayto	Entrada a reservorio	100/ml	No aplicable
Coliformes Totales	2	Madrigal	Canal Sahuayto	Reservorio	13/100 ml	Ausencia/100 ml
Coliformes Termotolerantes	2	Madrigal	Canal Sahuayto	Reservorio	4/100 ml	Ausencia/100 ml.
Bacterias Heterotróficas	2	Madrigal	Canal Sahuayto	Reservorio	40/100 ml	50x10 U.F.C/ml
Coliformes Totales	3	Madrigal	Canal Sahuayto	Conex. Dom. Elmer Huanqui	13/100 ml	Ausencia/100 ml.
Coliformes Termotolerantes	3	Madrigal	Canal Sahuayto	Conex. Dom. Elmer Huanqui	4/100 ml	Ausencia/100 ml.
Bacterias Heterotróficas	3	Madrigal	Canal Sahuayto	Conex. Dom. Elmer Huanqui	19/100 ml	50x10 U.F.C/ml
Coliformes Totales	4	Madrigal	Canal Sahuayto	Conex. Dom. Ceférino Condori	21/100 ml	Ausencia/100 ml.
Coliformes Termotolerantes	4	Madrigal	Canal Sahuayto	Conex. Dom. Ceférino Condori	7/100 ml	Ausencia/100 ml.
Bacterias Heterotróficas	4	Madrigal	Canal Sahuayto	Conex. Dom. Ceférino Condori	52/100 ml	50x10 U.F.C/ml

FUENTE: LABORATORIO DE AGUAS DE LA DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL DE LA DIRSA - AREQUIPA

## **6.2 Minería no Metálica**

### **6.2.1 Contaminación atmosférica**

La contaminación atmosférica en el entorno de la localidad de Maca se debe a un depósito lagunar constituido por diatomeas que fueron explotadas por la Mina Santa Elisa, posteriormente abandonada.

El fuerte viento que se presenta en la zona, con dirección NW a SE a partir de las 10:00 a 17:00 horas es la causa de la contaminación en esta zona, los vientos levantan este material fino y lo transportan hacia el nuevo Asentamiento del pueblo de Maca (Anansaya), reubicado después del terremoto de Maca (1991).

## **6.3 Caracterización de los Impactos Ambientales en las Poblaciones del Valle del Colca**

La generación de los impactos ambientales en las poblaciones del valle del Colca, se han visto incrementadas por la afluencia de turistas nacionales y extranjeros que visitan el valle del Colca (aproximadamente 50,000 personas anualmente).

### **6.3.1 Impacto de residuos sólidos domiciliarios**

Este impacto está relacionado con la generación y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios, centros de abastos (mercado), comercios, centros de salud y de actividades relacionadas con el turismo en la ciudad de Chivay capital de la provincia de Caylloma y en los distritos del valle del Colca (Margen derecha, Coporaque, Ichupampa, Lari, Madrigal, Margen izquierda Yanque, Achoma y Maca) disminuyen los porcentajes de contaminación, debido a la menor población de estos sectores, pero no por ello dejan de ser importantes.

La basura se recolectaba de manera irregular por parte de la municipalidad del distrito de Chivay hasta fines del año 2000 y era depositada en la margen superior derecha del río Colca, muy próxima a la ciudad, vía al distrito de Coporaque, generándose grandes focos de contaminación, con la consiguiente proliferación de moscas, roedores entre otros, que perjudicaban a la población. En la actualidad cuenta con un camión recolector de basura (compactadora); en otros

distritos ésta actividad se realiza a través de una carreta arrastrada por asémilas y en otros no se cuenta con ningún tipo de servicio por parte de los municipios.

La quema de basura, por lo tanto es una de las prácticas más comunes de la población del valle del Colca, realizándose esta actividad en el patio y en la cocina de las casas, o sino cerca del río, contaminando el medio ambiente.

En las localidades de Chivay y Coporaque existe un micro relleno sanitario manual, para la disposición final de los desechos sólidos que viene funcionando en la actualidad, en otros distritos se ha recibido el apoyo de algunas organizaciones no gubernamentales (ONGs), quienes han realizado algunos estudios y/o han apoyado en la construcción de éstos, como es el caso del distrito de Lari, y en otros algunas quebradas se han convertido en pequeños basurales.

### **6.3.2 Impacto debido a las aguas residuales**

Las aguas residuales producidas por la actividad diaria del hombre son recolectadas por el sistema de alcantarillado, que si bien es cierto existía una pequeña planta de tratamiento en algunos distritos como Yanque, Achoma, Coporaque y Chivay, éstas se encuentran en mal estado, por lo que actualmente podríamos considerar que las aguas residuales no se conducen a ninguna planta de tratamiento, sino que estas aguas son vertidas directamente al río Colca, produciendo una alta contaminación.

El caudal de agua residual no siempre tiene un régimen regular, varía durante el día y la noche, dependiendo del tamaño de la población servida, turistas nacionales y extranjeros.

Se adjunta el Cuadro N° 23 de monitoreo realizado por la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de Arequipa en la que, el río Colca se clasifica como Clase III, según la Ley General de Aguas (LGA), aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.

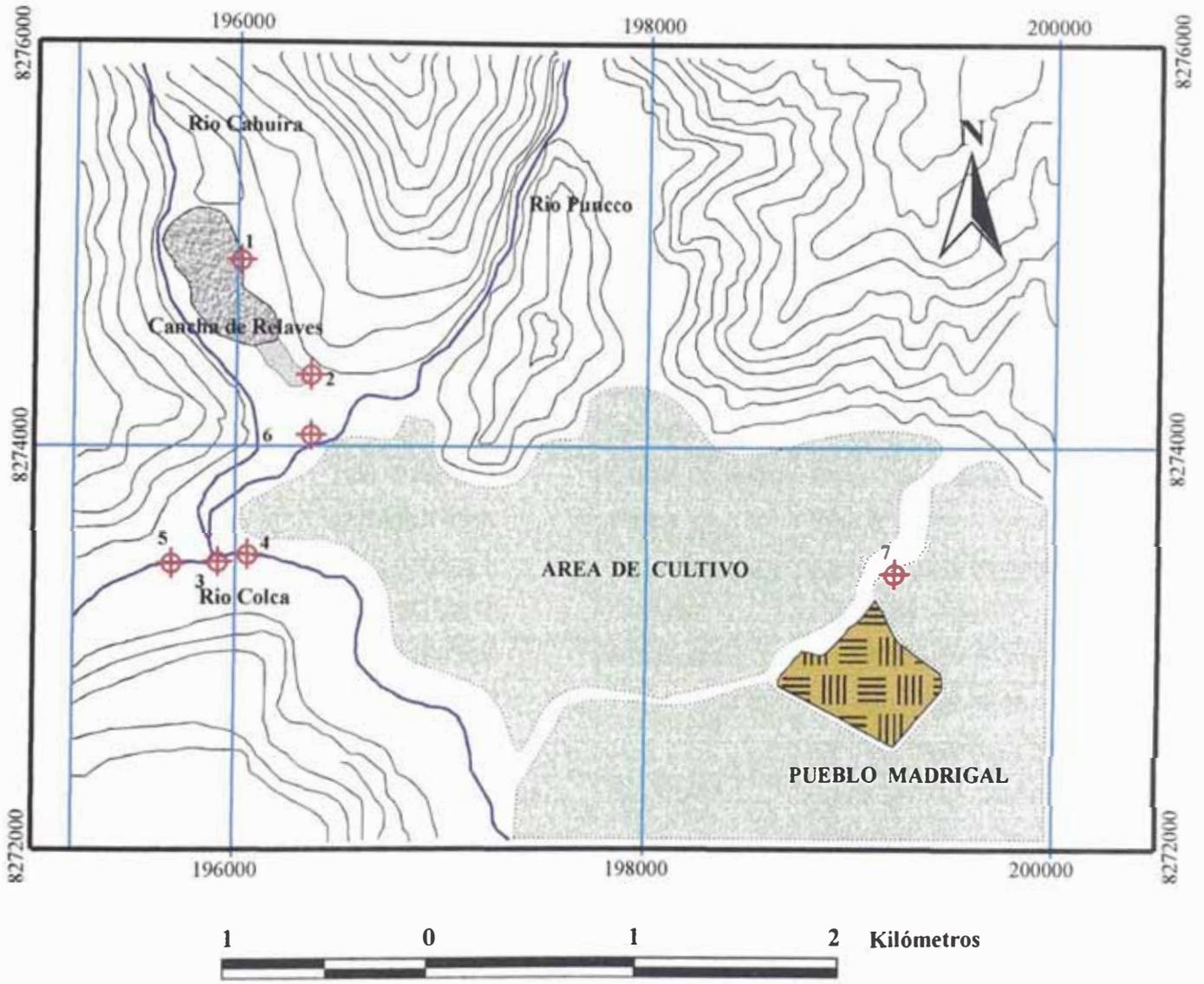
**Cuadro N° 23**  
**Monitoreo de Aguas del Río Coica**

Parámetro	Nro.	1	2	3	4
	Lugar	Sibayo	Tuti	Chivay	Yanque
<b>pH</b>	unidades	6.80	6.70	6.70	6.70
<b>Coliformes Totales</b>	NMP/100ml	1.10E+03	4.60E+03	1.10E+04	2.10E+03
<b>Coliformes Termotolerantes</b>	NMP/100ml	1.50E+02	1.50E+03	2.10E+03	1.20E+03

REFERENCIA: ANÁLISIS DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL (DIGESA)

### 6.3.2.1 Evaluación sanitaria de los recursos hídricos de Madrigal

El 30 de octubre del 2004, se efectúa una evaluación de la calidad sanitaria de los recursos hídricos del distrito de Madrigal, incluyendo el río Colca en relación a la contaminación por vertimiento de relaves mineros (Figura N° 38).



