

REPUBLICA DE BOLIVIA

IICA-CIDIA

09 JUN 1982

MINISTERIO DE ASUNTOS CAMPESINOS Y AGROPECUARIOS
INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

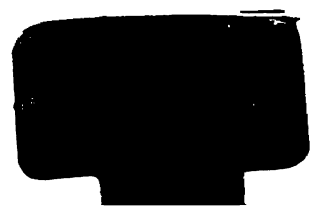
AGRINTER-AGRIS

IDENTIFICACION DE PROYECTOS ESPECIFICOS DE RIEGO

CONVENIO MACA-IICA
COOPERACION TECNICA BID ATN/TF(SP) 1583-BO

Volumen I
Tomo II

La Paz, 1981



REPUBLICA DE BOLIVIA

IICA-UNDA

09 JUN 1982

MINISTERIO DE ASUNTOS CAMPESINOS Y AGROPECUARIOS
INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

IICA
P12
10
V 1
T 2

IDENTIFICACION DE PROYECTOS ESPECIFICOS DE RIEGO

CONVENIO MACA-IICA
COOPERACION TECNICA BID ATN/TF(SP)1583-BO

Volumen

Tomo

La Paz, 1981

00007482

CONTENIDO

	<u>Página</u>
CAPITULO I - ASPECTOS GENERALES	
1. ASPECTOS GENERALES	1
1.1 Localización Geográfica	1
1.2 Extensión y Provincias que Comprende	1
1.2.1 Extensión	1
1.2.2 Provincias que Comprenden la Vertiente Cerrada	2
CAPITULO II - ASPECTOS FISICOS	
2. ASPECTOS FISICOS	3
2.1 Hidrología	3
2.1.1 Finalidad y Alcances del Estudio	3
2.1.2 La Cuenca Hidrográfica y su Balance Hídrico General	4
2.1.3 Información Disponible	6
2.1.4 Análisis de la Información Disponible	13
2.1.5 Información Meteorológica Disponible	49
2.2 Geología	56
2.2.1 Regiones Morfológicas	56
2.2.2 Geomorfología	57
2.2.3 Estratigrafía	60
2.2.4 Geotécnica	69
2.2.5 Hidrogeología	75
2.3 Suelos	83
2.3.1 Introducción	83
2.3.2 Metodología y Criterios Determinantes	83
2.3.3 Características Geomorfológicas de la Vertiente Cerrada	84
2.3.4 Caracterización Edáfica de las Unidades Morfopedológicas	85
2.3.5 Clasificación Edáfica	86
2.3.6 Conclusiones	98
2.4 Ecología	102
2.4.1 Introducción	102
2.4.2 Descripción General de las Zonas de Vida	102



CAPITULO III - ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

3.	ASPECTOS SOCIOECONOMICOS	107
3.1	Estructura Demográfica y Ocupacional	107
3.1.1	Población Según Area de Residencia y por Sexo	107
3.1.2	Distribución de la Población	108
3.1.3	Migraciones	109
3.1.4	Estructura Ocupacional	113
3.2	Economía	117
3.2.1	Producto Interno Bruto Regional	117
3.2.2	Participación PIB Regional por Ramas de Actividad	118
3.3	Educación	119
3.3.1	Condición de Alfabetismo	119
3.3.2	Asistencia Escolar	120
3.4	Vivienda	121
3.4.1	Viviendas y Habitantes	121
3.4.2	Materiales de Construcción	129
3.4.3	Sistemas Sanitarios y Energía	132

CAPITULO IV - ASPECTOS AGROPECUARIOS

4.	ASPECTOS AGROPECUARIOS	135
-----------	-------------------------------	------------



CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES



1. ASPECTOS GENERALES

1.1 Localización Geográfica

La unidad geográfica de análisis, adoptada corresponde a "Vertiente", la que se define como área geográfica continua que conforma una unidad hidrográfica primaria en la cual los recursos naturales se interrelacionan y afectan, siendo el agua el elemento que posibilita el desarrollo integral así como el ordenamiento de los mismos.

La Vertiente Cerrada comprende la cuenca de los Lagos Titicaca y Poopó y la cuenca de los Salares de Coipasa y Uyuni, cuya situación geográfica está comprendida entre los meridianos 66°13' y 69°38' longitud Este y los paralelos 14°38' y 22°54' latitud Sur.

1.2 Extensión y Provincias que Comprende

1.2.1 Extensión

La superficie de la Vertiente Cerrada es de 136,940 Km² que representa el 12.5% de la superficie del país. De esta superficie las cuencas de los Lagos Titicaca y Poopó ocupan 38.1% y las cuencas de los Salares de Coipasa y Uyuni el 61.9%.

La población alcanzó a 824,143 habitantes en el año 1976, lo que hace una densidad de 6.0 habitantes por Km², que supera al promedio nacional de 4.3 habitantes por Km² (Cuadro 1.2.1).

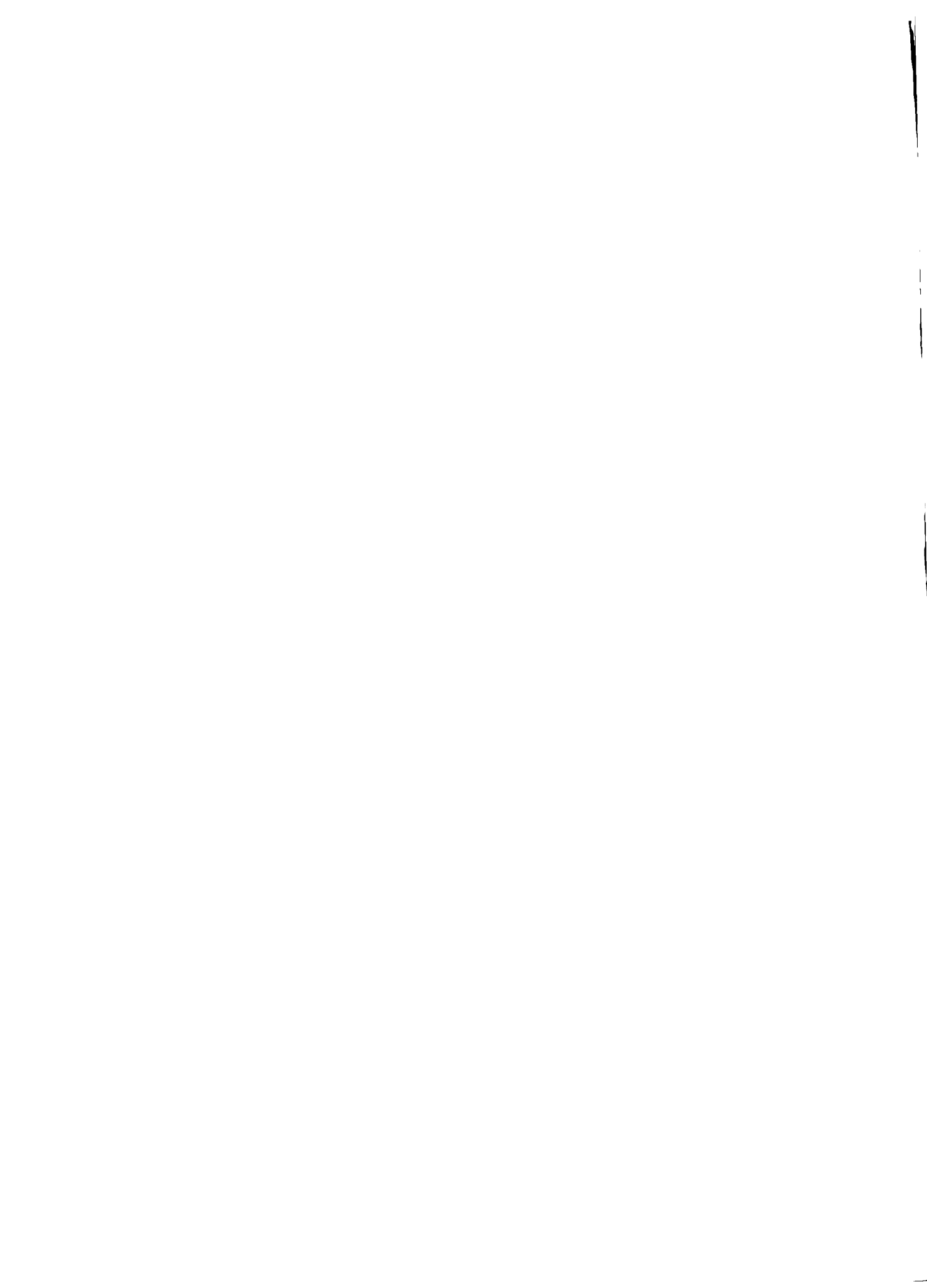
CUADRO N° 1.2.1

SUPERFICIE DE LAS CUENCAS

<u>Cuenca</u>	<u>Superficie</u>	
	<u>Km²</u>	<u>%</u>
Lagos Titicaca y Poopó	52,180	38.1
Salares Coipasa y Uyuni	84,760	61.9
Vertiente Cerrada	136,940	100.0

FUENTE: Mapa de Cuencas de Bolivia. Elaborado por M. Macías V. y J. Sejas A., Noviembre de 1976.

MACA - División Suelos, Riegos e Ingeniería.



1.2.2 Provincias que Comprenden la Vertiente Cerrada

Para los efectos del diagnóstico se han tomado las Provincias de acuerdo a lo que se señala en el Cuadro 1.2.2, comprendiendo íntegramente el Departamento de Oruro y partes de las Provincias de los Departamentos de La Paz y Potosí.

CUADRO N° 1.2.2

PROVINCIAS QUE COMPRENDE LA VERTIENTE CERRADA

<u>N°</u>	<u>Provincias</u>	<u>Departamentos</u>
12	Omasuyos	02 La Paz
13	Pacajes	
14	Camacho	
18	Ingavi	
22	Los Andes	
23	Aroma	
27	Manco Kapac	
28	Gualberto Villarroel	
43	Cercado	03 Oruro *
44	Avaroa	
45	Carangas	
46	Sajama	
47	Litoral	
48	Poopó	
49	P. Dalence	
50	Cabrera	
51	Atahualpa	
52	Saucarí	
61	Nor Lípez	05 Potosí
62	Sud Lípez - 40%	
64	Quijarro - 50%	
66	Daniel Campos	

* Todas las provincias del departamento.

NOTA: La codificación corresponde a la nomenclatura adoptada en el Censo de Población y Vivienda de 1976.

CAPÍTULO II

ASPECTOS FÍSICOS

2. ASPECTOS FÍSICOS

2.1 Hidrología

2.1.1 Finalidad y Alcances del Estudio

El diagnóstico hidrológico de la Vertiente Cerrada se ha dirigido hacia la determinación de un modelo hidrológico regional con el cual, luego de analizar y compatibilizar toda la información hidroluviómetrica disponible a la fecha, se podrá lograr la determinación de patrones de comportamiento hidrológico que, a su vez, han de permitir la evaluación, a un nivel primario, de los recursos hídricos disponibles para cualquier proyecto de riego ubicado dentro de la Vertiente.

El modelo, que ahora se presenta como una primera aproximación, podrá ser mejorado con reajustes sucesivos si es que se organiza un sistema de generación de datos hidrológicos coherentemente estructurado, manteniendo, supervisando y, sobre todo, ampliando la red de estaciones hidroluviómetricas existente. De esta forma, en la medida en que se cumplan las recomendaciones propuestas para el mantenimiento y ampliación de la red hidroluviómetrica, se podrá dar al modelo un mayor sustento técnico para, entonces, utilizarlo en la evaluación de futuros proyectos de desarrollo hidráulico con resultados que, si bien a nivel preliminar o de prefactibilidad, se lograrán en forma inmediata y a muy bajo costo.

Es importante recalcar el aspecto económico como una ventaja sustantiva del modelo regional sobre los estudios hidrológicos tradicionales con sus consecuentes etapas de recolección, depuración, análisis e interpretación de una gran cantidad de datos cada vez que se da inicio a un nuevo estudio. Manteniendo un modelo hidrológico regional permanentemente actualizado con un flujo constante de información de campo, se ahorraría el esfuerzo y el costo que significa el inicio de estudios aislados muchas veces repetitivos entre ellos,

con la ventaja adicional de proporcionar al planificador una visión integral de las características y posibilidades de una amplia región del país.

2.1.2 La Cuenca Hidrográfica y su Balance Hídrico General

El extenso territorio altiplánico entre los Andes Occidentales y los Andes Orientales, a altitudes que van desde los 3,660 m.s.n.m. del Salar de Uyuni a los 6,520 m.s.n.m. del cono volcánico del Nevado Sajama, la cumbre más alta de Bolivia, cuenta con el Río Desaguadero como su curso de agua más importante el cual se origina en la parte meridional del Lago Titicaca a una cota aproximada de 3,810 m.s.n.m. y recorriendo un poco más de 350 Km, en dirección predominantemente hacia el Sur-Este, desemboca en el Lago Uru Uru-Poopó en la cota 3,696 m.s.n.m. aproximadamente.

La Vertiente Cerrada, comunmente conocida como el Altiplano Boliviano, está formada por cuatro grandes cuencas hidrográficas bien diferenciadas: la del Lago Titicaca, la del Desaguadero Uru Uru-Poopó que recibe las descargas excedentes de la primera y las de los grandes salares de Coipasa y Uyuni donde confluyen y se pierden por evaporación las aguas de escurrimiento superficial de sus respectivas cuencas.

La extensión total de la Vertiente Cerrada o Altiplano, cuya altitud media es de 4,100 m.s.n.m., es de 193,770 km² extensión en la cual se incluyen las superficies de los grandes lagos y salares y que en conjunto representan aproximadamente el 12% de la superficie total. Pertenece a territorio boliviano el 71% de la extensión total, al Perú el 25% formado fundamentalmente por la cuenca peruana del Titicaca y el saldo de 4% a territorio chileno formado por las nacientes de los Ríos Mauri y Lauca. En el Cuadro 2.1.1 se presenta en forma detallada la composición de la cuenca hidrográfica de la Vertiente Cerrada.

CUADRO N° 2.1.1COMPOSICION DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DE LA VERTIENTE CERRADA

<u>Sub-Cuenca</u>	<u>Superficie en Km2</u>			
	<u>Bolivia</u>	<u>Chile</u>	<u>Perú</u>	<u>Total</u>
Lago Titicaca <u>1/</u>	13,240	-	43,850	57,090
Desaguadero-Poopó <u>2/</u>	38,940	1,000	5,320	45,260
Salar Coipasa <u>2/</u>	29,560	6,660	-	36,220
Salar Uyuni <u>2/</u>	<u>55,200</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>55,200</u>
Total Km2	136,940	7,660	49,170	193,770
%	71	4	25	100

1/ Antonio Bazoberry: "Aprovechamiento aguas Lago Titicaca-Río Desaguadero y Lago Poopó; con fines de energía e irrigación".

2/ Planimetría del mapa político de la República de Bolivia, escala 1:1,000,000.

El clima predominante en la región del Altiplano es frío y seco con estacionalidad muy marcada. Durante el verano (Enero-Marzo) estación en la cual se concentra aproximadamente el 85% de las lluvias, la temperatura y humedad atmosférica son relativamente altas y permiten un cierto desarrollo de la flora natural y de algunos cultivos andinos. Durante el resto del año el clima es extremadamente frío y seco caracterizado por un gran número de días con heladas y por la ausencia completa de lluvias que impiden el desarrollo de cualquier tipo de vegetación. A consecuencia de la humedad atmosférica tan baja, la evaporación es alta durante todo el año.

El Lago Titicaca, con sus 57,000 Km2 de cuenca, contribuye en forma muy irregular y discontinua a la formación de los caudales del Río Desaguadero debido a la extrema variabilidad de la cantidad de lluvias que anualmente caen en su cuenca y a la alta evaporación de su extenso espejo de agua que en su conjunto originan una variación cí-

clica muy marcada en su comportamiento. Además, la presencia del gran volumen de agua del lago, actuando como un regulador térmico, da lugar a la formación de un microclima de condiciones notoriamente más benignas y que beneficia a una apreciable extensión de tierras ribereñas permitiéndole desarrollar una gran variedad de cultivos durante casi todo el año sin temor al efecto limitante de la helada.

En el Cuadro 2.1.2 se presenta, en cifras generales, balances hidrológicos en forma separada para la cuenca del Lago Titicaca, cuenca Desaguadero-Poopó y cuenca de los Salares. La intención de estos balances es la de presentar, en forma muy simplificada, el comportamiento hidrológico de estas tres cuencas que conforman la gran Vertiente Cerrada o Región Altiplánica.

El común denominador es la aridez de la región que se va acentuando conforme se avanza de Norte a Sur, existiendo un excedente hídrico, luego de la evaporación, de aproximadamente 3% de los aportes totales en la cuenca del Titicaca, siendo el balance, en las otras cuencas, deficitario y bastante más marcado en el caso de la cuenca de los Salares en donde la lámina de agua promedio anual disponible para evaporación resulta de 256 mm. existiendo en la región una capacidad potencial de evaporación que sobrepasa los 1,500 mm/año.

2.1.3 Información Disponible

Toda la información hidrometeorológica de la Vertiente Cerrada disponible a la fecha en el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología fue analizada y empleada en el estudio y es necesario mencionar que, debido a la insuficiente cantidad de información estadística disponible, no ha sido posible dar a los resultados del estudio hidrológico, un carácter definitivo. Más bien, es conclusión de éste el recomendar la implementación de nuevas estaciones para dar a la red la consistencia necesaria a fin de poder contar, en el mediano plazo, con una cantidad de información suficiente como para lograr, ya sea una afirmación más sólida de los resultados logrados en el presente estudio o, en caso contrario, detectando sus fallas, efectuar los reajustes y modificaciones necesarias para corregir los

errores que, debido a la limitación de la información disponible, se hubieran cometido.

En el Cuadro 2.1.3 se presenta una síntesis de la red de estaciones pluviométricas e hidrométricas empleadas en el estudio. En el caso de las estaciones pluviométricas la densidad de la red es de 0.13/1,000 Km² y en el caso de las estaciones hidrométricas esta llega a sólo 0.08/1,000 Km², pero si no toman en cuenta las estaciones abandonadas antes del año 1966 (4 en total) esta densidad se reduce a 0.05/1,000 Km².

Debido a que en la extensa región de la Vertiente Cerrada no se cuenta con la influencia de formaciones orográficas internas que, en caso de otras regiones, son causantes de irregularidades locales que distorsionan el comportamiento hidrológico generalizado, es notoria una gradiente uniforme en el comportamiento hidrológico de la región tanto a lo largo como a lo ancho. Debido a esta característica se considera que la instalación de una red muy densa de estaciones no sería de mucha utilidad, más bien, para las recomendaciones de lograr una red hidrometeorológica bien implementada, se ha tomado en cuenta la red existente complementándola con una mínima cantidad de nuevas estaciones de tal forma de lograr una red uniformemente distribuida en toda la región. Se recomienda que la red pluviométrica, actualmente de 18 estaciones, sea ampliada a un total de 35 estaciones, y la red hidrométrica, conformada actualmente por 7 estaciones, se amplie a un total de 23 estaciones de las cuales 12 serían nuevas y 4 a reinstalar. Las densidades logradas con esta implementación serían finalmente de 0.25/1,000 Km² para la red pluviométrica y de 0.17/1,000 Km² para la red hidrométrica. En los cuadros 2.1.4 y 2.1.5 se presentan las relaciones completas de estaciones pluviométricas e hidrométricas empleadas en el estudio indicándose las coordenadas geográficas y los períodos de registro respectivos y en la Lámina 2.1.1 se ha ploteado la red hidropluviométrica recomendada para la Vertiente Cerrada diferenciándose en ella las estaciones nuevas de las actuales.