**Figura N° 38 Muestreo de la Calidad de Agua y Sedimentos, Distrito Madrigal - Provincia Caylloma Arequipa**

En el Cuadro N° 24, nos indica los lugares de Madrigal donde se realizó la toma de muestras para su análisis correspondiente:

**Cuadro N° 24**  
**Lugares de Monitoreo**

<b>MUESTRA N°</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>ORIGEN DE LA FUENTE</b>	<b>LUGAR</b>
<b>1</b>	19L 0196003 UTM8274935	Laguna de relaves	Agua de presa de relaves de mina Madrigal
<b>2</b>	19L 0196365 UTM 8274359	Canal de riego Pallca	Agua de canal de riego Pallca
<b>3</b>	19L 0195921 UTM 8273416	Ríos Puncco y Cahuira	Agua de la unión de los ríos Puncco y Cahuira
<b>4</b>	19L 0196064 UTM 8273453	Río Colca	Agua del río Colca, 100m. aguas arriba de la unión de los ríos Puncco y Cahuira
<b>5</b>	No se pudo tomar las señales de GPS, por talud del cañón	Río Colca	Agua del río Colca, 150m. aguas abajo de la unión de los ríos Puncco y Cahuira
<b>6</b>	19L 0196374 UTM 8274054	Río Puncco	Agua río Puncco, frente a la cancha de relaves
<b>7</b>	19L 0199232 UTM 8273358	Canal captación agua potable	Agua del canal de captación del sistema de agua potable

FUENTE: DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL AREQUIPA

Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro N° 25.

### CUADRO N° 25

#### Evaluación de la calidad de los recursos hídricos del Distrito de Madrigal

PARAMETRO	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	LGA Clase III	R.M. 011096 EMA/VMM (Cualquier momento)
As (mg/l)	<LDM	<LDM	<LDM	0.036	0.031	<LDM	<LDM	0.2	1.0
Cd (mg/l)	0.014	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	0.05	---
Cu (mg/l)	0.034	0.011	0.039	<LDM	0.006	<LDM	<LDM	0.5	2.0
Cr (mg/l)	<LDM	1.0	---						
Fe (mg/l)	0.848	0.684	7.891	0.890	1.278	0.279	1.208	---	5.0
Mn (mg/l)	1.625	0.102	0.736	0.066	0.111	0.072	0.075	---	---
Hg (mg/l)	---	---	---	0.009	---	---	---	0.01	---
Pb (mg/l)	0.092	0.038	0.038	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	0.1	1.0
Zn (mg/l)	0.787	0.374	0.771	0.057	0.099	0.082	0.042	25.0	6.0

FUENTE: DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL AREQUIPA

Valores LDM (Método límite de detección)

Cobre (LDM)	0.005 mg/L	Cromo (LDM)	0.050 mg/L
Plomo (LDM)	0.023 mg/L	Zinc (LDM)	0.038 mg/L
Manganeso (LDM)	0.025 mg/L	Cadmio (LDM)	0.010 mg/L
Hierro (LDM)	0.038 mg/L	Arsénico (LDM)	0.006 mg/L

Del cuadro N° 25 se desprende que sólo dos muestras de agua (M-4 y M-5) han reportado la presencia de arsénico con valores por debajo de los LDM, para uso de Clase III de la Ley General de Aguas (LGA), las demás tienen valores < al LDM. Respecto a la muestra M-1 tiene 0.014mg/l de Cd, que es < 0.050mg/l de la Clase III de LGA.

En referencia al cobre de las 7 muestras de agua, se han obtenido 4 con valores inferiores a los LDM (M-1, M-2, M-3 y M-5), para uso de Clase III de la LGA, y las otras 3 muestras tienen valores < al LDM. Todas las muestras de agua presentan valores < al LDM, con respecto al cromo.

Las muestras de agua (M-1, M-2, M-3, M-4, M-5, M-6 y M-7) presentan altos valores de fierro, pero no están consideradas dentro de las tablas de sustancias potencialmente peligrosas, de igual manera el manganeso.

Con respecto al mercurio una sola muestra de agua (M-4) presenta valor, pero es inferior a la Clase III de la LGA.

De las 7 muestras de agua tomadas, 3 (M-1, M-2 y M-3) indican la presencia de plomo con valores inferiores a la Clase III de la LGA. y las otras tienen valores < LDM.

Todas las muestras de agua presentan valores de zinc, pero por debajo de los LMP.

## **6.4 Hidrotermalismo**

### **6.4.1 Fuentes termales La Calera**

La Calera, es conocida por sus aguas termales, está situada a 3Km al norte de la ciudad de Chivay.

#### **6.4.1.1 Geología local**

Las aguas termales de la Calera emergen al exterior a través de las rocas sedimentarias del Grupo Yura (miembro Hualhuani), que al encontrarse bastante diaclasado ha permitido el paso de las aguas, éstas se hallan a su vez cubiertas por capas de material aluvial.

Por el lado oeste de las fuentes, en la margen derecha del río Colca, se hallan potentes capas de basalto (Grupo Barroso), suprayaciendo a las rocas del Grupo Yura se hallan las brechas andesíticas (Grupo Tacaza) las cuales han sido erosionadas por el río para formar el valle y posterior formación de terrazas por donde emergen las aguas termales.

#### **6.4.1.2 Propiedades de las aguas termales**

Se puede distinguir las siguientes propiedades Físico-organoolépticas de las aguas termales de La Calera:

**Cuadro N° 26**  
**Propiedades Físico-Organolépticas**

Terma No.	Temp. °C	Color	Sabor	Olor	Reacción	Aforo
1	69 – 70	Incolora	Salobre	a SH <sub>2</sub>	Ácida	4.5
2	63 – 64	Incolora	Salobre	a SH <sub>2</sub>	Ácida	3.5

Como se ve en el Cuadro N° 26, se ha anotado propiedades de dos fuentes; la primera fuente es la que proporciona el agua para las piscinas, y es la de mayor temperatura y ebullición; la segunda fuente está aproximadamente a unos 70m de la primera, la cual no se utiliza y va directamente a desembocar al río que está bastante próximo.

En los distritos de Yanque, Achoma, Coporaque, así como en las riberas del río Colca, existe pequeños manantiales de aguas termales con temperaturas entre 53° y 54°, que han dado lugar a la construcción de piscinas por parte de la municipalidades de la zona, como de empresarios particulares (dueños de hospedajes), que tienen gran afluencia de turistas.

En el sector de Pinchollo, Quebrada Huayuray, falda norte del Nevado Hualca Hualca, se tiene una fuente termal de vapor que se conoce con el nombre de “Valle del Fuego”.

#### **6.4.1.3 Origen de las aguas termales**

La génesis de las aguas termales es algo compleja; es posible que estas fuentes procedan de aguas meteóricas de infiltración, de aguas procedentes de pequeñas lagunas que se hallan en niveles más elevados, o del deshielo de los nevados, así como las aguas juveniles, todas estas aguas alcanzan grandes profundidades donde adquieren las elevadas temperaturas.

El ciclo de su circulación es muy complejo, haciendo más difícil la explicación de su recorrido subterráneo, teniendo en cuenta que su caudal aumenta en tiempo

de lluvias y disminuye ligeramente en el tiempo de sequía. El nivel de estas aguas subterráneas es algo más alto que el nivel del río.

Las aguas de las termas de La Calera son de origen profundo, debido a la alta temperatura que se ha registrado y a su constancia tanto en las estaciones frías como calurosas. Como se observa entre las fuentes una variación de temperatura, esto nos indica que son independientes una de otra, y que proceden de profundidades variables; la primera fuente proviene de una profundidad de 2300m, la segunda de otra profundidad de 2100m; esto teniendo en cuenta el grado geotérmico, y considerando que la temperatura media del lugar varía de 4 a 6°C.

Considerando las propiedades químicas de la Calera (Cuadro N° 27), se ha obtenido los siguientes resultados:

**Cuadro N° 27**  
**Propiedades Químicas del Agua de la Calera**

Elemento	Calcio	Zinc	Hierro	Carbono	Sales	Otros
Porcentaje	30%	19%	18%	1.5%	10%	8%

Las aguas de la calera contienen 30% de calcio, 19% zinc y 18% de hierro, elementos que pueden ser absorbidos por los poros y ayudan en sobremanera a los dolores musculares y óseos. Esto mediante un uso continuo, pero reducido en tiempo, pues, un uso prolongado, más de 30 minutos puede provocar desmayos en organismos débiles.

## **CAPITULO 7**

### **MEDIDAS DE MITIGACION**

Las diferentes actividades realizadas por el hombre a través del tiempo, han ocasionado alteración del medio ambiente, que ha afectado la calidad de vida de las personas así como del ecosistema en general.

Las continuas descargas de aguas residuales domésticas, los residuos sólidos, la actividad minera y otras, han incidido notoriamente en el deterioro ambiental, siendo necesario realizar medidas de mitigación, rehabilitación a fin de prevenir su agudización.

#### **7.1 Minería metálica**

Los pasivos ambientales no han sido resueltos hasta la fecha, ríos como el Colca y localidades como Madrigal están siendo afectados por la contaminación. Se ha intentado resolver esta problemática a través de los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), pero no se ha logrado resultados satisfactorios.

Se ha realizado un diagnóstico de los impactos ambientales producidos por la mina Madrigal (abandonada), de ello se desprende que el drenaje ácido de mina y el polvo producido en la presa de relaves, son principales contaminantes.

##### **7.1.1 Plan de cierre y abandono para la mina subterránea**

Las tecnologías que se conoce para el cierre de la mina son:

- **Método de descarga cero.** °Que consiste en aplicar un tapón de hormigón en la bocamina para encerrar totalmente el agua dentro de la mina. Con este método se consigue recuperar el nivel del agua subterránea previo a la apertura de la mina, el agua subterránea deja de pasar por la zona del yacimiento y se previene la contaminación del agua subterránea
- **Método del Rebose.** Depende de las condiciones geológicas del área, las cuales deben ser favorables; por lo que es conveniente hacer rebosar el agua por la galería superior.

En este caso, el caudal del drenaje ácido de la galería superior se reduce comparando con el flujo del afluyente de la bocamina inferior, disminuyendo la oxidación de los iones debido a que el yacimiento inundado no está en contacto directo con el aire, logrando así reducir la dilución de metales pesados y mejorando la calidad del agua.

- **Método de eliminación de Ingreso de aire.** Este método se aplica cuando es imposible la instalación de tapones apropiados en la galería o cuando fuera imposible la clausura de la galería según los métodos anteriores para eliminar el drenaje ácido hacia la superficie de la tierra.

Este método consiste en impedir la entrada de aire hacia el interior de la mina acumulando una parte del agua de mina dentro de la galería, y por lo tanto, la forma de tapón y su tamaño son diferentes a los métodos de descarga cero y de rebose.

Al producirse por este método un estado de falta de aire en la galería se detiene la oxidación del mineral, contribuyendo de esta manera a mejorar la calidad del agua.

- **Método mixto.** Es una combinación del método de clausura de galería de tipo rebose y el método de cierre del aire, en el cual se procura mejorar la calidad del agua inundando el macizo mineral y el cierre de la fuente de oxígeno.

Efectuar un proyecto que comprenda varios factores como condiciones climáticas, geológicas, hidrológicas ambientales, económicas y sociales es muy difícil, pero es necesario realizarlo para evitar la contaminación ambiental minera, que tanto daño viene ocasionando.

### **7.1.2 Plan de cierre y abandono para depósitos de relaves**

Para realizar el plan de cierre o abandono de la presa de relaves, tiene que buscarse un equilibrio con la naturaleza, efectuándose diferentes fases de recuperación de las áreas donde se hallan depositados los relaves y efluentes.

El suelo es la parte más superficial de la litosfera, constituye el medio donde se desarrollan las plantas, su espesor es variable y la capa de tierra agrícola que debe ser instalada en la cancha de relaves de la Mina Madrigal es de 0.45m, con la finalidad de recuperar esta zona para reincorporarla a la producción agrícola, detener la erosión, evitando de esta manera mayor pérdida de zonas de cultivo, contaminación del agua para el riego como para el consumo de la población.

Para rellenar la zona de relave con material seleccionado, se deberá primeramente realizar la remoción de tierras con el apoyo de maquinarias y herramientas necesarias, determinando el área de corte del material de relleno sin que afecte a los lugares de donde se va extraer, asimismo se fijará los lugares donde se efectuará esta actividad y controlar su espesor.

La clasificación del material de relleno será de acuerdo a su dureza y a la dificultad que presente al momento de su extracción.

A continuación se ha preparado algunos cuadros de las diferentes actividades que se puede realizar, así como los costos que representaría en nuevos soles.

**Cuadro N° 28**  
**Gastos de Pre-inversión del Estudio**

CODIGO	DESCRIPCION	COSTO DIARIO	DIAS	SUB TOTAL	TOTAL S/.
<b>TRABAJO DE CAMPO</b>					
01-TC	Ingeniero	100	02	200.00	
02-TC	Topógrafo	80	02	160.00	
03-TC	Estación Total	124	02	248.00	
04-TC	Materiales varios	05	02	10.00	618.00
<b>TRABAJO DE GABINETE</b>					
01-TG	ingeniero	90	02	180.00	
02-TG	Topógrafo	70	02	140.00	
03-TG	Equipo de Computo	20	02	40.00	
04-TG	Impresión de Planos, copias y anillados	22	01	22.00	382.00
<b>COSTO TOTAL S/.</b>					<b>1 000.00</b>

**Cuadro N° 29**  
**Gastos Generales de Obra**

CODIGO	DESCRIPCION	MESES	COSTO	SUB TOTAL	TOTAL S/.
01-GGO	Ing. Residente	4	2 500.00	10 000.00	
02-GGO	Maestro de obra	4	1 800.00	7 200.00	
03-GGO	Movilidad y viáticos Ing. Residente	4	1 180.00	4 720.00	
04-GGO	Movilidad y viáticos Maestro de obra	4	1 000.00	4 000.00	
01-GGO	Otros	4	500.00	397.40	26 317.40

La movilización y desmovilización de toda la maquinaria, equipo y herramientas necesarias para la ejecución de la obra será desde la ciudad de Arequipa y consta de lo siguiente:

***Maquinaria pesada:***

01 Tractor oruga

01 Motoniveladora

04 Volquetes

01 Camión plataforma

01 Cargador frontal

01 Perforadora neumática o explosivos

01 Camioneta 4x4

***Equipo ligero:***

Nivel

Teodolito

Jaiones

Mira topográfica

Herramientas varias

Cuadro N° 30

Cronograma: Valorización de las Actividades a Realizar en la Presa de Relaves

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO S/.	PRIMER MES S/.	SEGUNDO MES S/.	TERCER MES S/.	CUARTO MES S/.
01.00	<b>MOVILIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE EQUIPO</b>					
01.01	Movilización y descripción de equipo	8 775.00	8 775.00			
01.02	Transporte de combustible y personal	38 760.00	9 690.00	9 690.00	9 690.00	9 690.00
02.00	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
02.01	Trazo y replanteo	2 290.75	572.69	572.69	572.69	572.69
02.02	Corte con equipo material suelto	170 686.01	34 137.20	51 205.80	51 205.80	34 137.20
02.03	Corte con equipo material suelto roca Fijo	118 757.70	23 751.54	35 627.31	35 627.31	23 751.54
02.04	Transporte de material cantera-obra	552 251.18	110 450.24	165 675.35	165 675.35	110 450.24
02.05	Relleno en la zona de relave espesor = 0.45m.	424 348.61	84 869.72	127 304.58	127 304.58	84 869.72
	<b>COSTO S/.</b>	1 315 869.25	272 246.39	390 075.73	390 075.73	263 471.39
	Gastos generales	26 317.39	6 579.35	6 579.35	6 579.35	6 579.35
	Gastos imprevistos 5%	65 793.46	16 448.36	16 448.37	16 448.37	16 448.36
	Gastos de inspección	5 000.00	1 250.00	1 250.00	1 250.00	1 250.00
	Gastos de preinversión	1 000.00	1 000.00	----	----	----
	<b>TOTAL PRESUPUESTO S/.</b>	1 413 980.10	297 524.10	414 353.45	414 353.45	287 749.10

## Cuadro N° 31

## Diagrama de Barras

ITEM	DESCRIPCION	COSTO S/.	PRIMER MES S/.	SEGUNDO MES S/.	TERCER MES S/.	CUARTO MES S/.
01.00	<b>MOVILIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE EQUIPO</b>					
01.01	Movilización y descripción de equipo	8 775.00	100 xxxxxxxxxxxx			
01.02	Transporte de combustible y personal	38 760.00	25 xxxxxxxxxxxx	25 xxxxxxxxxxxx	25 xxxxxxxxxxxx	25 xxxxxxxxxxxx
02.00	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
02.01	Trazo y replanteo	2 290.75	25 xxxxxxxxxxxx	25 xxxxxxxxxxxx	25 xxxxxxxxxxxx	25 xxxxxxxxxxxx
02.02	Corte con equipo material suelto	170 686.01	20 xxxxxxxxxxxx	30 xxxxxxxxxxxx	30 xxxxxxxxxxxx	20 xxxxxxxxxxxx
02.03	Transporte de material cantera-obra	118 757.70	20 xxxxxxxxxxxx	30 xxxxxxxxxxxx	30 xxxxxxxxxxxx	20 xxxxxxxxxxxx
02.04	Corte con equipo material suelto roca Fijo	552 251.18	20 xxxxxxxxxxxx	30 xxxxxxxxxxxx	30 xxxxxxxxxxxx	20 xxxxxxxxxxxx
02.05	Relleno en la zona de relave espesor = 0.45m.	424 348.61	20 xxxxxxxxxxxx	30 xxxxxxxxxxxx	30 xxxxxxxxxxxx	20 xxxxxxxxxxxx
	<b>COSTO S/.</b>	1 315 869.25	272 246.39	390 075.73	390 075.73	263 471.39
	Gastos generales	26 317.39	25 xxxxxxxxxxxx	25 xxxxxxxxxxxx	25 xxxxxxxxxxxx	25 xxxxxxxxxxxx
	Gastos imprevistos	65 793.46	25 xxxxxxxxxxxx	25 xxxxxxxxxxxx	25 xxxxxxxxxxxx	25 xxxxxxxxxxxx
	Gastos de inspección	5 000.00	25 xxxxxxxxxxxx	25 xxxxxxxxxxxx	25 xxxxxxxxxxxx	25 xxxxxxxxxxxx
	Gastos de preinversión	1 000.00	100 xxxxxxxxxxxx			
	<b>TOTAL PRESUPUESTO S/.</b>	1 413 980.10	297 524.10	414 353.45	414 353.45	287 749.10

### **Forestación a emplearse**

El cultivo de la tuna opuntia ficus-indica (L), es una planta xerofítica que puede ser utilizada, por su gran capacidad de resistencia a los factores climáticos que influyen en su capacidad productiva.