CUADRO N° 2.1.2BALANCE HIDROLOGICO DE LAS CUENCAS COMPONENTES DE LA VERTIENTE CERRADA(Cifras Medias Anuales Aproximadas)

	<u>Area Km2</u>	<u>Precipitación y Evaporación En mm/Año</u>	<u>C. E.</u>	<u>Volúmen</u>	
				<u>MMC</u>	<u>%</u>
Cuenca del Lago Titicaca					
<u>Ingresos</u>					
Cuenca Hidrográfica	48,920	795	0.20	7,778	54
Superficie del Lago	8,170	795	1.00	<u>6,495</u>	<u>46</u>
Total				14,273	100
<u>Egresos</u>					
Evaporación Lago	8,170	1,700	1.00	13,889	97
Salida Desaguadero	12.17 MCS x	31,536		<u>384</u>	<u>3</u>
Total				14,273	100
Cuenca Desaguadero - Poopó					
<u>Ingresos</u>					
Cuenca Hidrográfica	41,860	375	0.084	1,318	46
Superficie del Lago	3,400	350	1.00	1,190	41
Aportes Desaguadero				<u>384</u>	<u>13</u>
Total				2,892	100
<u>Egresos</u>					
Evaporación Lago	3,400	850	1.00	2,892	100
Cuenca Salares Coipasa - Uyuni					
<u>Ingresos</u>					
Cuenca Hidrográfica	79,120	210	0.034	565	18
Superficie Salares	12,300	210	1.00	<u>2,580</u>	<u>82</u>
Total				3,145	100
<u>Egresos</u>					
Evaporación Salares	12,300	256	1.00	3,145	100



CUADRO N° 2.1.3RELACION DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS EN LA VERTIENTE CERRADA
(TERRITORIO BOLIVIANO)

<u>Sub-Cuenca</u>	<u>Estaciones Consideradas en el Estudio</u>			<u>Estaciones Nuevas</u>	<u>Red Final Propuesta</u>
	<u>En Operación</u>	<u>Abandonadas</u>	<u>Total</u>		
Lago Titicaca	6	-	6	2	8
Desaguadero-Poopó	8	-	8	5	13
Salar Coipasa	2	-	2	4	6
Salar Uyuni	<u>2</u>	-	<u>2</u>	<u>6</u>	<u>8</u>
Total	18		18	17	35

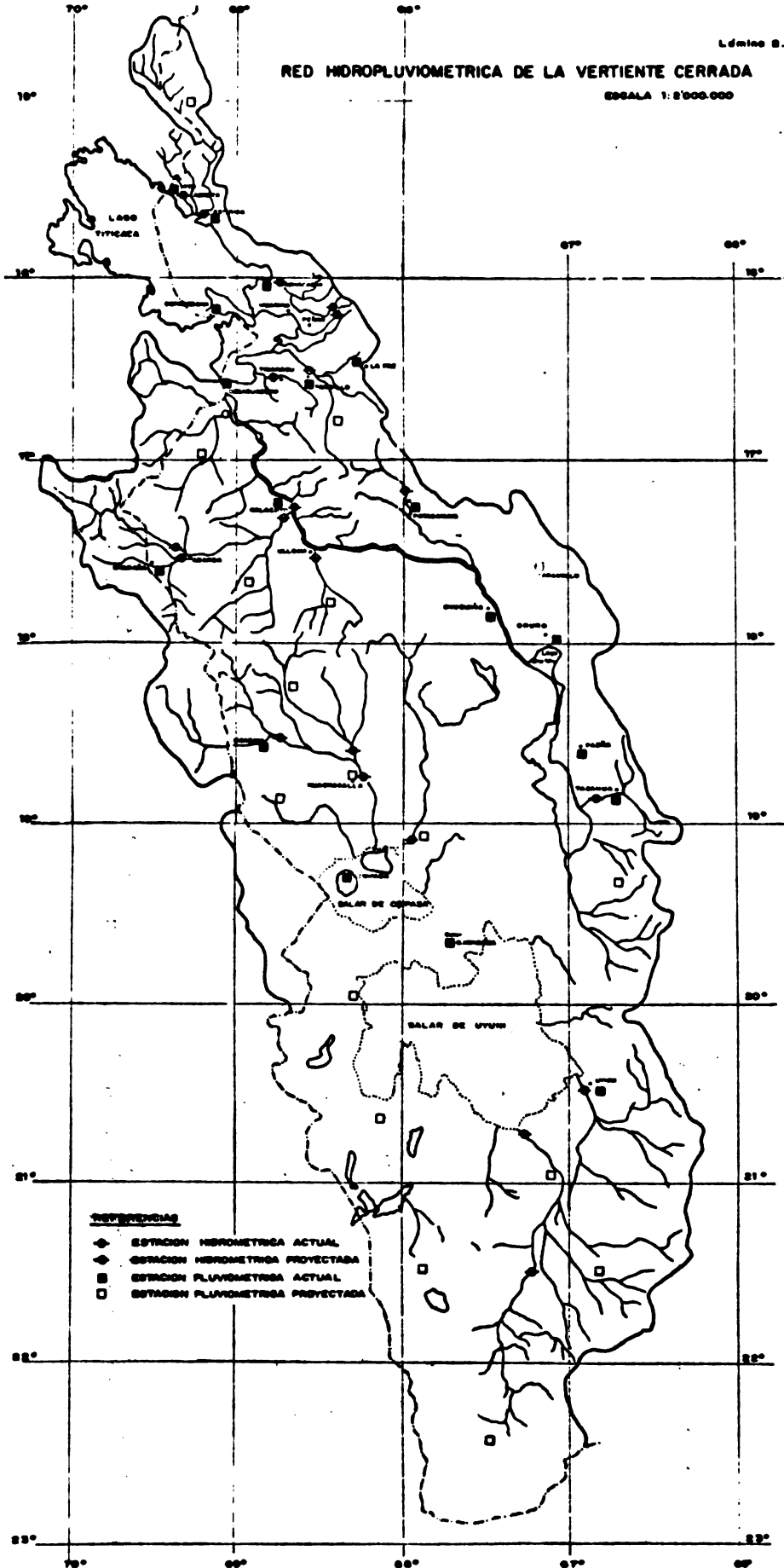
RELACION DE ESTACIONES HIDROMETRICAS EN LA VERTIENTE CERRADA
(TERRITORIO BOLIVIANO)

<u>Sub-Cuenca</u>	<u>Estaciones Consideradas en el Estudio</u>			<u>Estaciones Nuevas</u>	<u>Red Final Propuesta</u>
	<u>En Operación</u>	<u>Abandonadas</u>	<u>Total</u>		
Lago Titicaca	3	2	5	2	7
Desaguadero-Poopó	3	2	5	4	9
Salar Coipasa	1	-	1	3	4
Salar Uyuni	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
Total	7	4	11	12	23



RED HIDROPLUVIOMETRICA DE LA VERTIENTE CERRADA

ESCALA 1:2'000.000



LEYENDAS

- ◆ ESTACION METEOROLOGICA ACTUAL
- ESTACION METEOROLOGICA PROYECTADA
- ESTACION PLUVIOMETRICA ACTUAL
- ESTACION PLUVIOMETRICA PROYECTADA

Además de la información hidroluviométrica se ha recopilado información meteorológica (temperatura media, media mínima y frecuencia de días con heladas) de 16 estaciones meteorológicas instaladas en la Vertiente Cerrada. Esta información no ha sido empleada en el análisis hidrológico regional y su utilidad está referida a la determinación de calendarios, cédulas de cultivo y niveles de evapotranspiración respectivas, información indispensable para la definición y evaluación de los perfiles de proyectos de riego reconocidos en la región.

2.1.4 Análisis de la Información Disponible

a) Generalidades.

El análisis hidrológico que forma parte del diagnóstico de situación de la Vertiente Cerrada es presentado como una evaluación de los recursos hídricos de superficie disponibles para el desarrollo de la actividad agrícola en la región. Tal como se menciona en párrafo anterior, su objetivo ha sido la elaboración de un modelo hidrológico regional que contenga la suficiente versatilidad como para determinar las características del comportamiento hidrológico en cualquier punto ubicado dentro de la región de estudio en función a ciertos parámetros regionales que, en este caso, resultan ser las coordenadas del punto dentro de un sistema de referencia precisado en forma empírica y la superficie de cuenca que drena hasta él.

Debido a que la información hidrométrica disponible no era lo suficientemente consistente, es decir 11 estaciones con un período de registros promedio de 12 años y pocas posibilidades de efectuar correlaciones entre ellas, el análisis regional se sustenta en la información pluviométrica disponible, 18 estaciones con un período de registros promedio de 19 años, y con él se logra precisar tanto la magnitud como la variabilidad de la precipitación total anual a esperarse en un lugar ubicado dentro de la región estudiada en base a sus

coordinadas espaciales y a la ecuación de regresión múltiple determinada. El escurrimiento superficial se obtiene, luego, en base a la precipitación calculada con el modelo regional al área de la cuenca que drena hasta el lugar considerado y a una ecuación de regresión que relaciona el escurrimiento anual (E) con la precipitación media anual (P) representativa para la cuenca hidrográfica considerada.

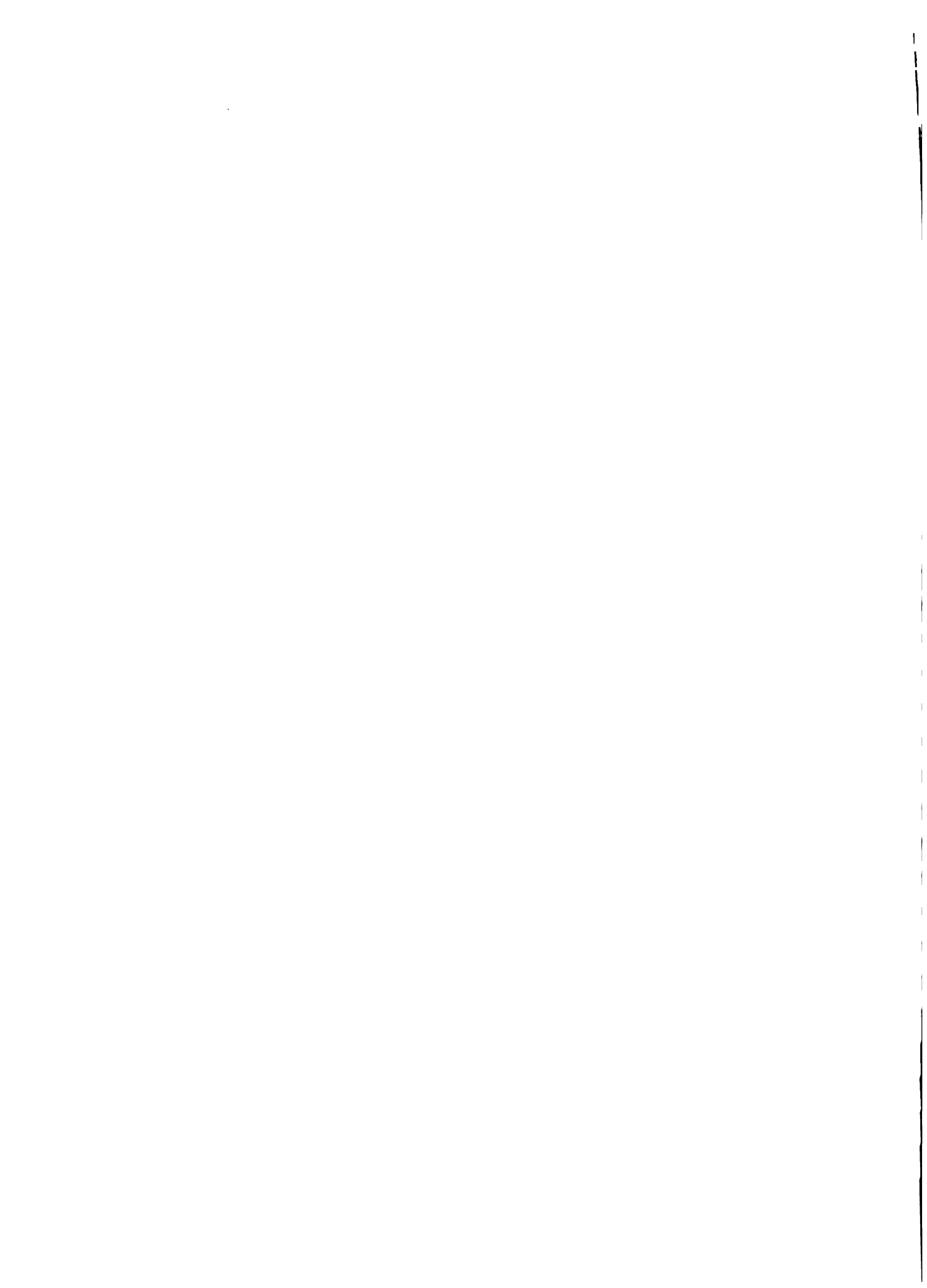
Los valores anuales de precipitación y de escurrimiento superficial pueden luego ser descompuestos en 12 valores medios mensuales empleándose para cada caso un modelo de descomposición diferente en los que los grados de dispersión o de irregularidad de los valores componentes del ciclo anual se obtienen en función, ya sea, de la precipitación total anual si se trata de la distribución de la precipitación, o del área de cuenca controlada, si se trata de la distribución de la escorrentía. Finalmente, con los elementos del modelo regional de precipitación, con la función de regresión precipitación-escorrentía anual y con los modelos de descomposición mensual se podrá determinar las precipitaciones y descargas medias mensuales componentes de un ciclo anual en cualquier lugar de interés y ésto para el nivel o condición de humedad que se desee, ya sea correspondiente a un año muy húmedo, húmedo, normal, seco o muy seco.

b) Análisis de la Información Pluviométrica.

b.1) Análisis Estadístico a Nivel Anual

La información pluviométrica, base del estudio regional, está compuesta por los registros de precipitación total anual correspondientes a 18 estaciones de la Vertiente Cerrada. Esta información se presenta en el Cuadro 2.1.6.

El análisis estadístico realizado con dicha información ha consistido, en primer lugar, en la selección de una distribución teórica de probabilidades compatibles con las distribuciones de las muestras analizadas y luego, seleccionando un amplio período de registros como base del estudio en la determinación de los parámetros estadísticos representativos del período base y que definen la distribución de probabilidades aplicable a cada muestra.



CUADRO N° 2.1.6 - PRECIPITACION TOTAL ANUAL REGISTRADA EN MILIMETROS

Año	Puerto	Salario de																
		Acosta	Escoma	Copacabana	Belén	Desaguadero	Tambillo	El Alto	Charaña	Calacoto	Patacamaya	Chuquiña	Socabaya	Oruro	Pazña	Tacagua	Cofipasa	G.Mendoza
1943	-	-	1,016	-	-	731	-	442	-	-	-	-	262	-	176	-	-	-
1944	-	-	898	-	-	540	-	126	-	-	-	-	405	-	629	-	-	-
1945	601	-	1,006	-	-	658	248	277	-	-	-	-	400	-	312	-	-	-
1946	927	-	-	-	-	687	217	393	-	-	409	-	414	-	453	-	-	-
1947	-	-	704	-	-	582	153	271	-	-	350	-	416	-	538	-	-	178
1948	-	-	956	-	-	607	234	526	-	487	607	-	552	-	408	-	-	129
1949	528	-	-	-	-	616	508	416	-	-	434	-	332	-	-	-	-	-
1950	-	-	-	-	-	600	222	318	-	302	314	-	258	-	-	-	-	-
1951	-	-	-	-	-	630	206	369	-	388	335	-	411	-	-	-	-	-
1952	-	-	904	-	-	597	213	478	-	395	292	-	265	-	-	-	-	-
1953	-	-	1,118	-	-	558	315	630	-	413	328	-	283	480	-	-	-	-
1954	-	-	912	-	-	607	360	740	-	494	453	-	364	397	-	-	-	-
1955	-	-	1,003	-	-	622	428	696	-	470	434	-	320	518	-	-	-	-
1956	-	-	646	-	-	325	255	330	-	366	239	-	194	355	-	-	-	-
1957	-	-	646	-	-	495	373	364	-	408	350	-	193	-	-	-	-	-
1958	-	-	788	-	-	446	242	388	-	379	445	-	295	310	-	-	-	-
1959	-	-	942	-	-	615	200	607	-	488	592	-	344	408	-	-	-	-
1960	-	-	948	-	-	667	256	568	-	566	464	-	313	-	311	-	-	-
1961	-	-	900	-	-	551	417	568	-	437	444	-	258	-	358	-	-	-
1962	-	-	-	-	-	598	269	-	-	405	338	-	308	-	335	-	-	-
1963	-	-	-	-	-	603	295	-	-	344	396	-	406	-	580	-	-	-
1964	-	-	582	-	-	635	113	-	-	403	334	-	354	-	293	-	-	-
1965	-	-	640	-	-	684	116	-	-	378	300	-	308	-	374	-	-	-
1966	-	-	-	-	-	464	-	-	-	221	168	-	171	-	198	-	-	-
1967	-	-	691	-	-	459	315	-	-	327	279	-	152	-	347	-	-	-
1968	-	-	872	-	-	579	513	-	-	465	456	-	310	-	485	-	-	-
1969	-	-	-	-	-	400	206	-	-	268	311	-	239	-	205	-	-	220
1970	-	-	-	-	-	621	279	-	-	300	426	-	280	-	361	-	-	204
1971	-	-	529	-	-	599	345	-	-	313	300	-	270	-	334	-	-	419
1972	-	-	828	-	-	480	463	-	-	399	283	-	268	-	367	-	-	565
1973	1,186	-	560	-	-	614	439	-	-	345	443	-	278	-	482	-	-	288
1974	1,292	404	898	-	-	771	512	-	-	438	359	-	556	-	428	-	-	290
1975	822	478	1,219	-	-	727	493	-	-	481	444	-	566	-	596	-	-	378
1976	577	505	1,026	-	-	607	336	-	-	407	220	-	514	-	389	-	-	340
1977	843	409	963	-	-	807	480	-	-	430	201	-	518	603	516	-	-	460
1978	945	-	933	-	-	727	415	-	-	424	215	-	394	478	474	-	-	321
1979	-	-	-	-	-	811	277	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P	858	477	888	-	705	598	315	436	398	362	356	338	444	398	268	348	196	196

Para la selección de la distribución de probabilidades más adecuada se analizó la información de las tres estaciones que contaban con más amplio período de registros; El Alto, Charaña y Oruro; comprobándose el buen ajuste de la distribución logarítmica normal en cada una de las muestras analizadas (ver Gráfico N° 2.1.1).

Teniendo definida la distribución teórica de probabilidades, el siguiente paso ha consistido en la determinación de los parámetros estadísticos, media (M) y desviación standard (S), representativos del período común tomado como base, para cada una de las estaciones.

Las ecuaciones de regresión empleadas con este propósito han sido las siguientes:

$$M_1^1 = M_1 + (M_2^1 - M_2) R S_1/S_2$$

$$S_1^1 = S_1 + (S_2^1 - S_2) R^2 S_1/S_2$$

en donde:

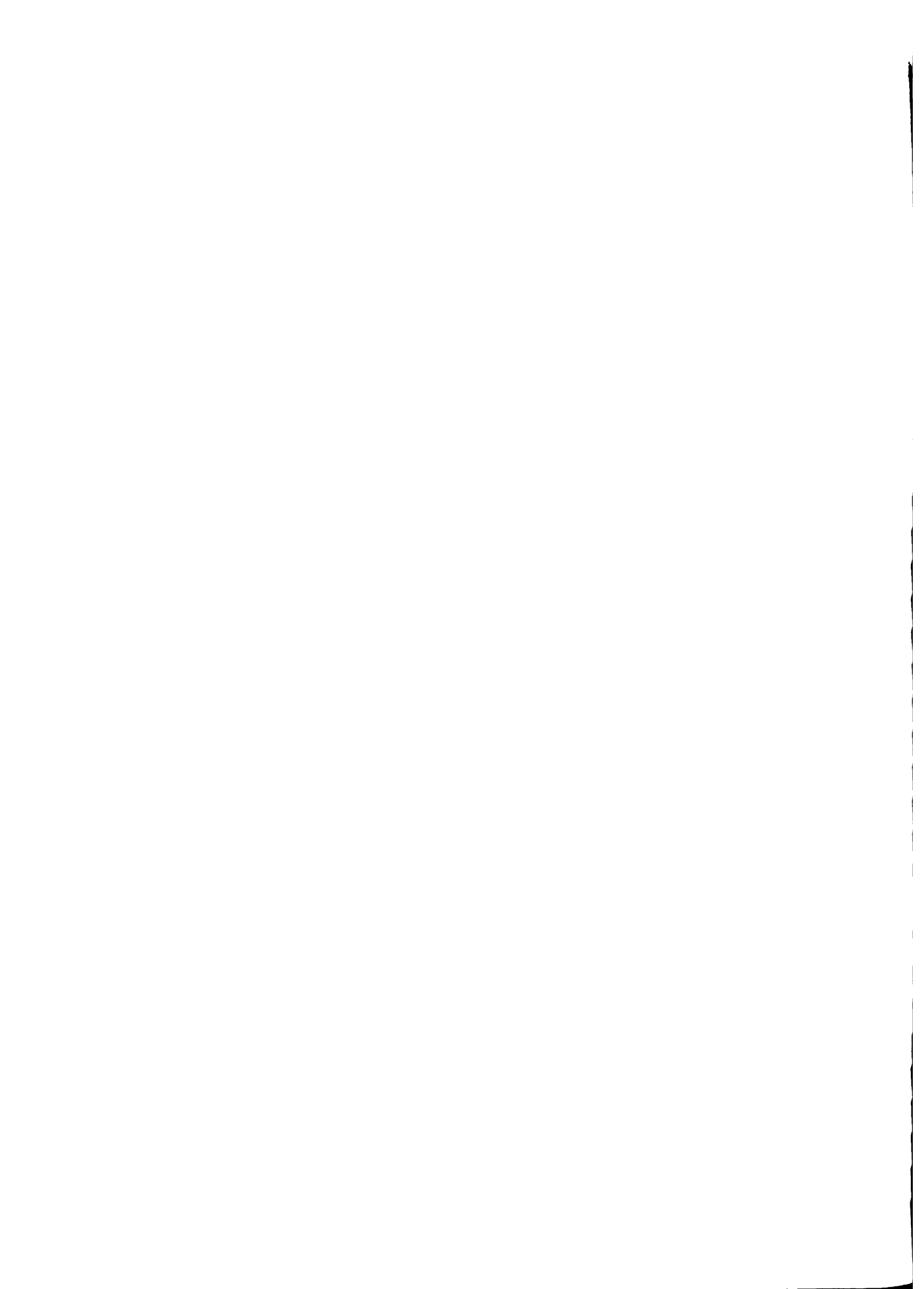
(M_1^1, S_1^1) Son los parámetros correspondientes al período base de la estación con corto período de registros.