La plantación de tunas, con fines de obtención de cochinilla, se presenta como una alternativa de solución para el desarrollo socio-económico de la población rural, destacando las condiciones favorables para su desarrollo que ofrece la zona y a la rentabilidad que presenta con fines de exportación.

La penca es considerada un gran alimento para el ganado ayudando a aumentar la productividad lechera y cubriendo la falta de alimento en época de escasez de pasto y de sequía; puede ser empleada también como deslinde de los canales de riego, goma en construcciones y en fabricación de pinturas etc.

### **Cuadro N° 32**

#### **Gastos de Cultivo por Hectárea de una Plantación de Tuna con Cochinilla**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>N° DE JORNALES</b>	<b>COSTOS UNITARIOS (S/.)</b>	<b>COSTOS TOTAL (S/.)</b>
<b>1. GASTOS DE CULTIVO</b>			
Grapeo	4	15.00	60.00
Raspa	6	15.00	90.00
<b>2. LABORES CULTURALES</b>			
Deshierbos	7	15.00	105.00
Limpieza de acequias	4	15.00	60.00
Riegos	4	15.00	60.00
Abonamiento (1er.)	4	15.00	60.00
Aplicación de pesticidas	4	15.00	60.00
Abonamiento (2do.)	5	15.00	75.00
Poda de información y fructificación	4	15.00	60.00
<b>3. INFESTACIÓN DE COCHINILLA</b>	4	15.00	60.00

<b>4. COSECHA</b>			
Recolección de Cochinilla	20	15.00	300.00
Secado	3	15.00	45.00
Cosecha del fruto – tuna	15	15.00	225.00
<b>SUBTOTAL DE GASTOS</b>			<b>1 260.00</b>

## Cuadro Nº 33

**Gastos Especiales por Hectárea de una Plantación de Tuna con  
Cochinilla**

DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTOS UNITARIOS (\$/.)	COSTOS TOTAL (\$/.)
<b>GASTOS ESPECIALES</b>			
<b>1. COCHINILLA PARA INFESTAR</b>			
Cochinilla (kg.)	6kg	100.00	600.00
Tocuyo (m.)	5m	3.00	15.00
Tull (m.)	30m	3.00	90.00
<b>2. FERTILIZANTES:140-120-140</b>			
Urea (46%) (Saco 50kg.)	6s	56.00	336.00
Superfosfato Triple Ca (46%)	5s	56.00	280.00
Sulfato de K (50%)	4s	56.00	224.00
<b>3. COMPRA DE CAJONES (pz.)</b>			
	100pz	2.00	200.00
<b>4. PESTICIDAS (lt.)</b>			
Tamaron	2l	40.00	80.00
<b>5. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS</b>			
Lampas	5und	25.00	100.00
Equipo de recolección	20und	8.00	160.00
Tamices	5und	13.00	65.00
Secadores solares	3und	8.00	24.00
<b>6. CANON DE AGUA</b>			
	6000m <sup>3</sup>	0.10	600.00
<b>SUBTOTAL DE GASTOS</b>			<b>2 774.00</b>

**Cuadro N° 34**  
**Gastos Generales por Hectárea de una Piantación de Tuna con**  
**Cochinilla**

<i>DESCRIPCION</i>	<i>(S/.)</i>
Gastos administrativos (5%)	201.70
Imprevistos (3%)	121.02
<b>SUBTOTAL DE GASTOS</b>	322.72
<b>RESUMEN</b>	
GASTOS DE CULTIVO	1 260.00
GASTOS ESPECIALES	2 774.00
GASTOS GENERALES	322.72
<b>TOTAL DE INVERSION POR HECTAREA</b>	4 356.72

**Cuadro N° 35**  
**Valorización y Análisis Económico por Hectárea de una Piantación**  
**de Tuna con Cochinilla**

<i>VALORIZACION DE COSECHA DE TUNA</i>	<i>(S/.)</i>
Rendimiento neto kg/ha.	10 000.00
Precio de venta/kg. de fruto	1.00
Valor neto de la producción	10 000.00
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>	
Valor neto de la producción	10 000.00
Costo total de la producción	4 356.72
Utilidad	5 643.28

**Cuadro N° 36**  
**Producción por Hectárea de una Piantación de Tuna con Cochinilla**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO</b> <b>(S/.)</b>	<b>TOTAL</b> <b>(S/.)</b>
Rendimiento kg/ha. por año	300kg.	95.50	28 650.00
Costo de producción total	4 cosechas/año	4 356.72	17 426.88
Utilidad neta de producción			11 223.12

### **\* Medidas de mitigación**

La medida de mitigación inmediata es el regadío con agua, para ello se tendría a su vez que mejorar el sistema de aspersión que actualmente viene utilizándose sobre el depósito de relaves.

En los terrenos agrícolas que han sido afectados por los relaves, se propone realizar la limpieza y retiro de material acumulado sobre los mismos.

La presa de relaves se deberá rehabilitar, mediante muros de contención, además perfilar, ponerle una cobertura y revegetar, asimismo, reforestar las áreas vecinas a los terrenos afectados.

Una solución que se podría dar desde el punto de vista socio-económico para los pobladores de la localidad de Madrigal es la siembra de la tuna y cochinilla, en el caso de cierre definitivo o en el peor de los casos la siembra de la grama natural kikuyo, con lo que se lograría restaurar el daño ocasionado al paisaje.

Efectuar un programa de capacitación a la comunidad de Madrigal sobre medio ambiente, a fin de proporcionarle las herramientas básicas y necesarias, para que sean actores de cuidar el ambiente, mejor uso de sus tierras y finalmente su forma de vida.

### **7.2 Minería no metálica**

El suelo de fundación de la localidad de Maca está constituido en un 80% de Diatomitas, constituyendo una zona de alto peligro. La Empresa Minera Elisa explotó este yacimiento y al abandonar sus actividades no efectuó ningún plan de remediación, ante este problema nos planteamos algunas medidas de mitigación como:

Instalar un sistema de riego por aspersión para evitar que el viento desplace las partículas finas de Diatomita y contamine el ambiente.

Cubrir la zona en la que está expuesta la Diatomita con una delgada capa de material areno limoso con gravas.

Otra alternativa sería cubrirla con suelo orgánico y revegetar

Finalmente capacitar a los pobladores sobre la protección del medio ambiente, para que ellos sean actores de esta medida, que va a beneficiar a toda la comunidad y evitar algunas enfermedades como irritación a la vista, enfermedades estomacales entre otras.

## **CAPITULO 8**

### **PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL**

El éxito en la implementación de un plan de gestión ambiental depende del compromiso y la participación de toda la población civil, en todos los niveles y funciones. Es allí, donde se ha de definir la política de gestión ambiental a seguir y son ellos los que han de evaluar y revisar el sistema de gestión para asegurar su adecuación y su eficacia.

Una vez implantado el plan de gestión ambiental se deberá hacer que se examinen, por parte de una institución objetiva, imparcial, capacitada y debidamente acreditada, la política, el programa, el Plan de Gestión, el procedimiento de evaluación o de la auditoria y la declaración o declaraciones ambientales para comprobar que cumplen los requisitos, así como validar las declaraciones ambientales.

#### **8.1 Gestión ambiental en caso de desastres naturales**

El término desastre es usado para describir una amplia variedad de eventos, desde aquellos cuya ocurrencia se considera que se debe a fenómenos exclusivamente físicos, como terremotos, erupciones volcánicas, etc., hasta aquellos cuyo origen se considera exclusivamente antrópicos, tales como las guerras y los accidentes industriales. Entre estos dos extremos hay un amplio espectro de desastres, como por ejemplo inundaciones y deslizamientos, los cuales son provocados por la combinación de factores físicos y humanos.

Un impacto ambiental considerado como desastre puede tener una dimensión variable en términos de volumen, tiempo y espacio. Algunos ocasionan pocas pérdidas de vidas humanas, otros afectan a miles de personas, son lentos, momentáneos y pueden llegar a durar muchos años; están localizados en pocos kilómetros cuadrados; otros pueden afectar a varios países.

### **8.1.1 Gestión ambiental por riesgo volcánico**

Los volcanes afectan a las vidas de las personas en sentido positivo como negativo. Cualquier erupción volcánica, sea cualquiera su grado de violencia, puede ser peligrosa para las personas que se hallan en sus proximidades. Sin embargo, durante sus periodos de inactividad, los volcanes atraen a las comunidades debido a la fertilidad de los suelos volcánicos y a la espectacular belleza de su paisaje.

La mayoría de las erupciones están precedidas por signos premonitorios, los cuales si son reconocidos y atendidos, pueden indicarnos su probable reactivación. No obstante, estos signos pueden ser complejos y que requieran un estudio detallado y cuidadoso antes de su interpretación, para dar la alarma correspondiente.

La experiencia en relación a la reactivación del volcán Sabancaya, ha mostrado que, a menudo, es difícil para las autoridades civiles mantener una percepción sin prejuicios del riesgo aceptable, una vez declarado en estado de emergencia, la seguridad de la población se convierte a menudo en responsabilidad de una sola persona. En este contexto los gobiernos locales, regionales, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), Instituciones que se dedican a la protección del medio ambiente tienen que asumir el rol que les corresponde, de velar por el bienestar de la población y el ecosistema, para ello hay que preparar y capacitar a la población.

Las necesidades detalladas para una planificación de gestión ambiental, ante una emergencia volcánica diferirán considerablemente según el tipo

de actividad eruptiva, la topografía, el clima, el volumen y la distribución geográfica de la población, las rutas de escape, los medios de transportes disponibles y otros factores diversos.

El cuadro N° 37 nos muestra los efectos principales de las erupciones en la salud en las cercanías del volcán y sus acciones principales para la prevención.