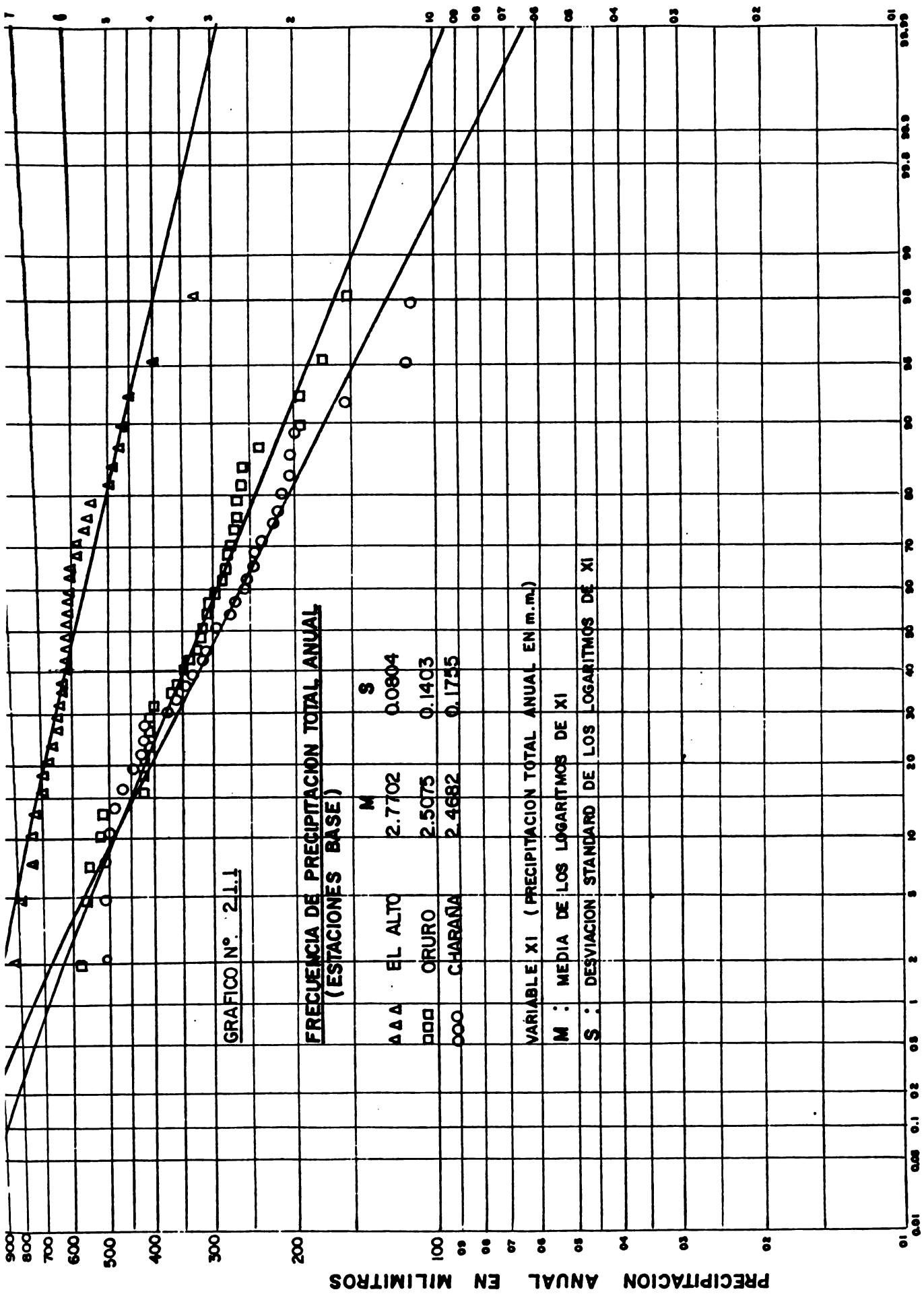
(M_2^1, S_2^1) Son los parámetros correspondientes al período base de la estación tomada como referencia.

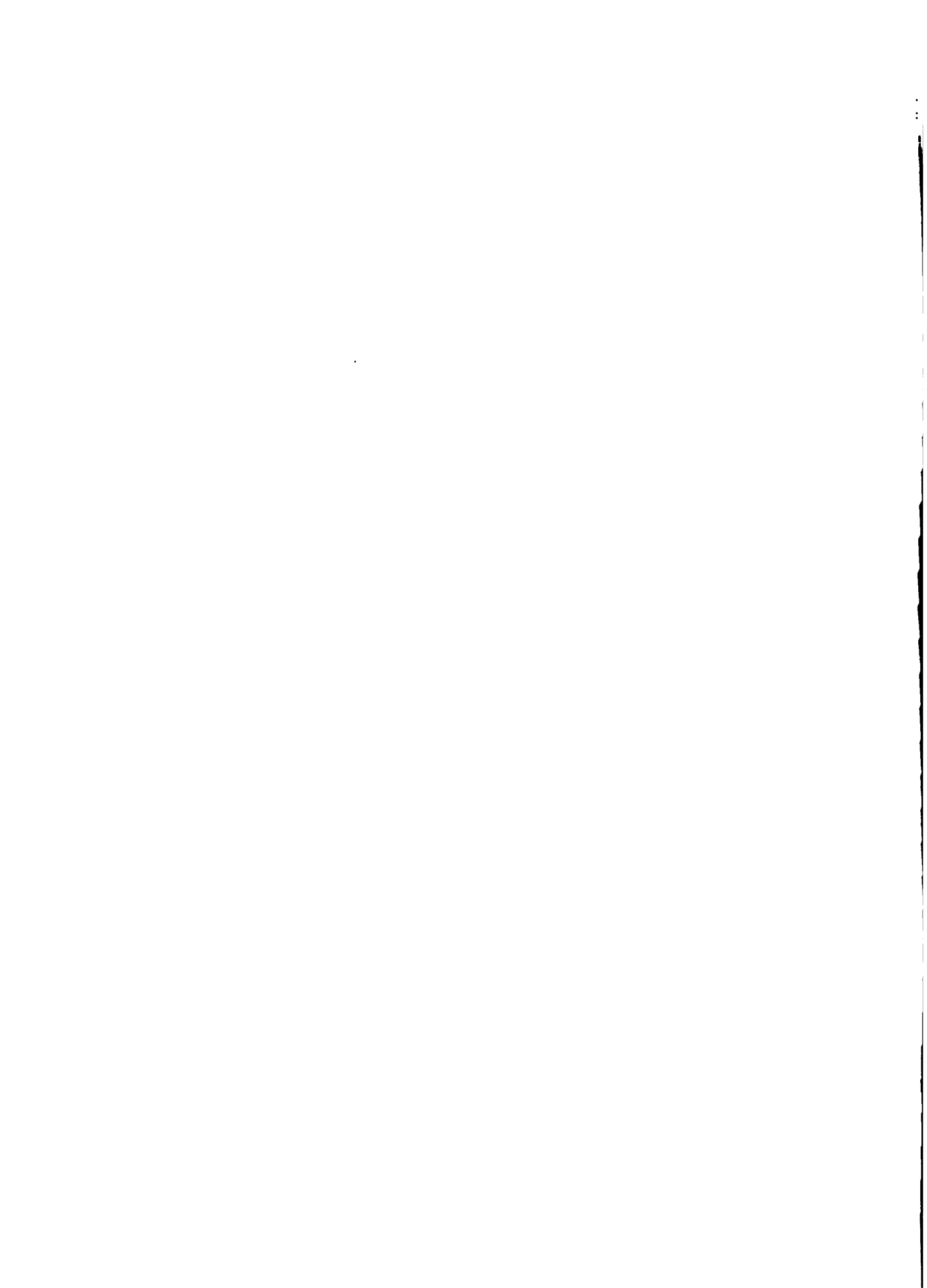
(M_1, S_1, M_2, S_2) Son los parámetros correspondientes al período común de registros de ambas estaciones.

R Es el coeficiente de correlación entre ambas estaciones.

En el Cuadro 2.1.7 se presenta, en forma detallada, el procedimiento de cálculo seguido para la determinación de los parámetros estadísticos correspondientes al período base de 36 años







(1943-1978) observándose que, en algunos casos, los coeficientes de correlación logrados han sido poco significativos y hasta totalmente inexistente en el caso de la estación de Escoma.

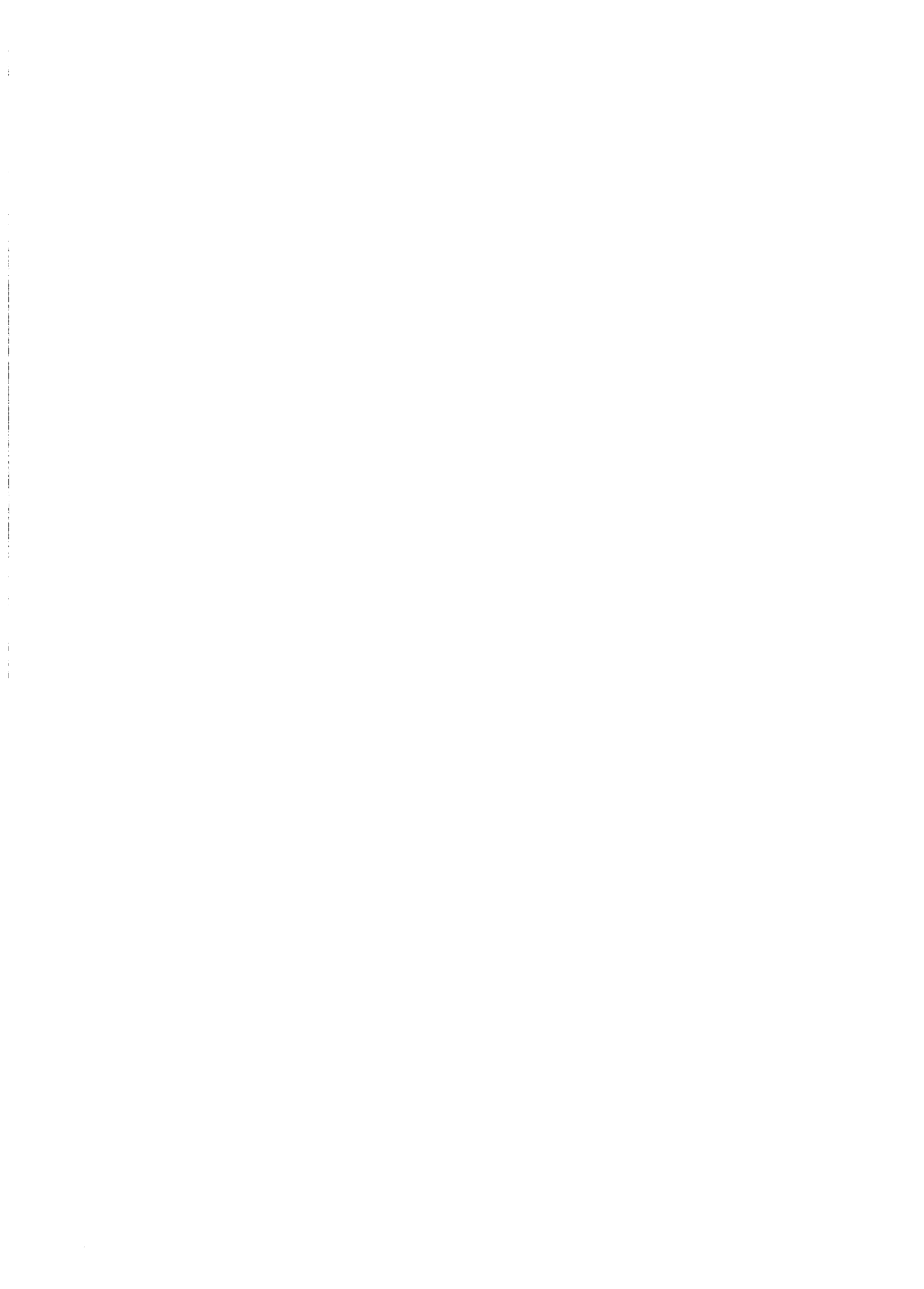
En estos casos, ya que las ecuaciones de regresión tienen muy poca o ninguna influencia, los parámetros de las muestras originales deben mantenerse ante la imposibilidad de mejorarlos.

b.2) Análisis Regional a Nivel Anual

Habiéndose comprobado una buena adecuación a la distribución logarítmica normal de la variable "Precipitación Anual" según las muestras analizadas, surge el problema de la determinación de los parámetros de media (M) y desviación standard (s) que definen la forma de distribución de la variable.

Con el análisis regional planteado se enfoca este problema intentando establecer una correlación para determinar los parámetros estadísticos (M y S) en función de variables regionales adecuadas y que, en este caso, resultaron ser las coordenadas espaciales del lugar, referidas a un sistema polar que se define a continuación.

Partiendo de un centro polar de coordenadas geográficas de latitud Sur $20^{\circ}43'$ y longitud Oeste $65^{\circ}34'$ se ha trazado un arco de círculo, de radio 862 Km, que sigue una trayectoria coincidente con la línea divisoria oriental de la Vertiente Cerrada. Ubicando el origen del sistema en las coordenadas geográficas de latitud Sur $14^{\circ}54'$ y longitud Oeste $69^{\circ}13'$, la distancia a lo largo del arco entre el punto de origen y el punto en que un radio de círculo que, pasando por el lugar de interés, intersecta al arco, define la coordenada X del sistema. La coordenada Y queda definida por la longitud de la perpendicular trazada desde el lugar de interés al arco de círculo. En la Lámina N° 2.1.2 se presenta, para mayor claridad, el sistema de coordenadas adoptado.



CUADRO N° 2.1.7

DETERMINACION DE PARAMETROS ESTADISTICOS CORRESPONDIENTES AL PERIODO BASE

Estación	M_1	S_1	M_2	S_2	M_2^1	S_2^1	R	M_1^1	S_1^1
Estación Base: El Alto									
4 Belén	2.6714	0.0825	2.7801	0.0691	2.7702	0.0804	0.3308	2.6675	0.0840
5 Tambillo	2.8061	0.0462	2.8590	0.0412	2.7702	0.0804	0.7510	2.7313	0.0710
9 Calacoto	2.6137	0.1606	2.7814	0.0799	2.7702	0.0804	0.2247	2.6086	0.1607
Estación Base: Oruro									
0 Patacamaya	2.5919	0.0873	2.4962	0.1478	2.5075	0.1403	0.5598	2.5956	0.0859
1 Chuquiña	2.5414	0.1296	2.5043	0.1438	2.5075	0.1403	0.2656	2.5422	0.1294
2 Socabaya	2.4983	0.2388	2.6606	0.1202	2.5075	0.1403	0.5628	2.3271	0.2514
4 Pazña	2.6383	0.0935	2.5153	0.1234	2.5075	0.1403	0.6489	2.6345	0.0989
5 Tacagua	2.5784	0.1445	2.5281	0.1506	2.5075	0.1403	0.6071	2.5664	0.1409
Estación Base: Belén									
1 Puerto Acosta	2.9265	0.1457	2.6682	0.0981	2.6675	0.0840	0.4519	2.9260	0.1414
2 Escoma	2.6759	0.0540	2.6186	0.1149	2.6675	0.0840	-	2.6759	0.0540
5 Desaguadero	2.8360	0.1085	2.6317	0.0894	2.6675	0.0840	0.3136	2.8498	0.1078
Estación Base: Desaguadero									
3 Copacabana	2.9351	0.0883	2.8747	0.0851	2.8498	0.1078	0.7928	2.9146	0.1031
Estación Base: Calacoto									
8 Charaña	2.4904	0.1528	2.6329	0.1286	2.6086	0.1607	0.2917	2.4820	0.1560
Estación Base: Tacagua									
17 Salar G. de Mendoza	2.5230	0.1372	2.6026	0.1287	2.5664	0.1409	0.3875	2.5080	0.1392
18 Uyuni	2.2641	0.1685	2.6839	0.0799	2.5664	0.1409	0.9219	2.0357	0.2778
Estación Base: S. de Mendoza									
16 Coipasa	2.4127	0.1392	2.5669	0.0839	2.5080	0.1392	0.9971	2.3153	0.2304

En el Cuadro 2.1.8 se presenta la relación de estaciones pluviométricas incluidas en el estudio, los valores de los parámetros estadísticos de media (M) y desviación standard (S) de sus respectivos registros de precipitación y sus coordenadas X, Y correspondientes.

La regresión entre el parámetro M (media de los logaritmos de precipitación anual) y las coordenadas descritas (X, Y) se efectuó en dos fases determinándose, en la primera de ellas, la relación entre M y la coordenada X con una función envolvente. La diferencia entre los valores muestrales de M y los obtenidos de la función envolvente (ΔM) fueron luego, en la segunda fase, correlacionadas con la coordenada Y, determinándose una regresión lineal entre estas variables (ΔM , Y) pero con diferentes valores referidos a cuatro zonas en que se subdivide la Vertiente Cerrada. En el Gráfico 2.1.2 se presentan los resultados de la regresión regional y en la Lámina 2.1.2 la zonificación de la Vertiente Cerrada resultante del análisis regional.

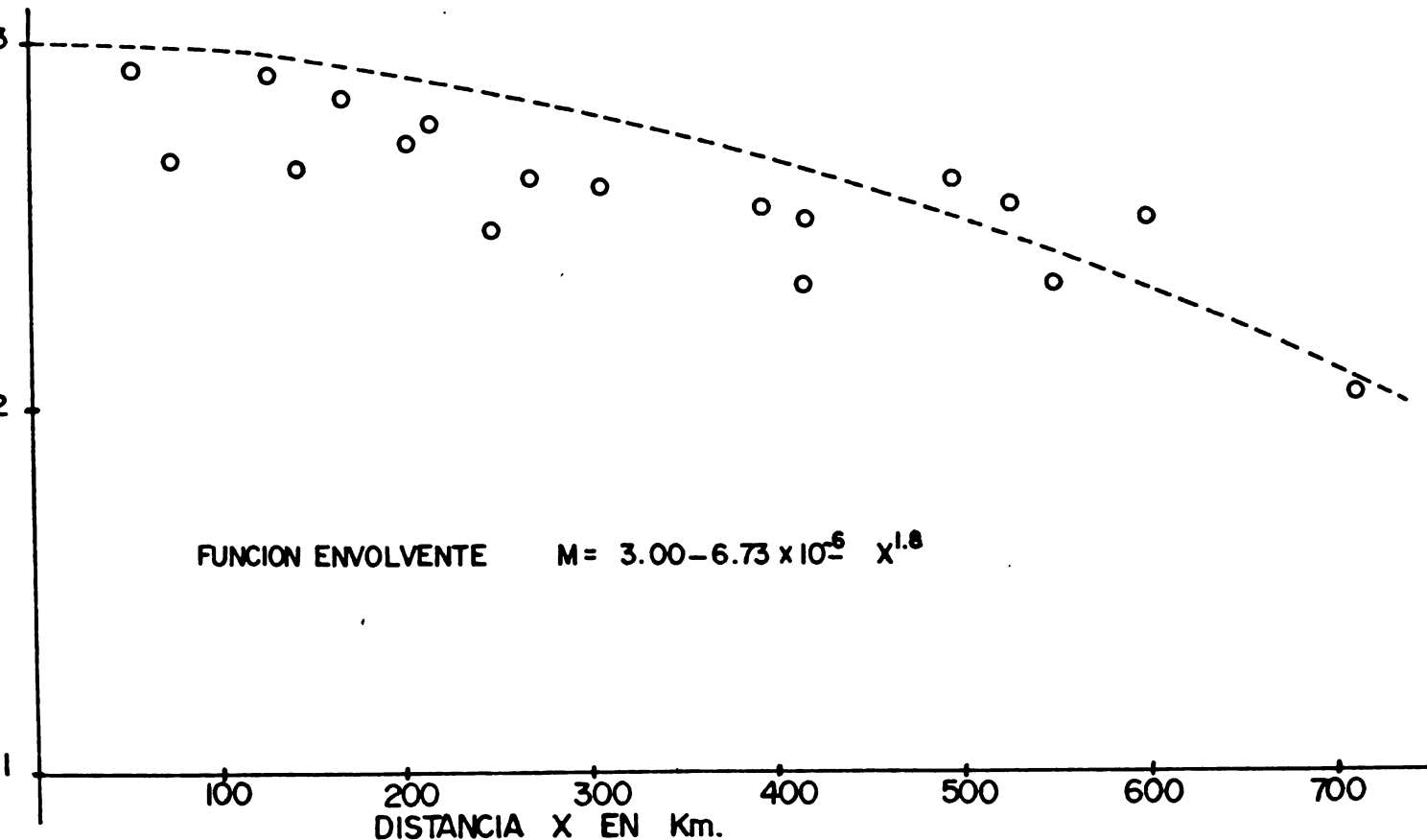
En la zona A se incluyen las estaciones de Puerto Acosta (1), Copacabana (3) y Desaguadero (5), en la zona B las estaciones de Escoma (2) y Belén (4), en la zona C, correspondiente a las cuencas del Desaguadero y Lauca, las estaciones de Tambillo (6), El Alto (7), Charaña (8), Calacoto (9), Patacamaya (10), Chuquiña (11), Socabaya (12) y Oruro (13) y, por último en la zona D, correspondiente al extremo sur, donde se encuentran los salares, las estaciones de Pazña (14), Tacagua (15), Coipasa (16), Salinas de Garcí Mendoza (17) y Uyuni (18).