Cuadro N° 37

Efectos principales de las erupciones en la Salud, en las cercanías de un volcán y acciones principales para prevenirlos.

EVENTO ERUPTIVO	CONSECUENCIAS	IMPACTO EN LA SALUD	ACCIONES PREVENTIVAS
Explosiones	Explosión lateral; fragmentos de roca; ondas de impacto del aire	Traumas; quemaduras de piel; heridas por vidrio volcánico	Evacuación Reducir la exposición (no salga)
Emanación de ceniza caliente	Nubes ardientes Flujo y caída de ceniza Relampagueo Incendios forestales	Quemaduras de piel y pulmones Asfixia Electrocución Quemaduras	Evacuación
Hielo/nieve derretidos y lluvia simultánea a la erupción	Flujos de lodo; inundaciones	Sumergimiento; ahogados	Evacuación; barreras de desviación
Lava	Flujos de lava Incendios forestales	Sumergimiento y quemaduras (raras) Quemaduras	Evacuación; barreras de desviación Evacuación
Emisión de gases SO <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, HF	Concentración de áreas bajas e inhalación	Asfixia	Evacuación Equipo de protección respiratoria para geólogos Restricción de vías aéreas
Radón	Exposición a la radiación gama, principalmente	Cáncer pulmonar	Evacuación
Sismos	Daños a edificios	Traumas	Evacuación

Referencia: Centro Nacional de Prevención de Desastres mayo-agosto 1987

### ***Medidas que deben adoptarse***

- Identificación y análisis del riesgo y la evaluación de sus consecuencias.
- Zonificación del riesgo.
- Evaluación del suceso en tiempo real para la aplicación oportuna de las medidas de protección.
- Composición de la estructura operativa del Plan, considerando la incorporación de organismos especializados y personal técnico necesario.
- Características de la información a la población diferenciando la relativa al conocimiento de riesgo y al conocimiento del Plan.
- Establecimiento de sistemas de alerta, para que las actuaciones en emergencias sean eminentemente preventivas.
- Planificación de medidas específicas, tanto de protección, como de carácter asistencial a la población.

### ***Medidas preventivas***

Esta relacionado directamente con las actitudes de las personas antes – durante y después de una erupción volcánica.

### **Consejos previos**

- Prepararse mentalmente para evitar situaciones de miedo y pánico.
- Si una erupción es anticipada no hay que perder la calma.
- Mantenerse informado sobre el desarrollo del fenómeno a través de autoridades oficiales y personal científico.

### ➤ ***Antes de una erupción***

- Siempre disponer consigo una mascarilla o pañuelo para cubrir la boca.
- Conocer las rutas de evacuación.
- Los depósitos de agua deben ser cubiertos para evitar la contaminación de los mismos. Proteger ventanas por la posible rotura de las mismas ya que pueden caer piedras. Para protegerse

dentro del hogar, los lugares más seguros son los cuartos interiores.

- Cubrir con cinta adhesiva las rendijas de puertas y ventanas para impedir que la ceniza se introduzca a través de las mismas.
- Alejarse de los valles y quebradas próximos al volcán para evitar los posibles flujos de lodo.
- Artículos que siempre se deben mantener en reserva: Suficiente agua potable, alimentos no perecederos y enlatados para los próximos 8 días, botiquín de primeros auxilios, filtros para agua, vajilla desechable, linternas y velas.

➤ ***Durante la erupción***

- Reunirse con la familia en un lugar seguro y prestar especial atención a niños, personas de tercera de edad y aquellas que son delicadas de salud.
- Mientras se desarrolla la erupción, mantenerse bajo techo y recién salir cuando la atmósfera se encuentre limpia.
- Utilice las mascarillas para respirar. También puede ser usados toallas o pañuelos humedecidos con agua.
- Proteger los oídos y ojos si el ambiente se ha contaminado.
- En caso de registrarse una abundante caída de ceniza no conducir el vehículo para evitar accidentes por la oscuridad acentuada.
- Si es sorprendido dentro del auto por la lluvia de ceniza, se debe permanecer en el con las ventanas y puertas cerradas. En el caso de poder transitar hacerlo lentamente para evitar levantar la ceniza.

➤ ***Después de la erupción***

- Mantenerse informado hasta que las autoridades anuncien que la actividad volcánica haya cesado.
- Si se observa la obstrucción de alcantarillas o del represamiento de quebradas o ríos, aléjese de esos lugares e inmediatamente comunicarlo a las autoridades pertinentes.

- Si la vivienda está en una zona de riesgo de flujos de lodo es conveniente retirarse a lugares altos y alejados; además es conveniente reforzar las puertas, ventanas bajas, paredes vulnerables con el fin de evitar la penetración del lodo en las construcciones

### **8.1.2 Gestión ambiental en caso de terremotos**

Los movimientos de la corteza terrestre, principal origen de los terremotos, generan deformaciones en las rocas del interior de la tierra y acumulan energía que es liberada súbitamente en forma de ondas que sacuden la superficie. Representan una de las más serias amenazas, debido a su gran potencial destructivo, su amplia zona de impacto y, además, a la imposibilidad de poder pronosticar su ocurrencia.

Para la elaboración de un plan de gestión ambiental, la evaluación de amenaza y el análisis de vulnerabilidad son fundamentales.

Uno de los pasos del análisis de vulnerabilidad consiste en identificar y evaluar las amenazas que inciden sobre el área donde se ubica cada una de las localidades del valle del Colca.

Si la evaluación presenta un índice alto de riesgo, como puede ser la posibilidad de que se produzca un sismo de gran magnitud, es recomendable realizar estudios sobre el riesgo sísmico para llevar a cabo un análisis de la infraestructura de la zona, pequeñas presas, diques de relaves y otros. En todo caso, siempre será de gran ayuda contar con los planes de amenazas que puedan proporcionar las instituciones como Universidades, Instituto Geofísico del Perú, Instituto Nacional de Defensa Civil y Organizaciones No Gubernamentales.

La evaluación de las amenazas se realiza para cada una de ellas y considerando la frecuencia, intensidad, área de impacto y potenciales daños.

El ciclo de los desastres puede resumirse en tres fases o períodos:

- ◆ **Antes,** cuando se tiene un período de calma o alerta, según el evento adverso que se esté analizando.
- ◆ **Durante,** etapa que puede durar lapsos de tiempo muy cortos o muy prolongados, en función de las características de impacto del fenómeno.
- ◆ **Después,** período en el cual se realizan actividades para recuperarse de las consecuencias del desastre, que pueden ser a corto, medio o largo plazo.

Estas tres fases se encuentran concatenadas e integradas horizontalmente en las cuales, independientemente del peso diferenciado de cada actor institucional, se debe saber que lo que se haga en una fase incide sobre la otra, positiva o negativamente.

Desde una óptica estructural de la gestión de los desastres, la prevención se asocia con obras de ingeniería y la preparación se reduce a las actividades de alerta y evacuación o al estudio científico centrado en las ciencias de la tierra y la ingeniería.

Sin embargo, durante las últimas décadas se amplió el enfoque, a partir de las ideas y concepciones aportadas por las ciencias sociales. En consecuencia es necesario esclarecer y especificar algunos conceptos claves de la gestión de los desastres: prevención, mitigación, preparación, atención, rehabilitación, reconstrucción, emergencia y respuesta.

La prevención y la mitigación son previos a la ocurrencia de un eventual desastre, apuntan a evitar o reducir la posibilidad de su ocurrencia y reducir la magnitud de su consecuencia. Se relacionan con la reducción de la vulnerabilidad global de la sociedad.

En general son las actividades menos consideradas y visualizadas por los distintos actores involucrados en la administración global de los desastres.

La prevención se refiere al conjunto de actividades que buscan reducir o eliminar la incidencia de elementos físicos potencialmente dañinos. La reforestación, la estabilización de pendientes, el manejo integral de cuencas para reducir o evitar las inundaciones o deslizamientos constituyen actividades de prevención. También se puede incluir ciertas obras de ingeniería, como diques, presas, etc.

El término mitigación refiere a aquellas actividades que intentan reducir la vulnerabilidad de una sociedad frente a los eventos físicos. Por actividades de mitigación debe entenderse las modificaciones en la estructura de la sociedad y en sus elementos constitutivos vinculados o relacionados con los tipos genéricos de vulnerabilidad (ideológica, cultural, educativa, política, social, etc., Wilches–Chaux 1993).

En esta fase del proceso de gestión de los desastres, se incluyen las actividades de tipo legislativo y normativo relacionadas con el uso del suelo, normativas de construcción, medidas de seguridad ciudadana, reglamentación de las técnicas de construcción que ofrecen más seguridad frente a eventos tales como, por ejemplo, terremotos, deslizamientos e inundaciones. En el campo de la agricultura deben considerarse aspectos como la diversificación de los cultivos en áreas proclives a inundaciones, sequías y otros desastres (plagas, biológico, etc.).

Los preparativos están muy relacionados con la futura gestión de la emergencia y comprenden un subconjunto de actividades incluidas dentro de la mitigación. Remiten a actividades que permiten ajustar la reacción de una sociedad antes o después de la ocurrencia de un evento físico.

Los preparativos que son previos al desastre, refieren a actividades tales como la capacitación y organización de la sociedad y sus instituciones,

por ejemplo, para facilitar el proceso de evacuación a través de sistemas de alerta temprana. También apunta a la existencia de una red institucional que pueda incluir comités locales y regionales de emergencia con integrantes capacitados para objetivos claramente especificados, la identificación previa de posibles albergues y fuentes de agua potable, el establecimiento de procedimientos logísticos y de estrategias previas, con el objetivo de afrontar el desastre de la manera más adecuada y minimizar sus impactos.