El análisis regional concluye con la determinación del parámetro S (desviación standard de los logaritmos de precipitación anual) el cual muestra un alto grado de correlación con el parámetro M ($r = -0.93$). El resultado de este análisis se presenta en el Gráfico 2.1.3.

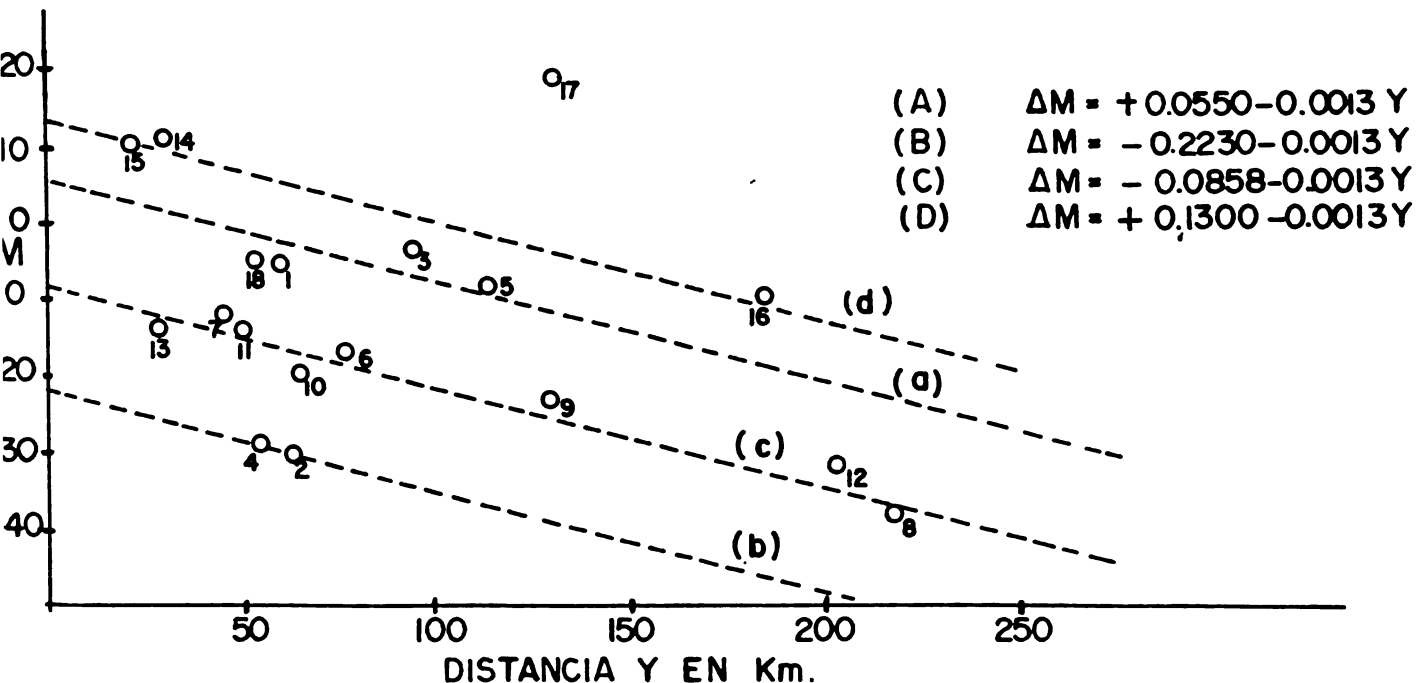
CUADRO N° 2.1.8INFORMACION EMPLEADA EN EL ANALISIS REGIONAL DE PRECIPITACIONES

<u>N°</u>	<u>Estación</u>	<u>M</u>	<u>s</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>
1	Puerto Acosta	2.9260	0.1414	56	60
2	Escoma	2.6759	0.0540	75	62
3	Copacabana	2.9146	0.1031	128	95
4	Belén	2.6675	0.0840	142	56
5	Desaguadero	2.8498	0.1078	170	115
6	Tambillo	2.7313	0.0710	202	77
7	El Alto	2.7702	0.0804	219	46
8	Charaña	2.4820	0.1560	250	219
9	Calacoto	2.6086	0.1607	270	130
10	Patacamaya	2.5956	0.0859	308	65
11	Chuquiña	2.5422	0.1294	394	50
12	Socabaya	2.3271	0.2514	418	202
13	Oruro	2.5075	0.1403	418	28
14	Pazña	2.6345	0.0989	495	30
15	Tacagua	2.5664	0.1409	528	21
16	Coipasa	2.3153	0.2304	552	186
17	Salinas de G. Mendoza	2.5080	0.1392	599	131
18	Uyuni	2.0357	0.2778	711	53

PRIMERA REGRESION PARCIAL $M = F(X)$



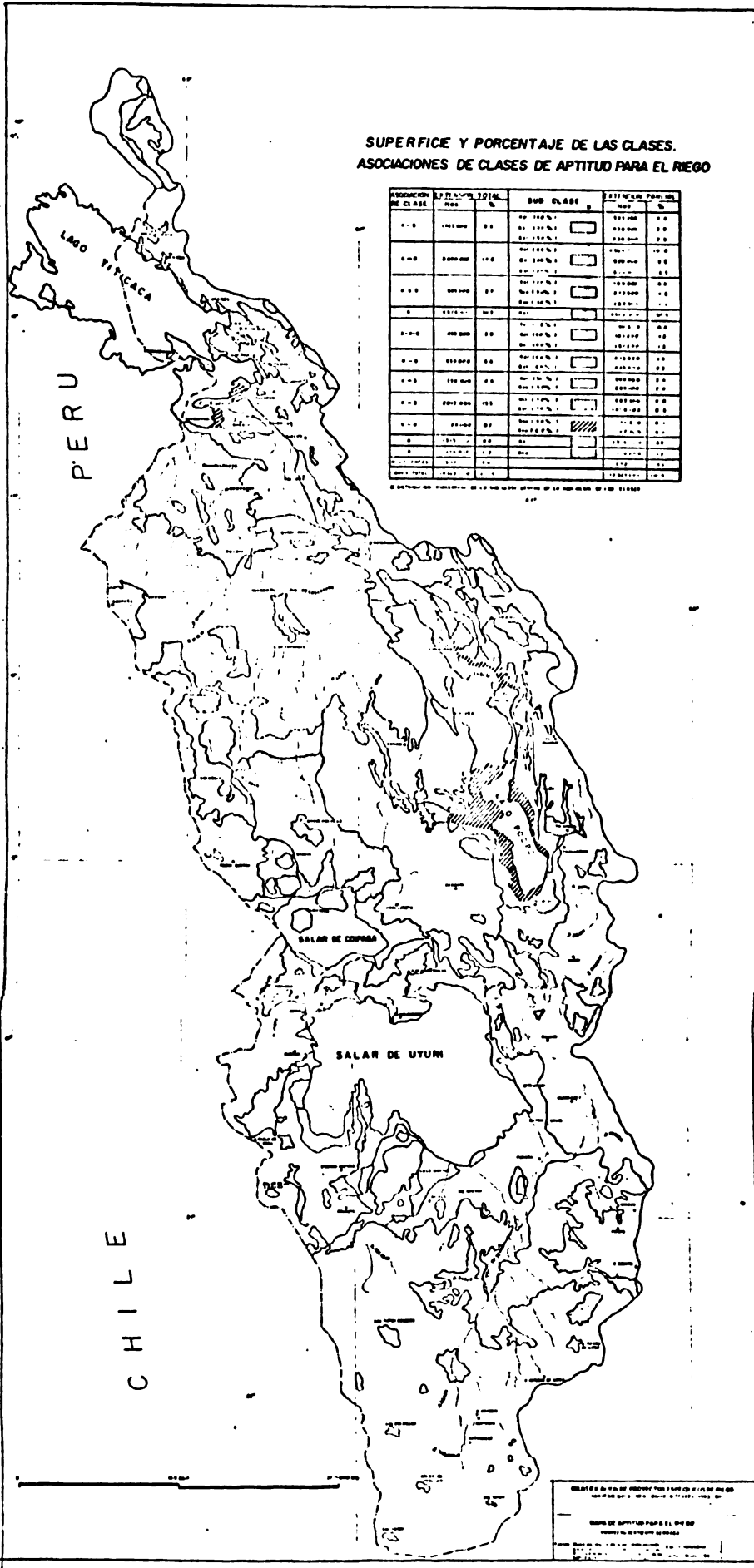
SEGUNDA REGRESION PARCIAL $\Delta M = F(Y)$



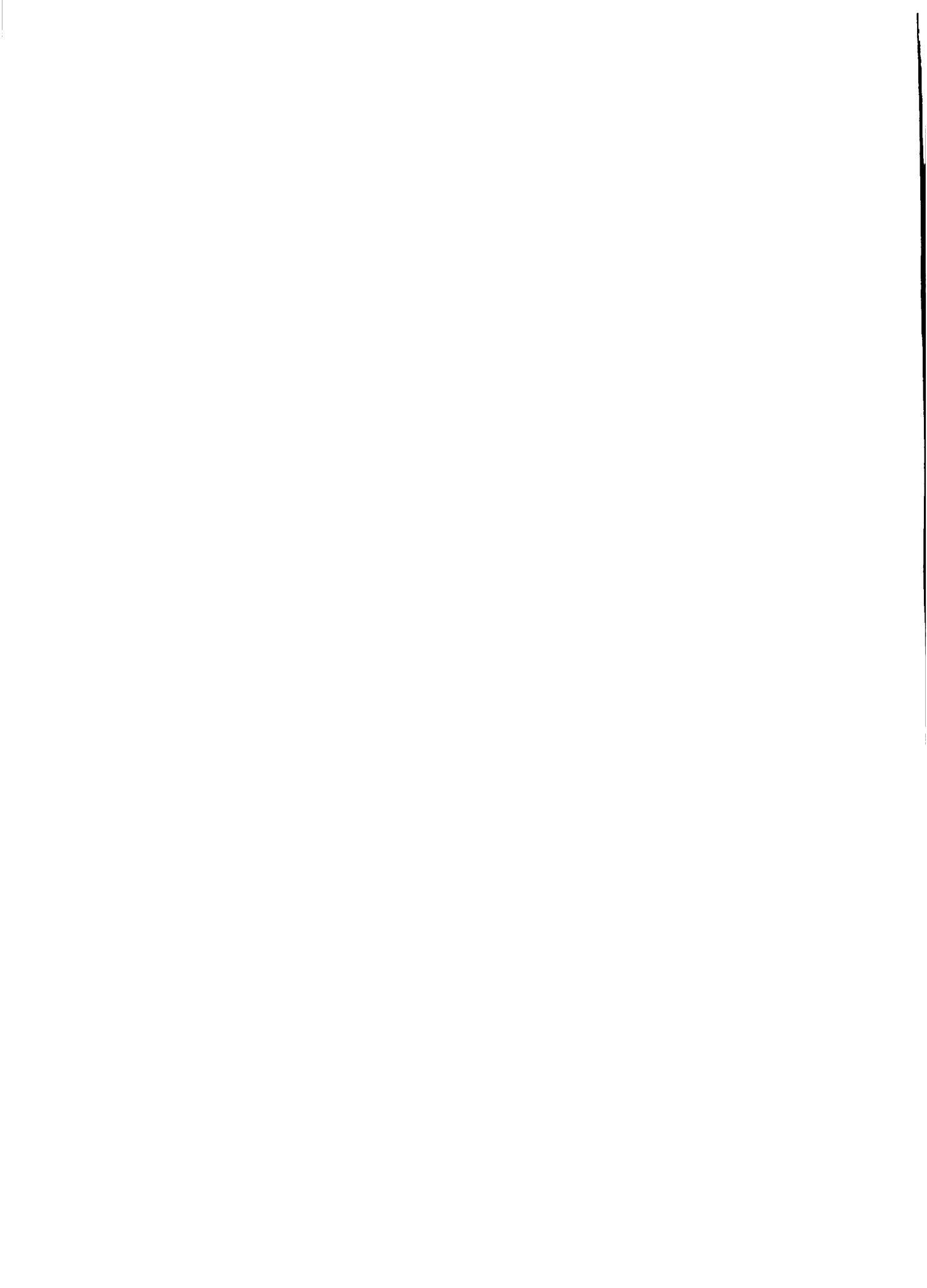
M = MEDIA DE LOGARITMOS DE PRECIPITACION ANUAL
 ΔM = DESVIACION DE M. CON RESPECTO A LA FUNCION ENVOLVENTE DE LA PRIMERA REGRESION PARCIAL

**SUPERFICIE Y PORCENTAJE DE LAS CLASES.
ASOCIACIONES DE CLASES DE APTITUD PARA EL RIEGO**

ASOCIACION DE CLASE	AREA EN HA	%	SUB CLASE	ESTIMACION	PERCENTAJE
1-0	100000	0.0	100000	100000	0.0
2-0	200000	0.0	200000	200000	0.0
3-0	300000	0.0	300000	300000	0.0
4-0	400000	0.0	400000	400000	0.0
5-0	500000	0.0	500000	500000	0.0
6-0	600000	0.0	600000	600000	0.0
7-0	700000	0.0	700000	700000	0.0
8-0	800000	0.0	800000	800000	0.0
9-0	900000	0.0	900000	900000	0.0
10-0	1000000	0.0	1000000	1000000	0.0
11-0	1100000	0.0	1100000	1100000	0.0
12-0	1200000	0.0	1200000	1200000	0.0
13-0	1300000	0.0	1300000	1300000	0.0
14-0	1400000	0.0	1400000	1400000	0.0
15-0	1500000	0.0	1500000	1500000	0.0
16-0	1600000	0.0	1600000	1600000	0.0
17-0	1700000	0.0	1700000	1700000	0.0
18-0	1800000	0.0	1800000	1800000	0.0
19-0	1900000	0.0	1900000	1900000	0.0
20-0	2000000	0.0	2000000	2000000	0.0
TOTAL	20000000	100.0			



ESCALA DE APTITUD PARA EL RIEGO
 (Legend for irrigation suitability classes)
 1-0
 2-0
 3-0
 4-0
 5-0
 6-0
 7-0
 8-0
 9-0
 10-0
 11-0
 12-0
 13-0
 14-0
 15-0
 16-0
 17-0
 18-0
 19-0
 20-0



Por último, en el Cuadro 2.1.9 se presenta una síntesis del Modelo Regional de Precipitaciones con el cual es posible obtener tanto la magnitud como la variabilidad de la precipitación total anual para cualquier punto ubicado dentro de la Vertiente Cerrada en función de sus coordenadas X (distancia a lo largo del eje de referencia en Km) e Y (distancia perpendicular al eje de referencia en Km).

b.3) Modelo de Descomposición a Nivel Mensual

La variación de la precipitación, determinada a nivel de cifras totales anuales, no puede considerarse como aceptable para su empleo en la evaluación de recursos disponibles para el desarrollo de la agricultura, ya que la variación que ésta muestra dentro del ciclo anual, con una alta concentración estacional, desvirtúa toda evaluación realizada con valores totales o promedios. Fue necesario, consecuentemente, avanzar algo más en el análisis hidrológico para lograr un modelo de descomposición hasta, por lo menos, el nivel del período mensual.

Partiendo del procedimiento más simple de identificar coeficientes mensuales constantes (C_i) de tal forma que la precipitación correspondiente al mes (i) se logre multiplicando la precipitación total anual (P_A) por el coeficiente mensual respectivo (C_i), es decir $P_i = C_i \times P_A$, se logró determinar un modelo, si bien más elaborado, con resultados más realistas que el procedimiento simplista descrito anteriormente.

El análisis seguido para determinar el modelo de descomposición se basa en el principio de que el coeficiente mensual C_i no es una constante sino, más bien, una variable que pueda acondicionarse a la variación que muestra el patrón de precipitaciones dentro del ciclo anual. Con este fin se empleó la siguiente ecuación:

$$C_i = m + t_i \times s$$



En donde $m = 1/12$ (Constante igual al valor medio del vector C_i dentro de un ciclo anual).

t_i = Coeficiente mensual standard constante. El vector t_i (12 valores que componen el ciclo anual) tendrá media = CERO y desviación standard = UNO

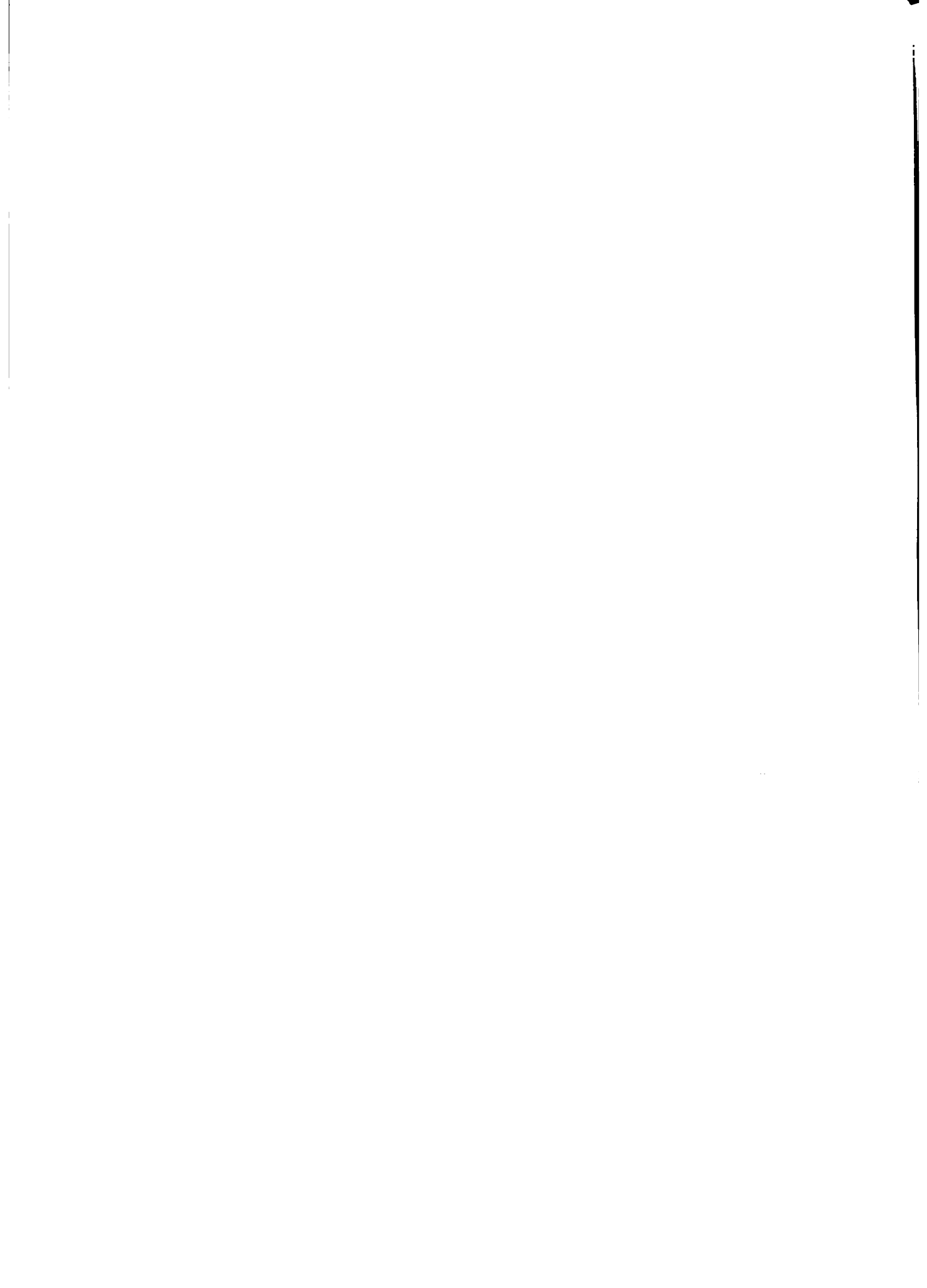
s = Desviación standard del vector C_i , variable cuya función se ha determinado en el análisis.