La ausencia de reformas estructurales, la dilatada crisis económica y política que experimenta el país junto con el aumento geométrico de la vulnerabilidad pone en evidencia las dificultades para implementar esquemas integrales de prevención y mitigación y constituye el mayor impedimento para que la mitigación de los desastres tienda a ser efectiva.

Los actores institucionales e individuales involucrados en cada momento del proceso son variables, heterogéneos y poseen especializaciones e intereses diversos. Dicha heterogeneidad debe tomarse en cuenta en cualquier intento de construir un sistema global de gestión de riesgo de desastre.

Es importante que el enfoque multidisciplinario de los desastres ponga en evidencia las limitaciones de la concepción estructural y sus consecuencias para el abordaje de la gestión de los riesgos de desastre y la formulación de acciones y políticas.

Una de las características de la gestión del riesgo de desastre es que cruza múltiples áreas de acción institucional. En algún que otro momento se la relaciona con la gestión de los recursos naturales, o con la planificación urbana, regional y sectorial, con la gestión de la seguridad ciudadana y el desarrollo sostenible, entre otras. Es precisamente esta diversidad de entidades "especializadas", la que da a la gestión del riesgo un matiz sumamente complicado. Pero la gestión del riesgo no sólo involucra al sector gubernamental sino también a la sociedad civil y por lo

tanto la complejidad aumenta como consecuencia de la conflictualidad y heterogeneidad de intereses presentes al incorporar aspectos referidos a las dinámicas de interacción con los distintos actores de la sociedad civil, asumiendo, por ejemplo, diseños de co-gestión desde la fase de prevención-mitigación.

La concertación, la coordinación, la posibilidad de lograr la compatibilidad y la integración intersectorial, en un marco consensual, es una de las claves para implementar una gestión exitosa. Esta es una tarea compleja que involucra lo económico, lo político, lo social y lo cultural.

Después del terremoto del 23 de julio de 1991 en la localidad de Maca (ubicada en el valle del Colca) se tiene en términos generales que, el tipo de respuestas de las instituciones gubernamentales tanto del nivel nacional, provincial como local se inscribieron en la lógica de la atención puntual e inmediata para enfrentar la emergencia y restituir el funcionamiento mínimo del área afectada. La gestión se caracterizó por un alto grado de improvisación y una falta de coordinación de las acciones de los distintos actores públicos nacionales y provinciales implicados. Dicha desorganización en el ámbito de la acción pública tuvo como consecuencia una falta de coordinación y articulación de las acciones con los diversos sectores, organismos no gubernamentales y organizaciones privadas nacionales e internacionales que actuaron durante la emergencia.

Las autoridades provinciales concentraron sus acciones en la asistencia social y sanitaria de los evacuados a partir de los pocos recursos disponibles. Dichas acciones asistencialistas fueron secundadas en forma sectorial y deficiente por el gobierno nacional, ayuda que se agotó una vez pasada la contingencia.

### **8.1.3 Gestión por precipitaciones pluviales**

El periodo de precipitaciones pluviales está enmarcada a fines de noviembre hasta comienzos del mes de abril y, debido a que las

localidades del valle del Colca se encuentran ubicadas en terrazas, con ligeras pendientes hacia el cauce del río o próximas a quebradas, no se ha construido drenaje alguno, sus calles son afirmadas y presentan pequeños canales que podrían ser utilizados para que discurra el agua en caso de precipitaciones pluviales excepcionales; el perímetro de la Plaza de Armas en la mayoría de los distritos se encuentra encementada.

Al presentarse precipitaciones pluviales, estas percolan rápidamente incrementando el nivel freático de las aguas subterráneas, por lo que realizar un plan de gestión representaría una inversión económica sin provecho de la propia comunidad, simplemente se debería de capacitar a la población para afrontar casos de demasiadas precipitaciones y demarcar las zonas de seguridad ante este fenómeno natural.

## **8.2 Gestión por contaminación atmosférica**

La contaminación del aire puede tener impactos negativos sobre la salud pública cuando su concentración en la atmósfera alcanza niveles significativos. En las zonas rurales de los distritos que se viene estudiando, los problemas de la contaminación atmosférica se deben sólo cuando se realiza la quema de leña para preparar sus alimentos y en las capitales de distrito corresponde a la emanación de gases tóxicos por la presencia de vehículos, camiones y buses de pasajeros que prestan servicio a estos lugares, naturalmente son mínimos.

Implementar un plan de gestión atmosférica estaría basado fundamentalmente en la orientación y capacitación ambiental, sin embargo, esto es muy difícil ya que les representaría gastos económicos y cambiar algunas costumbres ancestrales. El costo debería asumirlo el Gobierno Regional.

## **8.3 Gestión ambiental por la contaminación del suelo**

Con este Programa se propone configurar una base de información dinámica sobre el estado del recurso suelo en su calidad de cuerpo natural regulador de procesos biológicos, de ciclos y flujos, de soporte de

las actividades productivas y de servicios, de receptor de agentes contaminantes, que generen conocimientos, capacidades, acciones y normas tendientes a preservar su salud.

Instrumentar acciones tendientes a identificar, sistematizar, calificar y cuantificar procesos de deterioro de los suelos originados por contaminación, así como a definir estrategias de prevención, control y recuperación de suelos contaminados por actividades industriales, agropecuarias y urbanas.

Se tiene como propuesta para el desarrollo de un Programa de Gestión de la Contaminación del Suelo. El reconocimiento de procesos de deterioro de los suelos en el valle del Colca que se vincula primordialmente a las consecuencias de las actividades productivas primarias y a condiciones naturales predisponentes. Así, fenómenos como la erosión, la salinización, la pérdida de fertilidad química y otros, están concentrado esfuerzos en investigaciones El deterioro ocasionado por el uso del suelo como cuerpo receptor de agente contaminantes, no ha tenido, en cambio, el mismo desarrollo investigativo ni normativo.

Los esfuerzos que se llevan a cabo desde los organismos de ciencia y tecnología y de diversas instituciones, ONGs, y la limitación de recursos económicos y financieros para encarar una profundización y extensión de estudios en materia de suelos contaminados, hacen necesario plantear una instancia de ordenamiento y coordinación de acciones concurrentes a esta problemática.

Desde esta perspectiva surge la necesidad y conveniencia de formular un programa de gestión ambiental de suelos contaminados, capaz de potenciar y articular las diversas acciones que desde los sectores público y privado se llevan a cabo, buscando una ampliación del conocimiento en este campo y una más eficiente utilización de los recursos disponibles.

Este Programa está estructurado sobre tres ejes:

Un **componente diagnóstico** el que debe dar cuenta de la existencia de procesos potencialmente contaminantes de suelos, y del estado y calidad actual de los suelos en áreas de alta probabilidad de contaminación y del reconocimiento de los suelos no alterados por contaminación;

Un **componente tecnológico**, el que avanzará en la investigación de metodologías para el diagnóstico y el análisis y evaluación de suelos, como en la definición de técnicas para el saneamiento y recuperación de suelos, y el desarrollo de tecnologías productivas que supongan el menor riesgo de contaminación;

Un **componente institucional**, orientado a la revisión de normativa para la protección del suelo, la elaboración de normativa específica para suelos contaminados, así como al análisis del tejido institucional que otorgue el soporte operativo y de control a las normas legales. Desde este mismo componente se deberá encarar la capacitación de recursos humanos y la generación de conciencia ambiental en el tema.

#### **8.4 Gestión ambiental por el uso agroquímicos en la agricultura**

El suelo es capaz de suministrar nutrientes a las plantas cuando se encuentran en equilibrio con él, como sucede en los suelos vírgenes y en aquellos en los que no han sido contaminados. En los cultivos existen factores de desequilibrio que hacen imposible que lo anterior se cumpla. El primero es que no existe una planificación adecuada de los cultivos, sino que se suelen repetir intensificando determinadas demandas que impiden su desarrollo normal, exigiendo unos rendimientos superiores, para lograr este fin utilizan fertilizantes y pesticidas, ocasionado la destrucción de los suelos.

La nutrición vegetal utiliza una serie de elementos químicos en proporciones variables, entre los considerados macronutrientes destacan, el nitrógeno, fósforo y potasio, que figuran en todos los planes de abonado de los cultivos.

Los abonos nitrogenados tienen un nivel óptimo de utilización, cuando son empleados en exceso no tienen un incremento de rendimiento, por lo que los excedentes pueden ser lavados más aún si se encuentran en forma soluble o pueden ser arrastrados desde la superficie por las aguas de escorrentía, en ambos casos pueden llegar a las aguas freáticas o superficiales, cuando es en forma excesiva puede resultar tóxico para los animales y para el hombre. Los nitratos no son perjudiciales en si mismos pero pueden sufrir una reducción hacia nitritos e incluso nitrosaminas, que sí tienen toxicidad e incluso a las últimas se las considera cancerígenas.

Los abonos fosfatados son menos móviles que los abonos nitrogenados por lo que el riesgo de que pasen a las aguas freáticas es mínimo. Sólo pasan a las aguas superficiales mediante su arrastre desde la superficie del suelo por escorrentía o cuando se producen fuertes lluvias tras su aplicación a la superficie. El riesgo que conlleva su paso a las aguas es el de la sobreeutrofización, semejante al del nitrógeno.

Los abonos potásicos no suelen tener efectos notables sobre la reacción del suelo, por ello su escasa toxicidad cuando son arrastrados por las aguas, se trata de sales neutras.

La producción de los cultivos se puede ver muy afectada tras el ataque de parásitos, microorganismos que le producen enfermedades, por ello la aplicación masiva de abonos y la selección de especies de rápido crecimiento ha contribuido a disminuir las defensas físicas de las plantas ante el ataque de parásitos y enfermedades, siendo de necesidad el empleo de insecticidas.