Calculándose los valores medios de la precipitación total anual (P_A) y de la desviación standard del vector anual C_i (s) para 15 casos analizados se estableció, luego, una correlación entre estos dos parámetros. Los 15 casos analizados se formaron agrupando los registros pluviométricos de las tres estaciones base, El Alto, Oruro y Charaña, en 5 niveles o condiciones de humedad: años muy húmedos (MH), años húmedos (H), años normales (N), años secos (S) y años muy secos (MS). Estos niveles se precisaron empleando la distribución teórica de probabilidades ya definida y estableciéndose 5 rangos con probabilidades de ocurrencia de 20% cada uno y correspondientes a las 5 condiciones de humedad mencionadas.

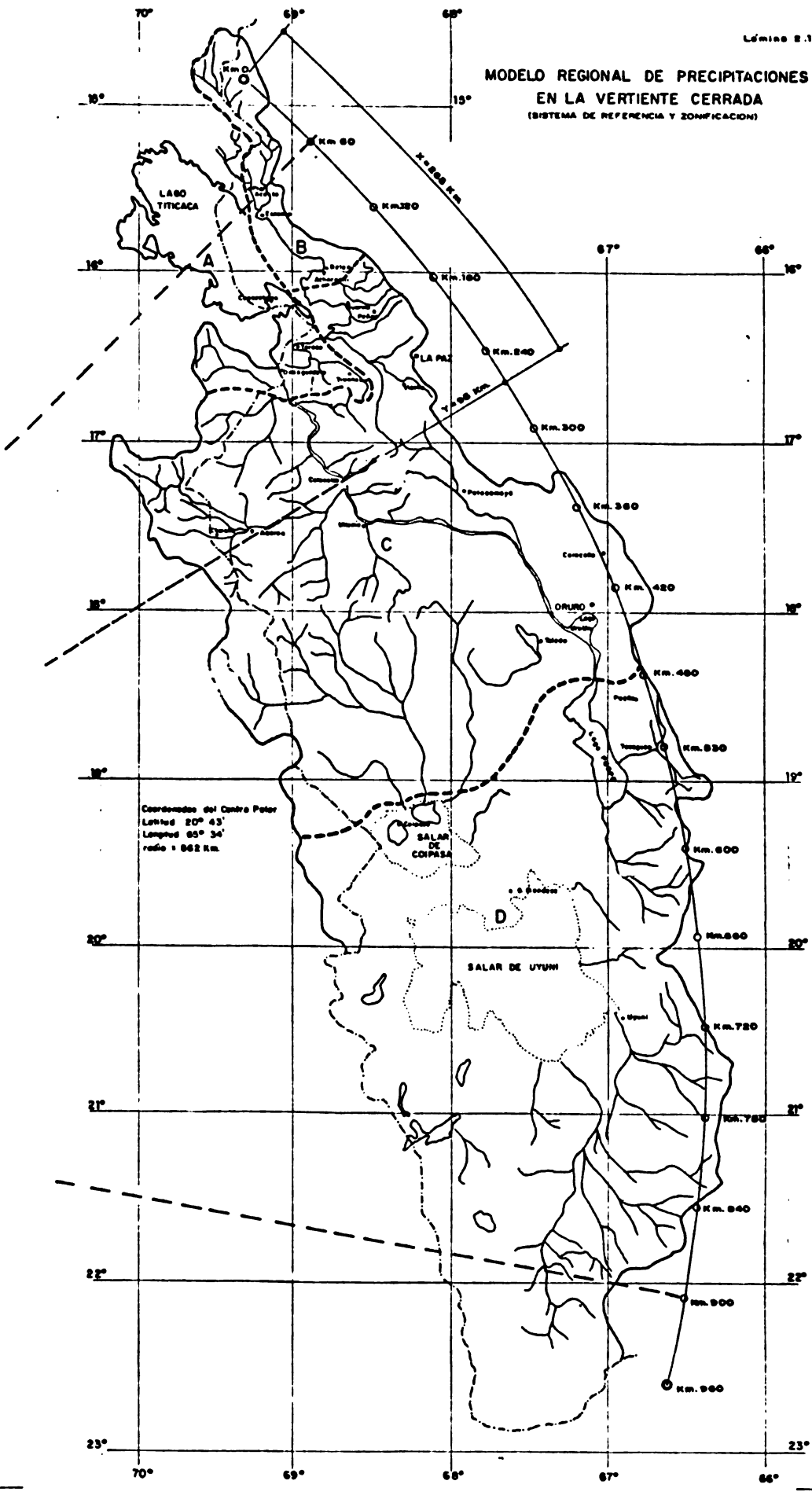
Los parámetros correspondientes a cada uno de los 15 casos analizados se presentan en el Cuadro 2.1.10.

El resultado de la correlación establecida entre las dos variables (P_A) y (s) se presenta en el Gráfico 2.1.4, habiéndose obtenido un coeficiente de correlación aceptable ($r = -0.775$).

El valor negativo del coeficiente de correlación, que indica una disminución de la variable (s) conforme se incrementa el valor de la precipitación anual (P_A), se manifiesta en una mayor uniformización en el patrón de precipitaciones conforme aumenta el valor de la precipitación total anual y, viceversa, una mayor irregularidad conforme disminuye el valor de ésta.



MODELO REGIONAL DE PRECIPITACIONES EN LA VERTIENTE CERRADA (SISTEMA DE REFERENCIA Y ZONIFICACION)





CUADRO N° 2.1.9MODELO REGIONAL DE PRECIPITACIONES - ECUACIONES FINALES

<u>Zona</u>	<u>Estaciones</u>	<u>M = f (X, Y)</u>	<u>S = f (M)</u>
A	1, 3, 5	$M = 3.0550 - 6.73 \times 10^{-6} X^{1.8} - 0.0013Y$	$S = 1.0842 - 0.3339M$
B	2, 4	$M = 2.7770 - 6.73 \times 10^{-6} X^{1.8} - 0.0013Y$	$S = 0.9852 - 0.3339M$
C	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	$M = 2.9142 - 6.73 \times 10^{-6} X^{1.8} - 0.0013Y$	$S = 0.9852 - 0.3339M$
D	14, 15, 16, 17, 18	$M = 3.1300 - 6.73 \times 10^{-6} X^{1.8} - 0.0013Y$	$S = 0.9852 - 0.3339M$

CUADRO N° 2.1.10INFORMACION EMPLEADA EN LA DETERMINACION DEL MODELO DE DESCOMPOSICION MENSUAL

<u>Estación</u>	<u>Condiciones de Humedad</u>					<u>MS</u>
	<u>MH</u>	<u>H</u>	<u>N</u>	<u>S</u>	<u>S</u>	
El Alto	P_A	753	649	601	550	438
	s	0.0864	0.0817	0.0836	0.0356	0.9836
Oruro	P_A	541	396	320	272	190
	s	0.0884	0.1055	0.0990	0.0993	0.1186
Charaña	P_A	467	354	295	236	161
	s	0.1161	0.1210	0.1179	0.1216	0.1151



La composición del vector (t_i) fue determinada analizándose, en forma independiente, tres muestras de registros de precipitación mensual, cada una formada por 14 años de registros, correspondientes a las mismas estaciones base: El Alto, Oruro y Charaña. Los valores promedio obtenidos de cada muestra se presentan en el Cuadro 2.1.11.

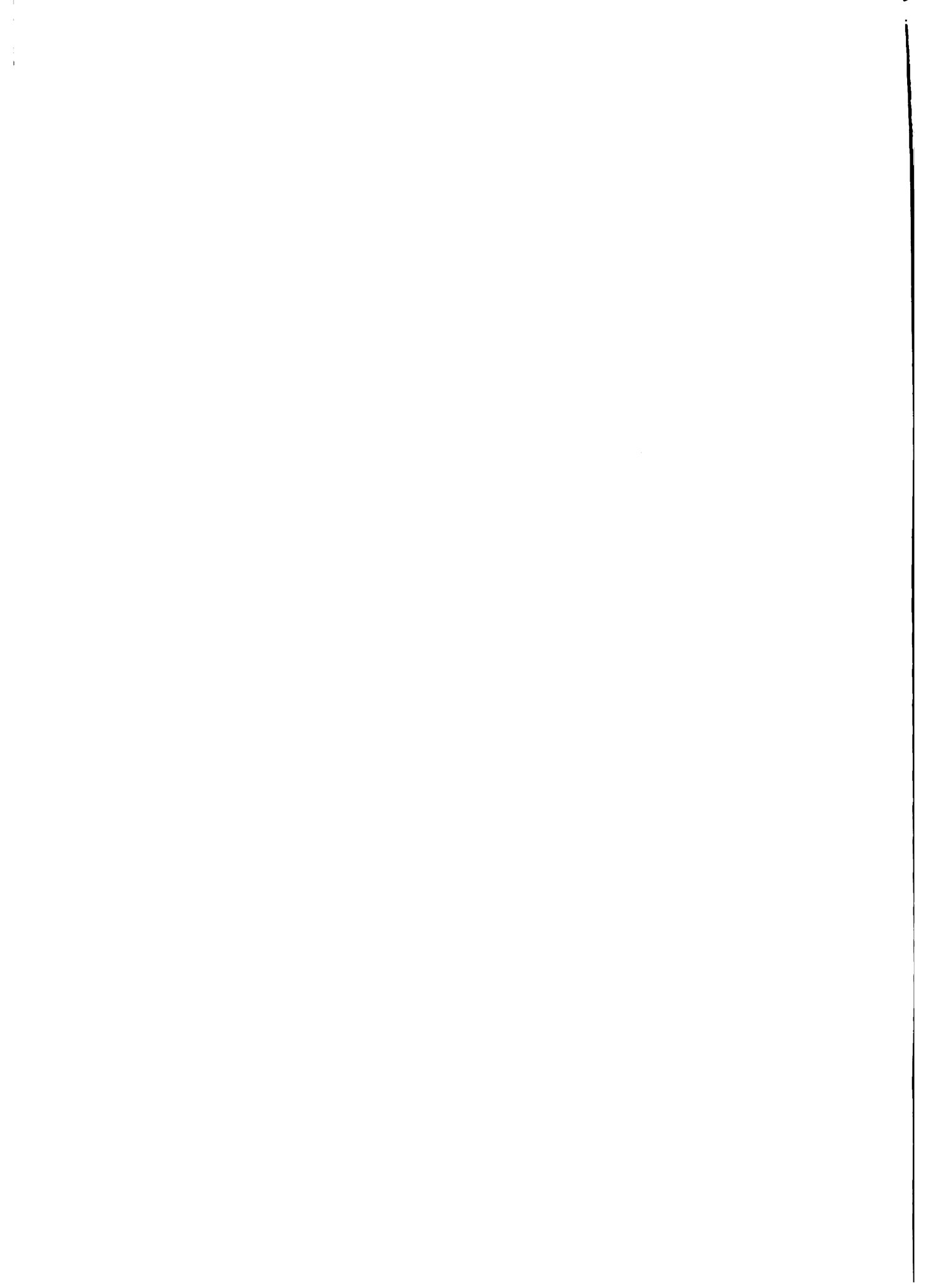
Debido a que no se nota una marcada diferencia entre los valores correspondientes de los vectores (t_i) de cada uno de los casos analizados sino, más bien, una dispersión aleatoria entre ellos, se han calculado los valores (t_i) promedio como componentes del vector que se acepta para aplicarse en el modelo de descomposición como constante, no sólo para cualquier condición de humedad sino también para cualquier lugar dentro del área de estudio.

El vector (t_i) analizado hasta ahora en orden decreciente ha sido luego reorganizado en orden calendario o cronológico, es decir, asignándosele a cada mes, el valor correspondiente más representativo, obteniéndose, finalmente, el arreglo que se presenta en el Cuadro 2.1.12.

c) Análisis de la Información Hidrométrica.

c.1) Generalidades

El tipo de análisis estadístico realizado con la información pluviométrica a nivel anual no puede repetirse con la información hidrométrica por la insuficiente cantidad de información disponible. En el Cuadro 2.1.13 se presenta dicha información y, como podrá observarse, exceptuando el caso de 4 ó 5 estaciones de un total de 11, los años con registros simultáneos no son suficientes, imposibilitándose la realización de correlaciones para determinar parámetros estadísticos representativos de un período común y suficientemente amplio como para tomarse de base.



CUADRO N° 2.1.11COEFICIENTES MENSUALES STANDARD (t_i) PROMEDIOS

<u>Estación</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>
El Alto	2.028	1.324	0.815	0.384	0.105	-0.196	-0.426	-0.530	-0.738	-0.870	-0.928	-0.986
Oruro	2.313	1.229	0.589	0.194	-0.084	-0.211	-0.391	-0.516	-0.642	-0.777	-0.831	-0.879
Charaña	2.383	1.194	0.671	0.289	-0.220	-0.370	-0.535	-0.622	-0.663	-0.706	-0.710	-0.710
t_i Promedio	2.244	1.251	0.693	0.290	-0.066	-0.259	-0.451	-0.556	-0.681	-0.784	-0.823	-0.858

CUADRO N° 2.1.12COEFICIENTES MENSUALES STANDARD (t_i) EN ARREGLO CRONOLOGICO

<u>ENE</u>	<u>FEB</u>	<u>MAR</u>	<u>ABR</u>	<u>MAY</u>	<u>JUN</u>	<u>JUL</u>	<u>AGO</u>	<u>SEP</u>	<u>OCT</u>	<u>NOV</u>	<u>DIC</u>
2.244	1.251	0.290	-0.556	-0.784	-0.858	-0.823	-0.681	-0.451	-0.259	-0.066	0.693

CUADRO N° 2.1.13

ESCURRIMIENTO TOTAL ANUAL REGISTRADO EN MM

Año	Pto. Yanarico	Acosta	Escoma Suches	Lago Hichucota	Lago Contador	Achacachi Keka	Calacoto Desaguadero	Abaroa Mauri	Abaroa Caquena	Viscachani	Challapata Tacagua	Huachacalla Lauca
1942	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.8	17.7	-
1943	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.2	3.2	-
1944	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49.6	41.9	-
1945	-	-	-	412	476	-	-	-	-	23.7	10.4	-
1946	-	-	-	498	486	-	-	-	-	29.8	32.2	-
1947	-	-	-	546	593	-	-	-	-	82.0	158.5	-
1948	-	-	110.2	503	483	-	-	-	-	22.1	-	-
1949	-	-	208.1	551	596	-	-	-	-	87.8	-	-
1950	-	-	90.3	398	494	-	-	-	-	25.6	-	-
1951	-	-	58.6	489	530	-	-	-	-	36.2	-	-
1952	-	-	-	446	644	-	-	-	-	25.6	-	-
1953	-	-	-	565	497	-	-	-	-	39.4	-	-
1954	-	-	-	513	472	-	-	-	-	50.6	-	-
1955	-	-	-	608	618	-	-	-	-	53.2	-	-
1956	-	-	-	398	322	-	-	-	-	53.8	-	-
1957	-	-	-	594	402	-	-	-	-	42.0	-	-
1958	-	-	74.6	652	490	-	-	-	-	64.4	-	-
1959	-	-	100.2	676	439	-	-	-	-	44.2	-	-
1960	-	-	125.7	834	552	-	-	-	-	74.0	-	-
1961	-	-	112.1	690	439	-	-	-	-	35.6	-	-
1962	-	-	136.3	604	600	-	-	-	-	42.3	-	-
1963	-	-	206.7	652	-	-	109.5	-	-	53.5	-	-
1964	-	-	202.7	508	-	-	33.2	-	-	33.6	-	-
1965	-	-	148.2	599	-	-	20.3	-	-	-	-	-
1966	-	-	88.8	-	-	-	12.2	28.6	-	-	-	-
1967	-	-	-	-	-	-	31.2	33.9	-	-	-	-
1968	-	-	-	-	-	153.9	10.8	53.8	-	-	-	-
1969	-	-	-	-	-	-	26.8	41.0	-	-	-	-
1970	-	-	77.7	-	-	-	30.5	46.2	-	-	-	9.5
1971	-	-	63.9	-	-	164.5	23.4	64.0	26.4	-	-	15.8
1972	-	-	64.9	-	-	126.1	35.6	70.4	50.3	-	-	14.4
1973	-	-	-	-	-	-	66.8	68.0	48.5	-	-	-
1974	-	-	-	-	-	260.9	-	93.3	61.0	-	-	12.2
1975	-	-	126.3	-	-	178.3	-	-	59.8	-	-	-
1976	59.9	-	108.0	-	-	-	-	64.0	42.1	-	-	-
77	100.0	-	-	-	-	127.6	-	55.3	52.4	-	-	20.1
78	249.1	-	-	-	-	-	-	47.4	25.9	-	-	-



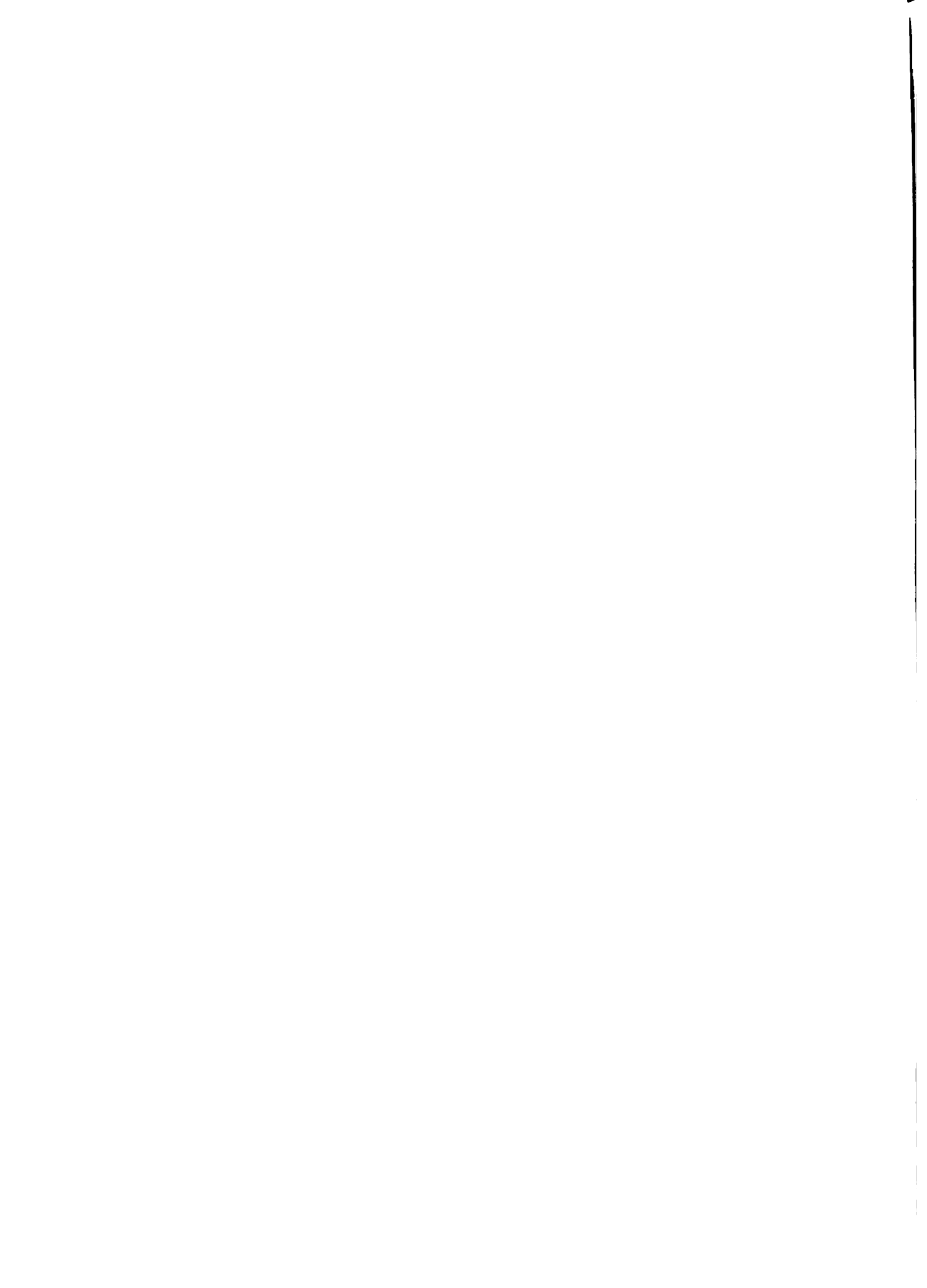
Por este motivo, el análisis de la información hidrométrica se ha circunscrito a un análisis de correlación precipitación - escurrimiento y de esta forma, aceptándose los resultados del análisis estadístico y análisis regional de precipitaciones y amparándose en el análisis de regresión precipitación-escurrimiento, se definen las leyes que determinan tanto la variabilidad como la magnitud del escurrimiento superficial dentro de la Vertiente Cerrada.

c.2) Correlación Precipitación-Escurrimiento

Comparándose la información que se presenta en los Cuadros 2.1.6 (información pluviométrica) y 2.1.13 (información hidrométrica), se ha determinado la forma más adecuada en que dicha información puede compatibilizarse, asignándosele a cada estación hidrométrica la estación pluviométrica con la cual le corresponde establecer su correlación. La relación de pares de estaciones se presenta a continuación:

<u>Estación Hidrométrica (Río)</u>	<u>Estación Pluviométrica</u>
Yanarico	Puerto Acosta
Suches	Escoma
Keka	Belén
Desaguadero-Calacoto	Desaguadero
Mauri	Charaña
Caquena	Charaña
Viscachani	Patacamaya
Tacagua	Tacagua
Lauca	Socabaya

Las estaciones hidrométricas de las Lagunas de Hichucota y Contador no se incluyen en el análisis debido a que, por mostrar estas cuencas un régimen hidrológico muy particular, su empleo produciría una distorsión en el análisis desmejorando el valor de los resultados. El análisis de esta información, por lo tanto, ha merecido un tratamiento separado.



La correlación se ha realizado entre la precipitación media anual (\bar{P}) determinada como representativa de la cuenca hidrográfica en cuestión y el escurrimiento anual registrado (E), valor tomado del Cuadro 2.1.13.

La precipitación representativa (\bar{P}) se ha calculado en base a la siguiente ecuación:

$$\bar{P} = 10^{M(\bar{P}) + t.S(\bar{P})}$$

En donde $M(\bar{P})$ y $S(\bar{P})$ representan, respectivamente, la media y desviación standard de la distribución logarítmica normal correspondiente a las precipitaciones en el punto centro de gravedad de la cuenca hidrográfica. Estos parámetros, calculados en el modelo regional de precipitaciones, se presentan en el Cuadro 2.1.14.

(t) representa la transformada a una distribución normal standard de la variable $\log(P)$ y se obtiene de la siguiente forma:

$$t = \frac{\log(p) - M(p)}{S(p)}$$

en donde p = precipitación anual registrada en m.m., $M(p)$ y $S(p)$ representan, respectivamente, la media y desviación standard de la variable $\log(P)$, valores que se obtienen del análisis regional en función de las coordenadas de la estación pluviométrica.

Todos los valores simultáneos de (\bar{P}) y (E) que se han podido obtener se presentan en el Cuadro 2.1.15. En él también se presentan, para mayor comprensión, los parámetros estadísticos de $M(p)$, $S(p)$, $M(\bar{P})$ y $S(\bar{P})$ empleados en el cálculo de la precipitación media anual representativa para la cuenca hidrográfica (P).



CUADRO N° 2.1.14

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA PRECIPITACION REPRESENTATIVA EN LAS
CUENCAS HIDROGRAFICAS CONTROLADAS

Cuenca	Zona	Coordenadas del Centro de Gravedad				M(\bar{P})	S(\bar{P})
		Latitud	Long.	X	Y		
Yanarico	A	15.329°	69.307°	33.6	44.0	2.9940	0.0845
Suches	B	15.062	69.250°	30.4	32.0	2.7322	0.0729
Laguna Hichucota	C	16.1064	68.3366	170.0	30.0	2.8056	0.0484
Laguna Contador	C	16.1519	68.3008	177.0	31.0	2.7990	0.0506
Keka	C	16.125°	68.479°	162.4	42.0	2.7955	0.0518
Desaguadero	C	16.924°	69.038°	204.0	141.0	2.6342	0.1056
Mauri	C	17.272°	69.648°	198.4	215.0	2.5427	0.1362
Caquena	C	17.661°	69.462°	258.0	222.0	2.4780	0.1578
Viscachani	C	17.043°	68.073°	278.0	66.0	2.6596	0.0971
Tacagua	D	18.846°	66.594°	531.0	0.0	2.5890	0.1207
Lauca	C	18.348°	68.711°	395.0	191.0	2.3483	0.2011



CUADRO N° 2.1.15

INFORMACION EMEPLEADA EN EL ANALISIS DE CORRELACION PRECIPITACION-ESCURRIMIENTO

o	Estación Pluviométrica	M(p)	S(p)	Pmm	Cuenca Controlada	M(\bar{P})	S(\bar{P})	Pmm X	Emm Y						
76	Pto. Acosta	2.9676	0.0933	577	Yanarico	2.9940	0.0845	641	59.0						
77				843				904	100.0						
78				945				1002	249.1						
71	Escoma	2.6804	0.0902	529	Suches	2.7322	0.0729	585	63.9						
72				456				518	64.9						
75				478				539	126.3						
76				505				563	108.0						
68				451				625	153.9						
71	Belén	2.6538	0.0991	324	Keka	2.7955	0.0518	525	164.1						
72				347				545	126.1						
74				561				700	260.9						
75				299				504	178.3						
77				509				665	127.6						
966				Desaguadero				2.8359	0.1373	552	Desaguadero	2.6342	0.1056	365	20.3
967										603				390	12.2
968	779	475	31.2												
969	419	295	10.8												
970	544	360	26.8												
971	579	378	30.5												
972	620	399	23.4												
973	1044	595	35.6												
974	748	461	66.8												
966	Charaña	2.4901	0.1538		315	Mauri	2.5427			0.1362				355	28.6
967				315	355			33.9							
968				513	546			53.8							
969				206	244			41.0							
970				279	318			46.2							
971				345	384			64.0							
972				463	499			70.4							
973				439	476			68.0							
974				512	545			93.3							
976				536	376			64.0							
977				480	515			55.3							
978				415	453			47.4							
1971	Charaña	2.4901	0.1538	345	Caquena	2.4780	0.1578	336	26.4						
1972				463				455	50.3						
1973				439				431	48.5						
1974				512				504	61.0						
1975				498				490	59.8						
1976				336				327	42.1						
1977				480				472	52.4						
1978				415				407	25.9						



UADRO N° 2.1.15 (CONT.)

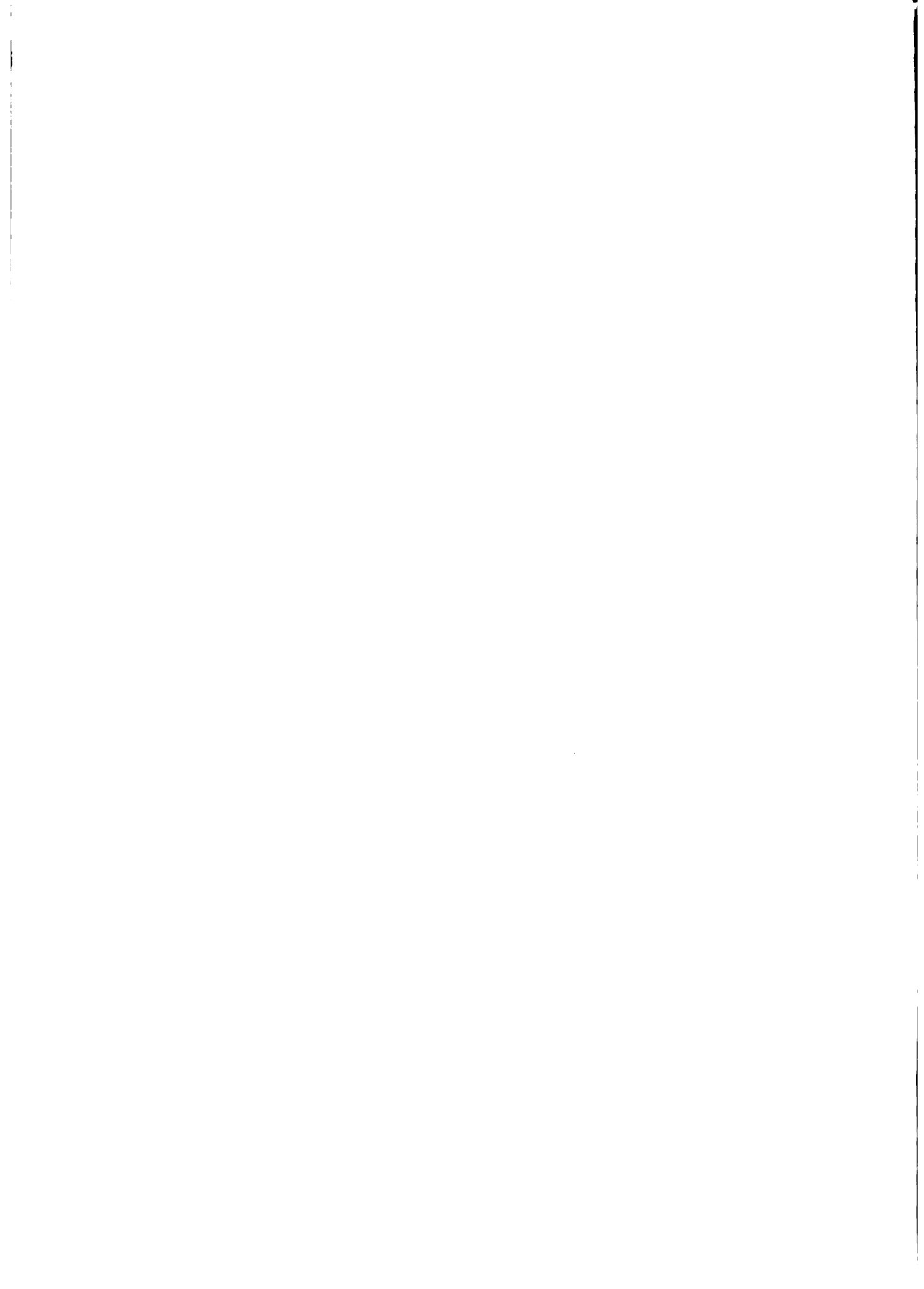
<u>ño</u>	<u>Estación Pluviométrica</u>	<u>M(p)</u>	<u>S(p)</u>	<u>Pmm</u>	<u>Cuenca Controlada</u>	<u>M(\bar{P})</u>	<u>S(\bar{P})</u>	<u>Pmm X</u>	<u>Emm Y</u>
948	Patacamaya	2.6267	0.1081	487	Viscachani	2.6596	0.0971	518	22.1
950				302				337	25.6
951				388				422	36.2
952				395				429	25.6
953				413				446	39.4
954				494				524	50.6
955				470				502	53.2
956				366				401	53.8
957				408				442	42.0
958				379				413	64.4
959				488				519	44.2
960				566				593	74.0
961				437				470	35.6
962				405				439	42.3
963				344				379	53.5
964				403				437	33.6
943	Tacagua	2.5672	0.1280	176	Tacagua	2.5890	0.1207	193	3.2
944				629				642	41.9
945				312				331	10.4
946				453				471	32.2
947				538				554	158.5
1975	Socabaya	2.2999	0.2173	364	Lauca	2.3463	0.2011	389	12.2
1977				310				336	20.1

Para la regresión se ha empleado un modelo logarítmico tal como se expresa en la siguiente ecuación $E = a (P-C)^b$, en donde a y b son los parámetros de la ecuación de regresión y C una variable que representa el valor mínimo de la precipitación anual que origina un escurrimiento superficial positivo. Dando distintos valores a la variable C , se determinó su valor más aceptable, es decir, aquel con el cual se logra el más alto coeficiente de correlación. Los valores probados para la variable C y coeficientes de correlación logrados respectivamente se presentan a continuación:

<u>C</u>	<u>r</u>
0	0.730
50	0.733
100	0.737
120	0.739
140	0.741
150	0.742
160	0.742
200	0.660

Aceptándose un valor para C de 150, la ecuación de regresión resultante se presenta en el Gráfico 2.1.5.

Debido a que los puntos correspondientes a la cuenca del Río Keka (ploteados con diferente símbolo) mostraban un comportamiento muy particular, se prefirió no incluirlos en el análisis de regresión, aceptándose para esta cuenca en particular, una regresión precipitación-escurrecimiento diferente. Este fenómeno, por su particularidad, merecería ser analizado con más detalle en posterior estudio y su comprensión podría significar la inclusión de otra variable independiente, además de la precipitación, en la determinación del escurrimiento (E).