Es importante, realizar a través de los Gobiernos Locales, Organizaciones No Gubernamentales, Ministerio de Agricultura y Salud, una capacitación constante entre las comunidades del valle del Colca, con la finalidad de dar a conocer las consecuencias nocivas que trae consigo el empleo de fertilizantes y pesticidas en la salud humana.

### 8.5 Gestión ambiental de las aguas residuales urbanas

El manejo de las aguas residuales urbanas (A.R.U.) se ha llevado a cabo, hasta hace unos años, de manera desintegrada, sin una concepción global de la problemática generada, lo que llevó a establecer soluciones de saneamiento no siempre idóneas, las cuales podían resolver situaciones específicas, pero que eran insuficientes ante eventos puntuales, como por ejemplo la saturación de las redes de drenaje ante eventos lluviosos o la contaminación descontrolada de los medios receptores (ríos, lagos, mares) por vertidos peligrosos, todo ello llevo a realizar procesos de depuración previo al vertido a los medios receptores, con la finalidad de proteger del medio ambiente.

Para conseguir los objetivos de una adecuada gestión de las aguas residuales es necesario considerar desde la concepción, planeamiento, evaluación, proyecto, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas. Estableciendo los elementos principales que deben tomarse en cuenta en dicha gestión y las acciones asociadas que aparecen.

**Cuadro N° 38**

#### **Elementos de la Gestión de A.R. y Acciones Asociadas.**

<b>ELEMENTO</b>	<b>ACCIONES ASOCIADAS</b>
Fuente de generación	Existencia de caudales, evaluación de técnicas de reducción, determinación de las características del AR.
Fuente de control	Proyecto de plantas para tratamiento parcial del A.R. antes del vertido a red de alcantarillado.
Recogida	Proyecto de redes de alcantarillado para eliminación de A.R. desde sus variadas fuentes de generación.
Transporte y bombeo	Proyecto de grandes alcantarillas utilizadas para transporte del AR a instalaciones de tratamiento.
Tratamiento	Selección, análisis y diseño de operaciones y procesos de tratamiento para conseguir objetivos específicos en relación con la eliminación de contaminantes en el AR..
Evacuación y/o reutilización	Proyecto de instalaciones utilizadas para la evacuación y/o reutilización del efluente tratado.

Fuente: Wastewater engineering. Treatment, disposal and reuse. Eddy-Metcalf, 1985.

Esto lleva a considerar el problema desde los colectores y transporte de las A.R., estableciendo pautas para limitar y controlar los vertidos, así como determinar el sistema de colector más idóneo, de acuerdo a las

características de la zona. Además, se debe analizar el problema de la posterior depuración de estas aguas, considerando factores como: disponibilidad de espacio para instalar la Estación Depuradora de Aguas Residuales (E.D.A.R.), calidad de los afluentes, nivel de depuración exigido, línea de depuración, etc.

Finalmente, se debe afrontar toda la problemática que significa para el medio receptor la incorporación en su seno de vertidos contaminados, analizando un sinnúmero de factores entre los que destacan: calidad a mantener en el medio receptor, usos del medio receptor, calidad exigida al efluente, características del medio. Por tanto es fundamental analizar el problema del vertido de A.R.U. como un trinomio integrado Colector-Depuración-Vertido, estando el medio receptor supeditado a las condiciones de cada una de las etapas.

La propuesta de solución busca generar una herramienta ambiental que se incorpore a la idea de Gestión Integral de las A.R.U., en la que deben participar las Municipalidades, entidades privadas que están a cargo de esta actividad, así como profesionales en este campo, para evitar la alta contaminación que se viene presentando en el río Colca.

### **8.6 Gestión ambiental de los residuos sólidos domiciliarios**

La gestión de los residuos sólidos requiere regulación del sector, capacidad técnica y administrativa y responsabilidades compartidas entre gobiernos locales, municipales y comunidades. Dentro de las opciones técnicas de gestión se debe considerar acciones educativas tales como la prevención de la generación de desechos por la optimización o modificación de procesos productivos, el reciclaje, el almacenamiento, el tratamiento (incluyendo la incineración), la disposición final en relleno sanitario, y monitoreo para detectar la estabilización de un relleno y/o la operación de un sistema.

El manejo de los residuos sólidos debe incluir una adecuada planificación, diseño y utilización de tecnologías y prácticas apropiadas para ser fuente de beneficio social y económico a través de la creación de nuevas

oportunidades de empleo local; puede contribuir también en la recuperación de áreas degradadas, mediante la implantación de rellenos sanitarios bien contruidos que queden integrados al paisaje natural.

Dentro de las opciones administrativas, se necesita un marco de regulación y legislación para el control eficaz de los desechos municipales, desde su producción hasta su disposición final.

La gestión de los desechos sólidos consume una porción significativa del presupuesto municipal, que es muy exiguo en las localidades del valle del Colca, lo que significa que para contar con un sistema eficiente y efectivo de recolección y eliminación de residuos, las municipalidades distritales deben tener suficiente autoridad y competencia para cumplir con esas responsabilidades, a excepción de Chivay capital de la provincia de Caylloma y el distrito de Coporaque que cuenta con un sistema de recojo de basura y micro relleno sanitario manual.

Asimismo, se requiere de programas de participación comunitaria, de sistemas de monitoreo de los servicios y reglamentos técnicos. Programas de educación ambiental pueden contribuir para que los gastos con limpieza de calles puedan ser revertidos en gastos para mejor disposición final de los residuos.

El apoyo del gobierno central es fundamental para permitir a las autoridades locales administrar, coordinar y promover el manejo de residuos sólidos en función a las prioridades ambientales y comunitarias y que además promueva las opciones técnicas adecuadas.

## CONCLUSIONES

1. La presa de relaves es la acumulación de 18 años de actividad de la Compañía Minera "Del Madrigal S.A.", cuyo volumen acumulado se estima en 3'155,000 m<sup>3</sup>.
2. El resultado de las muestras de aire, agua, tierra y vegetales nos conducen a afirmar que éstas se encuentran contaminadas.
3. Las velocidades de viento al promediar el medio día están entre 10 y 14m/seg., siendo la dirección predominante de oeste sur oeste.
4. La muestra tomada en la cancha de relaves nos demuestra que existe una gran incidencia del material particulado respirable PM-10, superando el Estándar de Calidad de Aire Nacional, lo cual demuestra una alta dispersión del polvo metálico que existe en las zonas aledañas a la cancha de relaves.
5. Existe invasión de polvo de relave hacia las áreas agrícolas de la comunidad que viene ocasionando la contaminación de los pastos naturales y cultivos, ya que de los muestreos realizados en laboratorio indican que están siendo afectados por elementos contaminantes como Pb., As., Cd., Cu., y Zn.
6. Las concentraciones de material particulado respirable PM-10 en la población de madrigal son bajas, por la distancia en que se encuentra, aproximadamente 4km., su incidencia se ve disminuida por la existencia de árboles y cerros.
7. La empresa minera al abandonar sus actividades y aún como titular de la concesión minera, no ha efectuado limpieza y restauración del área afectada por la presencia de los relaves, infringiendo el

Artículo 28° del Decreto Legislativo N° 613 y el Artículo 5° del D.S. N° 016-93-EM.

8. No existe o ha desaparecido el dique de protección de la presa de relaves, en el mejor de los casos existe un ángulo de talud de reposo de 30° y en general se tiene taludes de 12°, 10° y 5°, se está infringiendo los Art. 37 y 39 del Reglamento para la protección Ambiental en la actividad minero-metalúrgica - D.S. N° 016-93-EM.
9. Los resultados de los análisis de las muestras de agua de los ríos Colca, Punco y la unión del Punco con el Cahuira, cumplen con los valores límite establecidos para la Clase III en la Ley General de Aguas, para las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, cromo, plomo y zinc.
10. El agua de la confluencia de los ríos Punco y Cahuira, presenta una concentración de mercurio por debajo del valor límite establecido para la Clase III en la Ley General de Aguas.
11. De acuerdo a la Normatividad Ambiental del Sector Energía y Minas R.M. 011-96-EM/VMM, el efluente descargado de la presa de relaves presenta valores inferiores a los Límites Máximos Permisibles para las concentraciones de arsénico, cobre, fierro, plomo y zinc.
12. La evaluación fisico-química de la calidad de agua de consumo humano de Madrigal, (canal de Sahuayto), no presenta compuestos tóxicos. Sin embargo, existe presencia de Fierro por encima de los LMP.
13. Según los indicadores microbiológicos del sistema de agua potable del distrito de Madrigal y la del río Colca, califican como agua no apta para el consumo humano.

14. No existe en la Legislación valores comparables para sedimentos, a fin de correlacionar los resultados obtenidos en Madrigal.
15. Las labores de la actividad minera no metálica, se circunscribieron a la extracción de la Diatomita, garantizando la estabilidad física de los taludes y de los botaderos de desmonte que se originaron.
16. Los vientos que se presentan con velocidades de 12m/seg. en promedio de 11:00 a 16:00 horas, contribuyen a la contaminación atmosférica.
17. No se efectuó ningún plan de cierre de las Operaciones de Explotación, incumpliendo con el Reglamento de la Ley N° 27651 (D.S. N° 013-2002-EM).
18. Los distritos de Chivay y Coporaque ante el deterioro estético del paisaje natural, realizado por los residuos sólidos recolectados y que han estado siendo arrojados en la proximidad del río Colca, construyeron un microrelleno sanitario manual, este ejemplo ha sido seguido por los distritos de Lari, Yanque mientras que los otros continúan degradando el paisaje, arrojando la basura en cualquier terreno eriazo o incinerando.
19. Las aguas residuales domiciliarias en general de todos los distritos asentados a lo largo del Valle del Colca son drenadas directamente al río Colca, debido a que las plantas de tratamiento existentes en algunos casos no han tenido el mantenimiento necesario y en otros no se previó el crecimiento de la población, por migración, turismo nacional y extranjero, como es el de caso Chivay.