ANALISIS DE REGRESION PRECIPITACION ESCURRIMIENTO

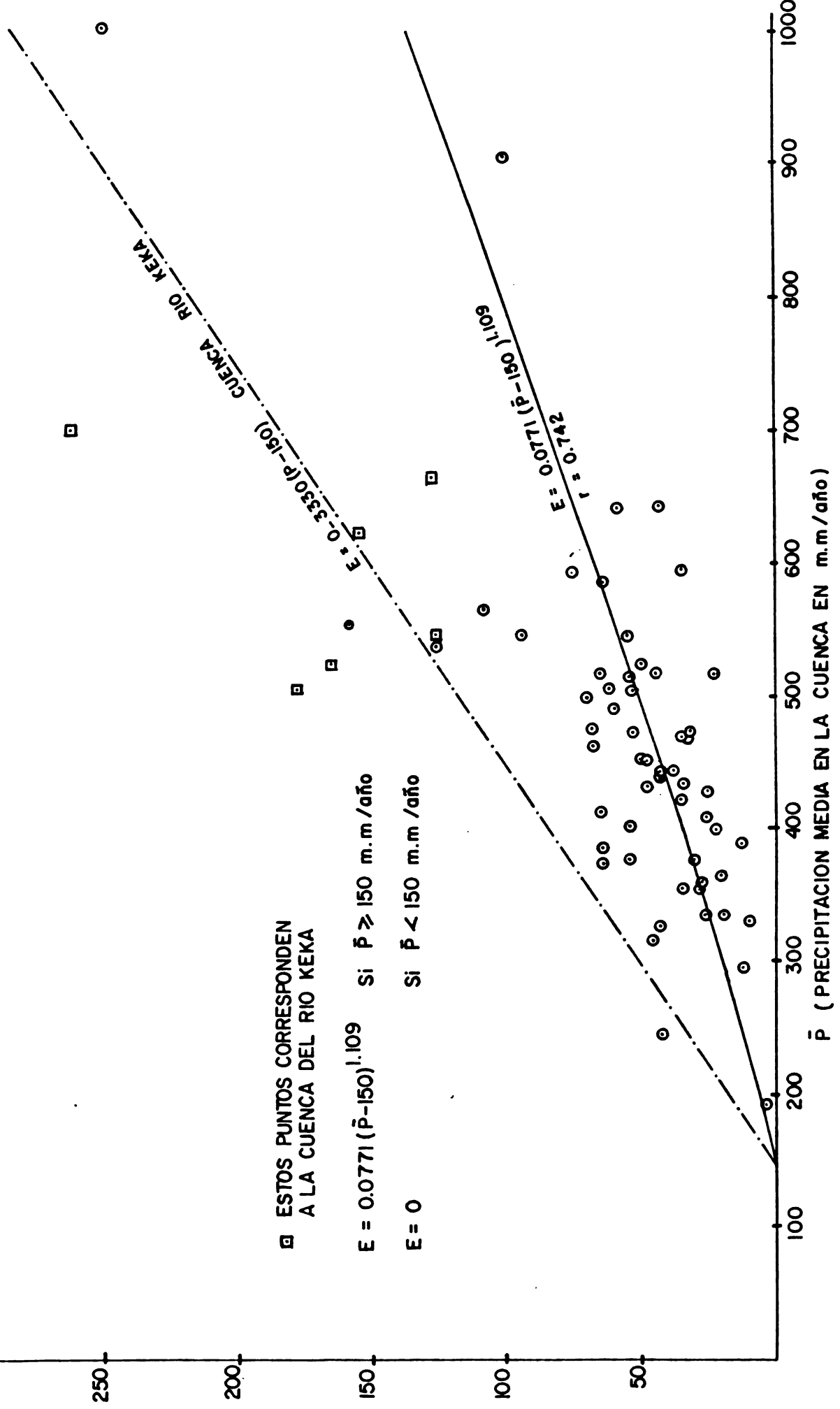
□ ESTOS PUNTOS CORRESPONDEN
A LA CUENCA DEL RIO KEKA

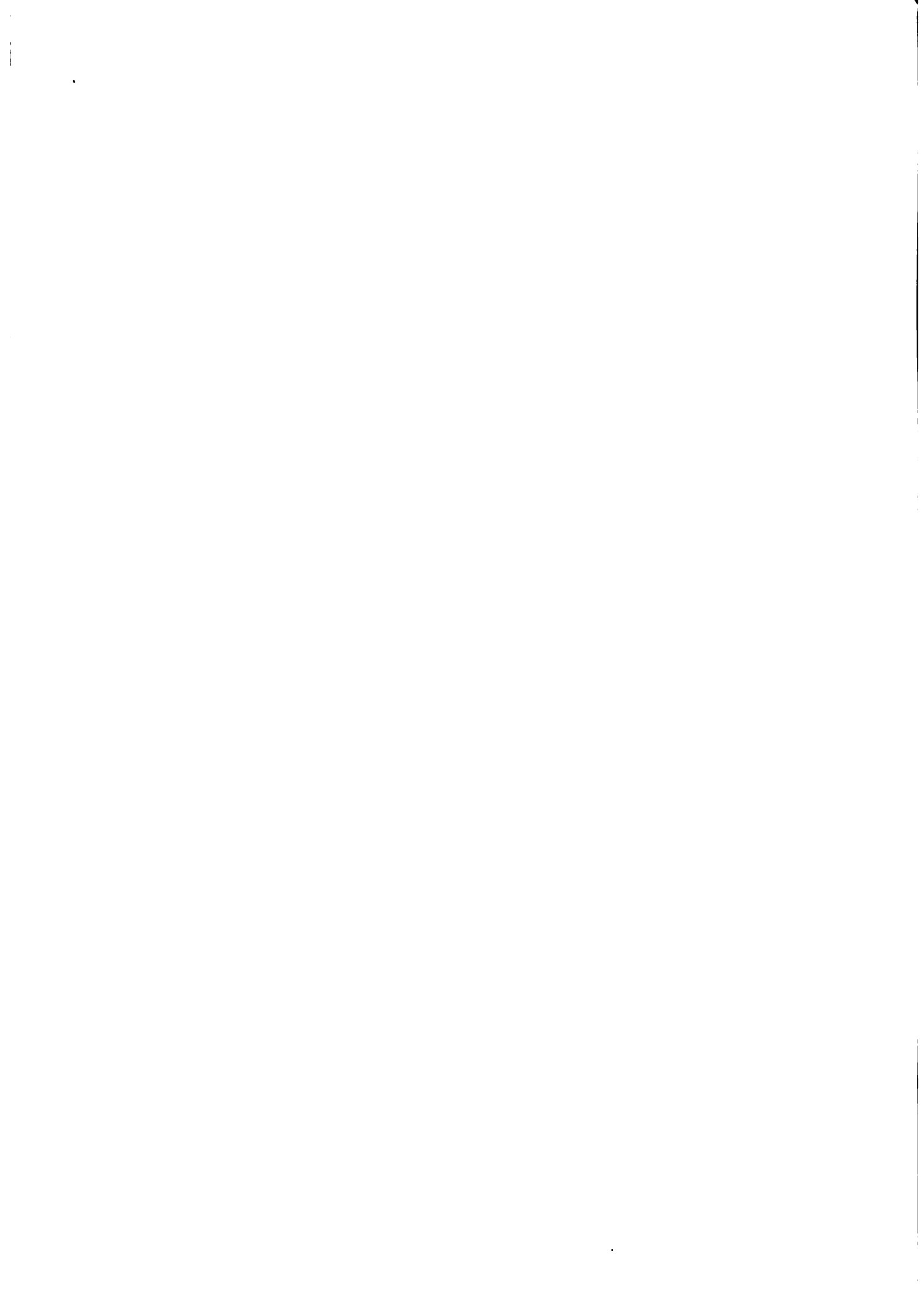
$E = 0.0771 (\bar{P} - 150)^{1.109}$

Si $\bar{P} \geq 150$ m.m/año

$E = 0$

Si $\bar{P} < 150$ m.m/año





c.3) Modelo de Descomposición a Nivel Mensual

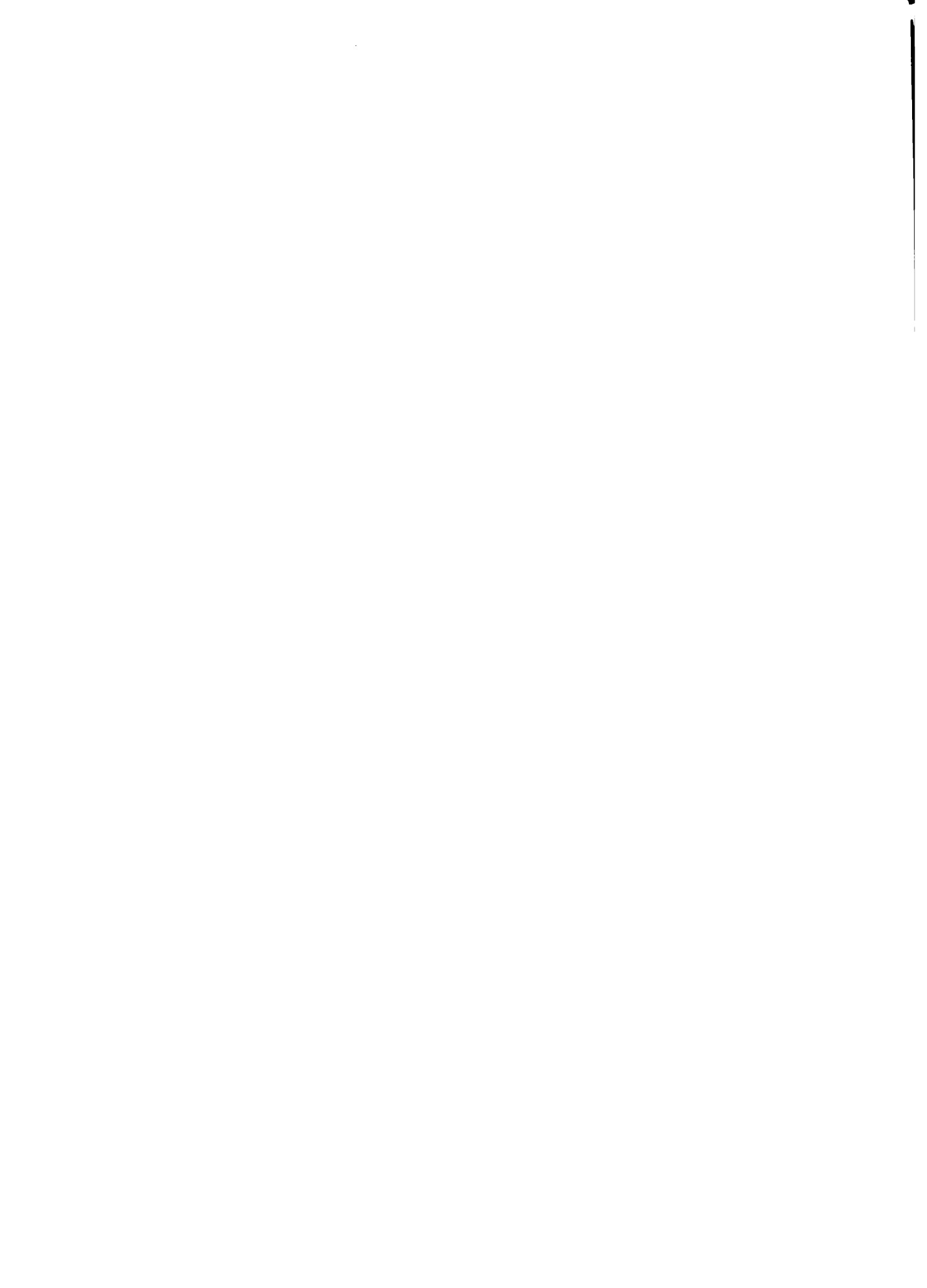
Determinándose la esorrentía total anual con la ecuación de regresión ya descrita, ésta debe luego ser descompuesta en 12 valores mensuales habiéndose desarrollado para ello un modelo de descomposición muy similar al que se desarrolló para igual propósito con la precipitación.

Convirtiendo los registros de descargas medias mensuales (Q_i) en coeficientes mensuales (C_i) que representan la relación de las descargas mensuales entre la descarga total anual ($C_i = Q_i/Q_a$), se ha calculado la desviación standard (s) de la variable C_i para el ciclo anual, tomándose este parámetro (s) como representativo del grado de variabilidad del hidrograma anual de descargas. En el Cuadro 2.1.16 se muestran los valores anuales de la variable (s) obtenidos para las cuencas controladas. No se incluye en el análisis a las cuencas de las lagunas Hichucota y Contador ya que éstas, por el efecto regulador de los nevados y del mismo cuerpo de agua de las lagunas, muestran un comportamiento hidrológico muy diferente al del resto de las cuencas analizadas.

Luego se intentó, al igual que en el modelo de descomposición de la precipitación, establecer la correlación entre el parámetro (s) y el escurrimiento total anual (E) en forma independiente para cada cuenca, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro 2.1.17.

La variabilidad tan grande en los valores obtenidos para el coeficiente de correlación (r) condujo a la conclusión de que las variables analizadas Escurrimiento Anual (E) y Variabilidad en el Escurrimiento (s) no muestran un grado de correlación significativa y, por lo tanto, resultó inaceptable este intento de correlación.

Se efectuó luego la correlación entre los valores medios de la variable s , (S) y las áreas de cuenca correspondientes, mostrándose en el mismo cuadro 2.1.17 los valores empleados en la correlación.



CUADRO N° 2.1.1.16

DESVIACION STANDARD DEL VECTOR DE COEFICIENTES MENSUALES (s)

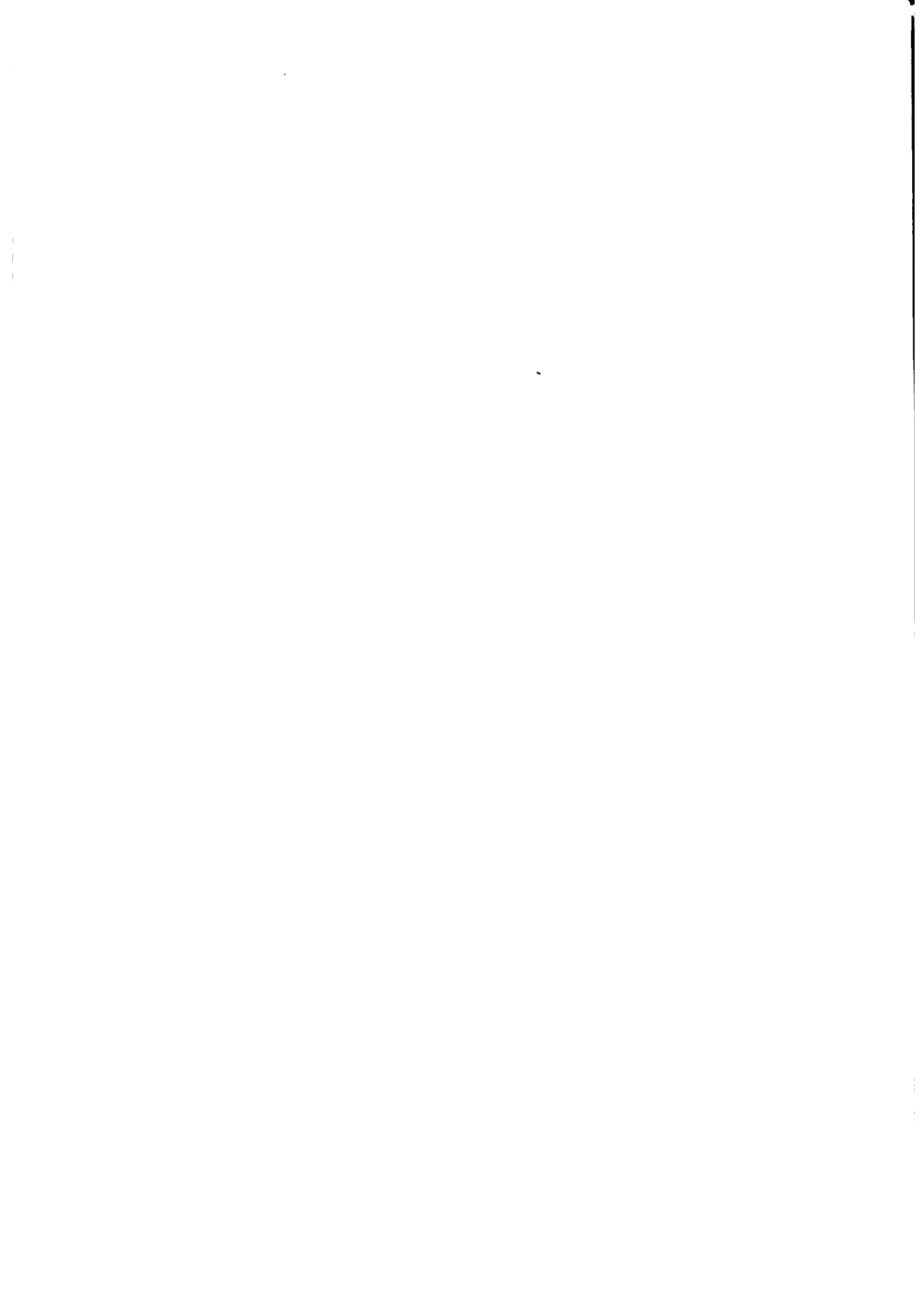
Año	Pto. Acosta Yanarico	Escoma Suches	Achacachi Keka	Calacoto Desaguadero	Abaroa Mauri	Abaroa Caquena	Viscachani	Challapata Tacagua	Huachacalla Lauca
1942	-	-	-	-	-	-	0.129	0.187	-
1943	-	-	-	-	-	-	0.081	0.074	-
1944	-	-	-	-	-	-	0.080	0.141	-
1945	-	-	-	-	-	-	0.085	0.108	-
1946	-	-	-	-	-	-	0.141	0.149	-
1947	-	-	-	-	-	-	0.185	0.158	-
1948	-	0.091	-	-	-	-	0.095	-	-
1949	-	0.073	-	-	-	-	0.132	-	-
1950	-	0.086	-	-	-	-	0.098	-	-
1951	-	0.075	-	-	-	-	0.115	-	-
1952	-	-	-	-	-	-	0.114	-	-
1953	-	-	-	-	-	-	0.082	-	-
1954	-	-	-	-	-	-	0.085	-	-
1955	-	-	-	-	-	-	0.077	-	-
1956	-	-	-	-	-	-	0.074	-	-
1957	-	-	-	-	-	-	0.052	-	-
1958	-	0.094	-	-	-	-	0.130	-	-
1959	-	0.100	-	-	-	-	0.069	-	-
1960	-	0.128	-	-	-	-	0.102	-	-
1961	-	0.092	-	-	-	-	0.071	-	-
1962	-	0.096	-	-	-	-	0.088	-	-
1963	-	0.089	-	-	-	-	0.110	-	-
1964	-	0.070	-	-	-	-	0.106	-	-
1965	-	0.099	-	-	-	-	0.106	-	-
1966	-	0.104	-	-	-	-	0.106	-	-
1967	-	-	-	-	0.022	-	-	-	-
1968	-	-	0.098	-	0.038	-	-	-	-
1969	-	-	-	-	0.054	-	-	-	-
1970	-	-	-	-	0.045	-	-	-	-
1971	-	0.040	-	-	0.069	-	-	-	0.031
1972	-	0.076	0.115	-	0.110	0.077	-	-	0.048
1973	-	0.066	0.104	-	0.079	0.077	-	-	0.030
1974	-	-	-	0.175	0.076	0.091	-	-	-
1975	-	-	0.143	0.088	0.097	0.100	-	-	-
1976	-	0.106	0.122	-	-	0.111	-	-	0.032
1977	0.101	0.100	-	-	0.065	0.077	-	-	-
1978	0.142	-	0.109	-	0.067	0.104	-	-	0.026
		-	-	-	0.053	0.055	-	-	-



CUADRO N° 2.1.17

CORRELACION DEL COEFICIENTE DE VARIACION ANUAL (s) CON EL
ESCURRIMIENTO ANUAL (E) Y AREA DE CUENCA (A)

<u>Cuenca</u>	<u>Coefficiente Correlación r (E-s)</u>	<u>Area en Km2 (A)</u>	<u>s</u>
Yanarico	0.95	700	0.121
Suches	0.10	3,100	0.088
Keka	0.91	840	0.115
Desaguadero	-0.35	9,300	0.091
Mauri	0.84	2,880	0.065
Caquena	0.85	2,810	0.087
Viscachani	0.33	984	0.100
Tacagua	0.39	1,369	0.136
Lauca	-0.05	10,500	0.033



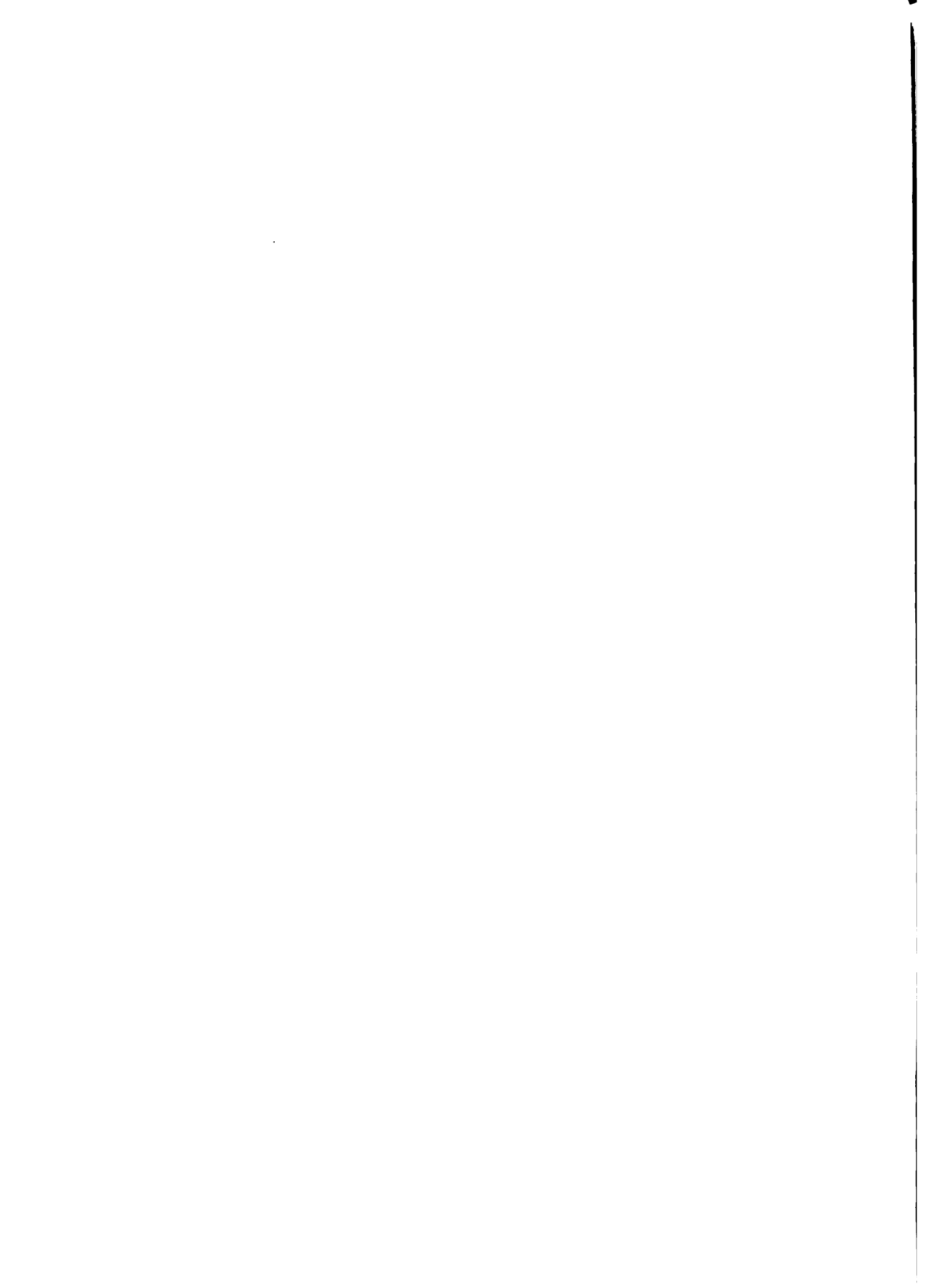
En el Gráfico 2.1.6 se muestran los resultados del análisis de regresión, observándose un grado de correlación bastante aceptable para todos los casos con excepción de las cuencas de los Ríos Desaguadero y Tacagua, cuya dispersión puede deberse a deficiencias en los registros de descargas correspondientes. Aceptándose que el coeficiente (C_i) para cada mes se obtiene, al igual que en el modelo de descomposición mensual de precipitaciones, de la transformación de un coeficiente standard (t_i) constante para cada región homogénea conformada por una agrupación de cuencas, resulta que:

$$C_i = m + t_i \cdot s$$

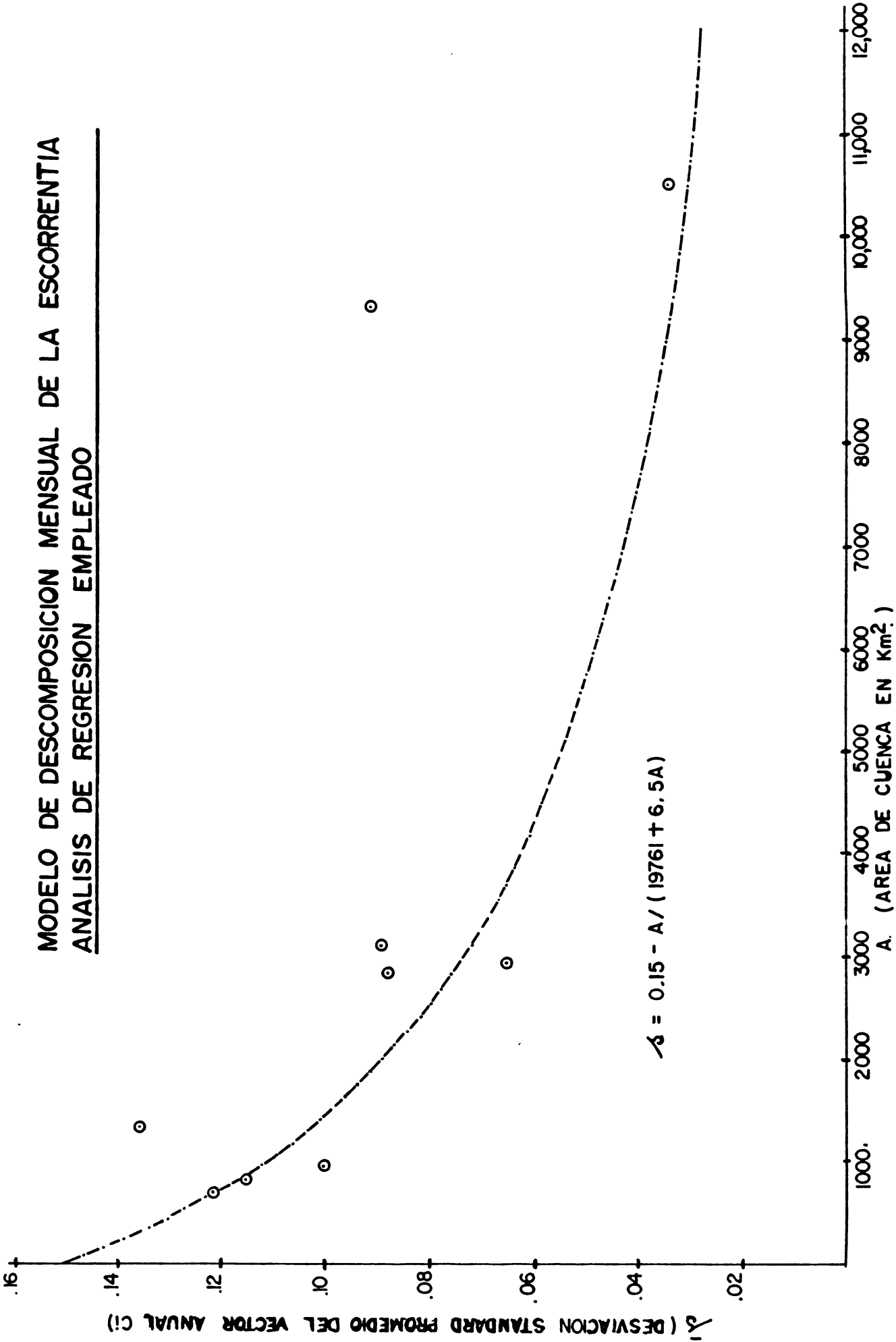
donde (s) se obtiene en función del área de cuenca, empleándose la ecuación de regresión que se muestra en el Gráfico 2.1.6 y (m) = 1/12, constante igual al valor medio del vector C_i dentro de un ciclo anual.