## RECOMENDACIONES

1. Mejorar y hacer funcionar el sistema de aspersion que existe en la presa de relaves de la Mina "Del Madrigal S.A.", con mayor número de líneas, que comprenda todo el depósito de relaves y no un sólo sector, efectuando un mantenimiento continuo.
2. Realizar limpieza y restauración del área de los terrenos de cultivo colindantes a la cancha de relaves, que se vieron seriamente comprometidos, producto del polvo migratorio.
3. Efectuar un plan de revegetación en la cancha de relaves con tierra vegetal no menor a 0.45m, para sembrar especies nativas como el kikuyo que es una grama natural y/o sembrar tunas infectadas con cochinilla, esto último para como una alternativa de solución para el desarrollo socio-económico de la comunidad de Madrigal.
4. Para evitar que continúe la migración del polvo de los relaves, sería conveniente la instalación de pantallas protectoras, en base a árboles de eucaliptos sembrados en el perímetro de la presa de relaves.
5. Construcción de un muro de contención de 3 metros de altura en todo el perímetro erosionado de la cancha de relaves, con la finalidad de contener la erosión eólica y el avance superficial de los relaves, pudiendo servir, también, como base cuando se inicie el proceso de revegetación.
6. Los dueños de la Concesión Minera deberían de realizar una evaluación técnica-económica sobre la presencia de oro que puedan contener los relaves. La recuperación de este metal ayudaría a una mejor disposición física de los relaves.

7. El titular de la Concesión Minera deberá cumplir con presentar el plan de cierre, como establece el Art. 16 del Reglamento para la Protección Ambiental de la Actividad Minero Metalúrgico, D.S.Nº016-93-EM.
8. Para el caso de la minería no metálica, se deberá cubrir con una cobertura de suelo local (0.20m) la zona donde se ha extraído la Diatomita, para posteriormente revegetar con cactáceas y arbustos y evitar de esa manera la contaminación atmosférica, debido a los vientos que se presentan.
9. Se deberá fomentar la construcción de microrellenos sanitarios manuales, en los distritos del Valle del Colca, pero con proyección a futuro y crear un sistema de recojo de basura.
10. Realizar la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, en los lugares donde no exista y en los que hay, deberá darse mantenimiento para evitar la contaminación el río Colca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUIRRE, A. (1997) – Revegetación en relaves y trabajo con la población local de Milpo. Minería y Medio Ambiente. Factores fundamentales para el desarrollo sostenible. Documentos de Perú Minero N° 2. 69 - 74 p.
- ANTAYHUA, Y. (2002) – Análisis de la actividad sísmica en la Región del volcán Sabancaya y los sismos de Maca (1991), Sepina (1992) y Cabanaconde (1998) Tesis de Ingeniero, Univ. Nac. de San Agustín (Arequipa). 146 p.
- ARTEAGA, D. (1997) – “Fundamentos Medioambientales y Desarrollo Sostenible”, notas de clase dictadas en el curso con código MEM 203 – Medio ambiente y desarrollo sostenible – Post Grado de FIGMM, Lima.
- ASTE, J., DE ECHAVE, J. & GLAVE, M. (2004) – Procesos de concertación en zonas mineras del Perú, 48 p.
- AYALA, F.J. (1990) – Análisis de los conceptos fundamentales de riesgos y aplicación a la definición de tipos de mapas de riesgos geológicos. Boletín Geológico y Minero, 101 (3) 456 – 467 p.
- BIOTEQ ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES INC. (2003) – Tratamiento de agua, recuperación de metales y control de soluciones. 14 p.
- CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES (1997) – Órgano informativo del Sistema Nacional de Protección Civil. 45p.
- CANTANHEDE, A. & SANDOVAL, L. (1997) – Manejo integral de residuos sólidos. Salud ambiental. Aportes al manejo del ambiente para una salud de calidad en el Perú, 55 – 58 p.
- CASTILLO, J. (1992) – Peligro sísmico en el Perú. Tesis, Univ. Nac. de Ingeniería, Fac. de Ing. Geológica Minera y Metalúrgica, Lima.
- CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO (2002) – Minería, minerales y desarrollo sustentable en América de Sur, 23 p.
- CUADROS, E. (1994) – Evolución y explotación del yacimiento de Diatomitas de Maca, Provincia de Caylloma Tesis de Ingeniero, Univ. Nac. de San Agustín (Arequipa). Fac. de Geología y Geofísica, 78 p.

- DE ROMAÑA, M., BLASSI, J. & BLASSI, J. (1988) – Descubriendo el Valle del Colca. Barcelona 204 p.
- DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL DE AREQUIPA (2004) – Informe Técnico “Evaluación ambiental preliminar de la calidad de los recursos hídricos del Distrito de Madrigal”, 16 p.
- DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL DE AREQUIPA (2004) – Estudio de la calidad de aire PM-10, Distrito de Madrigal, Provincia de Caylloma, Región Arequipa, 11 p.
- DIRECCION GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES (1997) – Compendio de Normas Ambientales para las actividades minero energéticas.
- DIRECCION GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES (2001) – Sistema de Información Ambiental, Ministerio de Energía y Minas, 2 p.
- DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD (2005) – Informe técnico de evaluación de la calidad de los recursos hídricos del Distrito de Madrigal, en la Provincia de Caylloma, Departamento de Arequipa, 3 p.
- DORBATH, L. DORBATH, C., JIMENEZ, E., & RIVERA, L. (1991) – Seismicity and tectonics deformation in the eastern cordillera and the sub-andean zone of central Peru. *Jour. of South American Earth Sciences.*, 4, 13-24 p.
- FIDEL, L. & ZAVALA, B. (1994) – Estudio geodinámico de la cuenca del río Camaná – Majes (Colca) Departamento de Arequipa INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica, 14, 206 p.
- INGEMMET. DIRECCION DE GEOTECNIA (1997) – Album de mapas de zonificación de riesgos fisiográficos y climatológicos del Perú. INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica, 17, 142 p.
- INGEMMET. DIRECCION DE GEOLOGIA AMBIENTAL (2000) - Estudio de riesgos geológicos del Perú Franja N° 1.INGEMMET, Boletín Serie C Geodinámica e Ing. Geológica, 23, 330 p.
- INGEMMET. DIRECCION DE GEOLOGIA AMBIENTAL (2002) - Estudio de riesgos geológicos del Perú Franja N° 2.INGEMMET, boletín Serie C Geodinámica e Ing. Geológica, 27, 368 p.

- INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO (2001) – Diagnóstico de gestión de la oferta de agua de la cuenca Camaná - Majes – Colca.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA (1995) – Compendio estadístico 1994 – 1995: Dptos. de Arequipa, Moquegua y Tacna, resultados definitivos, perfil socio-demográfico. INEI, Lima, v. 7.
- II CURSO INTERNACIONAL DE ASPECTOS GEOLOGICOS DE PROTECCION AMBIENTAL (2000), Campinas, SP - Brasil
- KUBOKI, E., Ooki, H. & Hosooka, T. (1998) – Medidas tomadas para evitar la contaminación por minas cerradas en Japon. Control de la contaminación de origen Minero en los ríos. Dirección General de Asuntos Ambientales 154 p.
- LAZO, M., KOSAKA, R., MINAYA, A., GONZALES, E. & SOTO, J. (1991) – Evaluación de la actividad sísmica del volcán Sabancaya: VII Congreso Peruano de Geología, Lima: volumen de resúmenes extendidos. 19-21 p.
- LEON, G. (1997) – Aguas residuales, aspectos sanitarios y técnicas de tratamiento. Salud ambiental. Aportes al manejo del ambiente para una salud de calidad en el Perú, 59 – 66 p.
- MENDOZA, A. (1997) – Instrumentación en Control Ambiental, Notas de clase dictadas en el curso con código MEM 406 – Medio ambiente y desarrollo sostenible – Post Grado de FIGMM, Lima.
- MENDOZA, A. (1998) – Geoquímica Ambiental, Notas de clase dictadas en el curso con código MEM 103 – Medio ambiente y desarrollo sostenible – Post Grado de FIGMM, Lima.
- MINAYA, A., KOSAKA, M. & GONZALES, E. (1996) – Sismicidad del volcán Sabancaya y el Hualca Hualca. Segundo Seminario Latinoamericano: Volcanes, Sismos y Prevención.
- MINAYA, A, (1990) – Informe técnico sobre deslizamientos en la Quebrada Huayuray. Valle del Colca. Instituto Geofísico UNSA. 2 p.
- MINERIA Y PETROLEO (2004) – Se inicia proceso de remediación de pasivos ambientales mineros. Artículo, 2 p.
- OCSA, BERNARDO (2002) Comunicación personal sobre deslizamientos en Madrigal.

RUBINA, A., SALAZAR, C. & ZEBALLOS, M. (1997) – Colca. El vuelo del Cóndor. DESCO. Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo. 201 p.

SERVICIOS QUIMICOS EN GENERAL – UNSA (2002) – Informe de ensayo de muestras de agua.

TOLMOS, R. (2000) – Minería y medio ambiente en Perú. Centro de Investigación para el Medio Ambiente (CIPMA). 18 p.

VEGA., A. (1999) – Minería y medio ambiente 45 p.