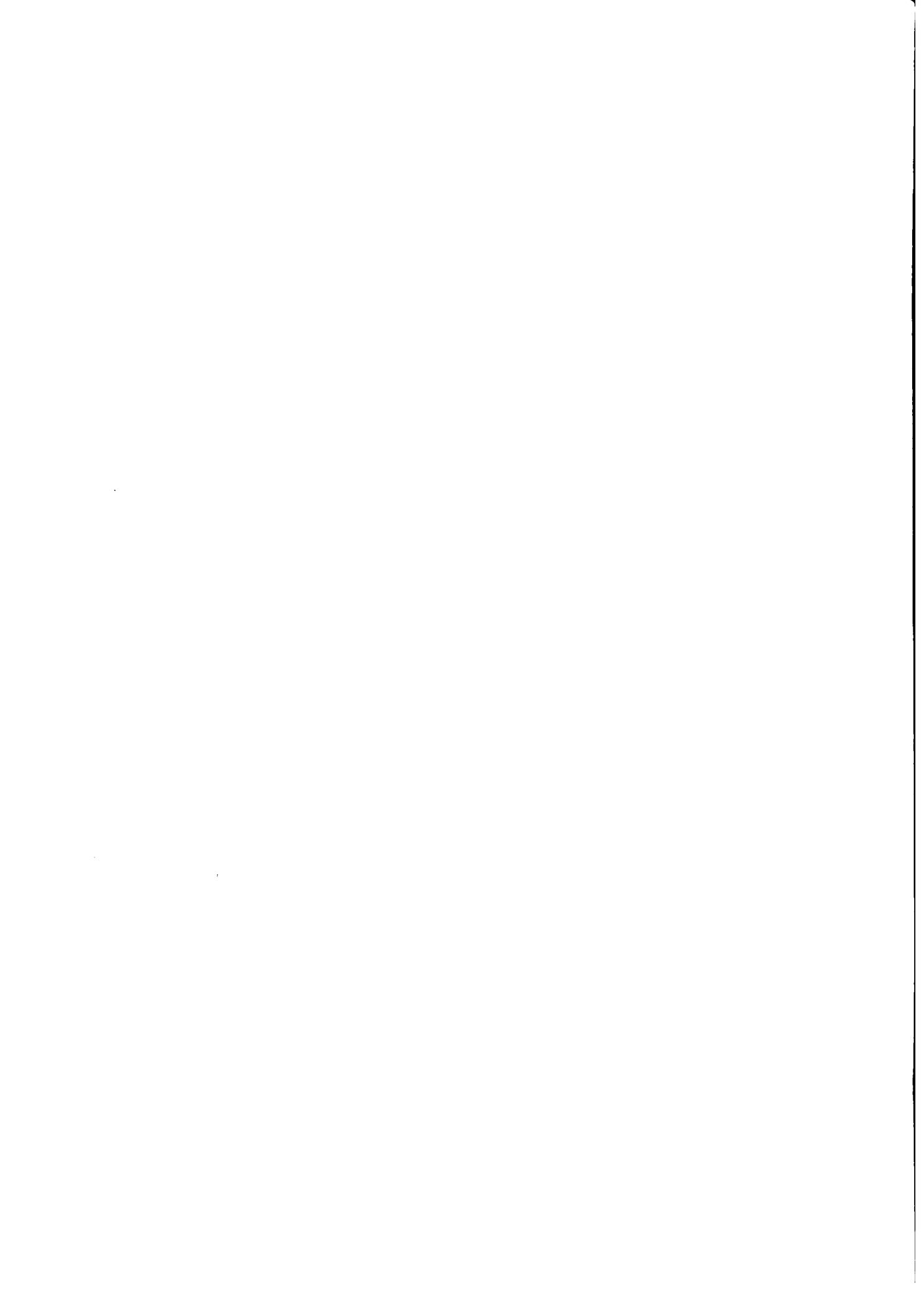
Escogiéndose 3 muestras de registros de descargas medias mensuales, la primera formada por los registros provenientes de los Ríos Yanarico, Suches y Keka, la segunda por los registros de las estaciones Abaroa-Mauri y Abaroa-Caquena y la tercera por los registros del Río Viscachani, se ha calculado los coeficientes mensuales standard (t_i) promedios de cada muestra los cuales se presentan en el Cuadro 2.1.18.

Al graficar los vectores (t_i) correspondientes a cada uno de los 3 grupos tomados como muestra se observa que no existe una tendencia marcada en las formas que presentan las curvas para cada uno de los casos, sino más bien, se nota una dispersión aleatoria entre ellas. Por lo tanto, se han calculado los valores (t_i) promedio de los 3 grupos, aceptándose estos como constantes para emplearlos con el modelo de Descomposición Mensual de la Escorrentía en toda la zona de estudio.



**MODELO DE DESCOMPOSICION MENSUAL DE LA ESCORRENTIA
ANALISIS DE REGRESION EMPLEADO**

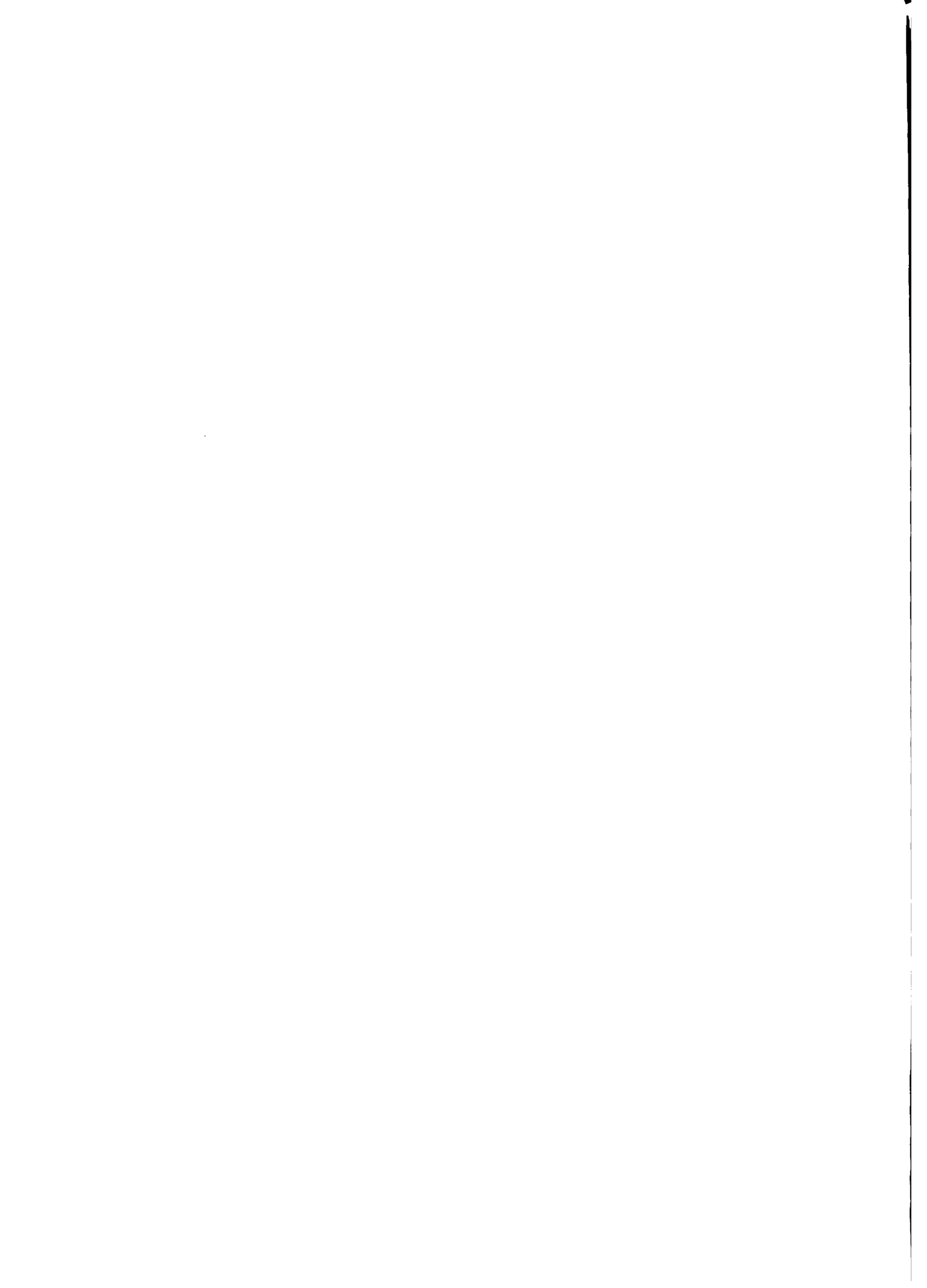




CUADRO N° 2.1.18

COEFICIENTES MENSUALES STANDARD (t_i) POR REGIONES (GRUPOS)

Grupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Yanarico	2.684	1.081	0.369	-0.155	-0.240	-0.399	-0.481	-0.546	-0.552	-0.578	-0.585	-0.604
Suches	2.067	1.492	0.848	0.260	-0.107	-0.360	-0.509	-0.650	-0.699	-0.751	-0.786	-0.803
Keka	2.377	1.241	0.611	0.227	-0.067	-0.415	-0.536	-0.625	-0.683	-0.701	-0.710	-0.717
t_i	2.376	1.271	0.609	0.111	-0.138	-0.391	-0.509	-0.607	-0.645	-0.677	-0.694	-0.708
<u>Grupo 2</u>												
Mauri	2.472	1.321	0.358	0.032	-0.291	-0.365	-0.401	-0.487	-0.554	-0.627	-0.704	-0.745
Caquena	2.332	1.402	0.465	0.052	-0.251	-0.288	-0.365	-0.446	-0.551	-0.663	-0.781	-0.897
t_i	2.402	1.362	0.412	0.042	-0.271	-0.327	-0.383	-0.467	-0.553	-0.645	-0.743	-0.821
<u>Grupo 3</u>												
Viscachani	2.516	1.233	0.492	-0.188	-0.304	-0.405	-0.450	-0.511	-0.563	-0.576	-0.590	-0.640



El vector (t_i) analizado hasta ahora en orden decreciente ha sido luego reordenado en forma cronológica, es decir asignando se le a cada mes calendario el valor de (t_i) más representativo, obteniéndose, finalmente, el arreglo que se presenta en el Cuadro 2.1.19.

d) Síntesis del Modelo Hidrológico Regional y Reglas de Empleo.

Con el modelo hidrológico regional desarrollado en el presente estudio y basado en una información hidroluviómetrica no muy adecuada por su escasez, se intenta la determinación de parámetros de comportamiento hidrológico que comprenden tanto la precipitación como el escurrimiento superficial en cualquier lugar ubicado dentro de la Vertiente Cerrada y a un nivel de detalle suficiente como para ser empleados en estudios preliminares de evaluación de recursos hídricos para proyectos de desarrollo hidráulico, ya sean éstos de riego o de otro propósito.

Considerando que para una mejor comprensión del modelo es necesario presentar una recapitulación de sus componentes, a continuación se presenta un resumen de las funciones desarrolladas indicándose los pasos que se deben seguir para su empleo.

d.1) Precipitación

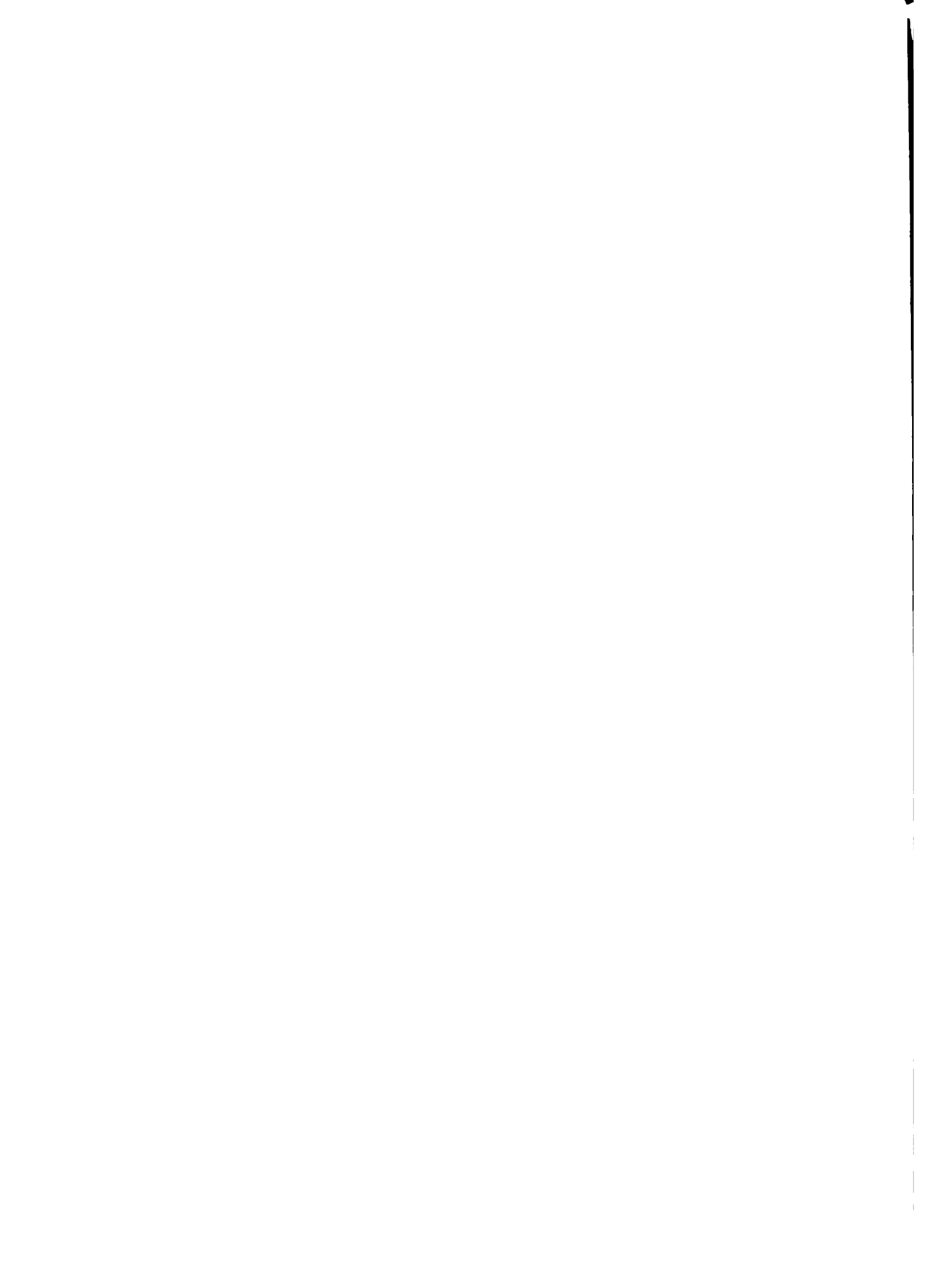
- (i) En base a las coordenadas (X, Y) y a la zona en que se encuentre el lugar de interés se determinan los parámetros M y s de la distribución de probabilidades asignada a la variable precipitación total anual (distribución logarítmico normal). Las ecuaciones que se emplean con este fin se indican en el siguiente cuadro:

Zona	Estaciones	$M = f(x, Y)$	$s = f(M)$
A	1, 3, 5	$M=3.0550-6.73 \times 10^{-6} X^{1.8}-0.0013Y$	$s=1.0842-0.3339M$
B	2, 4	$M=2.7770-6.73 \times 10^{-6} X^{1.8}-0.0013Y$	$s=0.9852-0.3339M$
C	6, 7, 8, 9, 10 11, 12, 13	$M=2.9142-6.73 \times 10^{-6} X^{1.8}-0.0013Y$	$s=0.9852-0.3339M$
D	14, 16, 17, 18	$M=3.1300-6.73 \times 10^{-6} X^{1.8}-0.0013Y$	$s=0.9852-0.3339M$



CUADRO N° 2.1.19COEFICIENTES MENSUALES STANDARD (t_i) EN ARREGLO CRONOLOGICO

	<u>ENE</u>	<u>FEB</u>	<u>MAR</u>	<u>ABR</u>	<u>MAY</u>	<u>JUN</u>	<u>JUL</u>	<u>AGO</u>	<u>SEP</u>	<u>OCT</u>	<u>NOV</u>	<u>DIC</u>
t_i	0.504	2.430	1.288	-0.238	-0.374	-0.447	-0.528	-0.633	-0.678	-0.725	-0.587	-0.012



(ii) La precipitación total anual en milímetros para una persistencia requerida se obtiene empleándose la siguiente ecuación:

$$P = 10^{(M + t (\%) s)}$$

en donde:

M: Medía de la distribución logarítmica normal.

s: Desviación standard de la distribución logarítmica normal.

t (%): Ordenada de una distribución normal standard correspondiente a una persistencia dada en porcentaje.

P: Precipitación anual en milímetros.

(iii) La descomposición de la precipitación total anual (P_A) en valores mensuales (P_i) se logra empleándose las siguientes ecuaciones:

$$(P_i) = C_i (P_A)$$

en donde:

$$C_i = m + t_i s$$

$$m = 1/12 \text{ (constante)}$$

$$s = 0.1302 - 6.902 \times 10^{-5} P(A)$$

(Gráfico 2.1.4).

obteniéndose los valores mensuales del vector t_i del siguiente cuadro:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2.244	1.251	0.290	-0.556	-0.784	-0.858	-0.823	-0.681	-0.451	-0.259	-0.066	0.693



d.2) Escurrimiento

- (i) En base a las coordenadas (X, Y) y a la zona en que se encuentra el centro de gravedad de la cuenca hidrográfica cuyo escurrimiento se quiere determinar, se obtienen parámetros M y s de la distribución de probabilidades asignadas a las precipitaciones en dicho centro de gravedad y, por lo tanto, representativas a la cuenca hidrográfica.

Las ecuaciones que se emplean son las mismas que se presentan para el caso de precipitaciones (d.1 (i)).

- (ii) La precipitación total anual en milímetros para una persistencia requerida, se obtiene siguiendo el mismo procedimiento que se indica en el punto anterior (d.1 (ii)).
- (iii) Para convertir la precipitación anual (P) que se obtiene del punto (d.2 (ii)) en escurrimiento anual (E), se emplea la siguiente ecuación:

$$E = 0.0771 (P-150)^{1.109} \quad (\text{Gráfico 2.1.5})$$

en donde:

E = Escurrimiento anual en m.m.

P = Precipitación anual en m.m.

- (iv) La descomposición del escurrimiento total anual (E_A) en valores mensuales (E_i) se logra empleándose las siguientes ecuaciones:

$$(E_i) = C_i (E_A)$$

en donde:

$$C_i = m + t_i s$$

$$m = 1/12 \text{ (constante)}$$

$$s = 0.15 - A/(19761 + 6.5A) \quad (\text{Gráfico 2.1.6})$$

$$A = \text{Area de la cuenca hidrográfica en Km}^2$$

obteniéndose los valores mensuales del vector t_i del siguiente cuadro:



ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0.504	2.430	1.288	-0.238	-0.374	-0.447	-0.528	-0.633	-0.678	-0.725	-0.587	-0.012

- (v) El cálculo de las descargas medias mensuales se logra a partir del escurrimiento anual (E), área de cuenca (A) y coeficiente de distribución mensual (C_i), empleándose la siguiente ecuación:

$$Q_i = \frac{E \times A \times C_i \times 12}{31,536 \times 10^3}$$

en donde:

Q_i : Descarga media mensual en $m^3/seg.$

E: Escurrimiento anual en m.m.

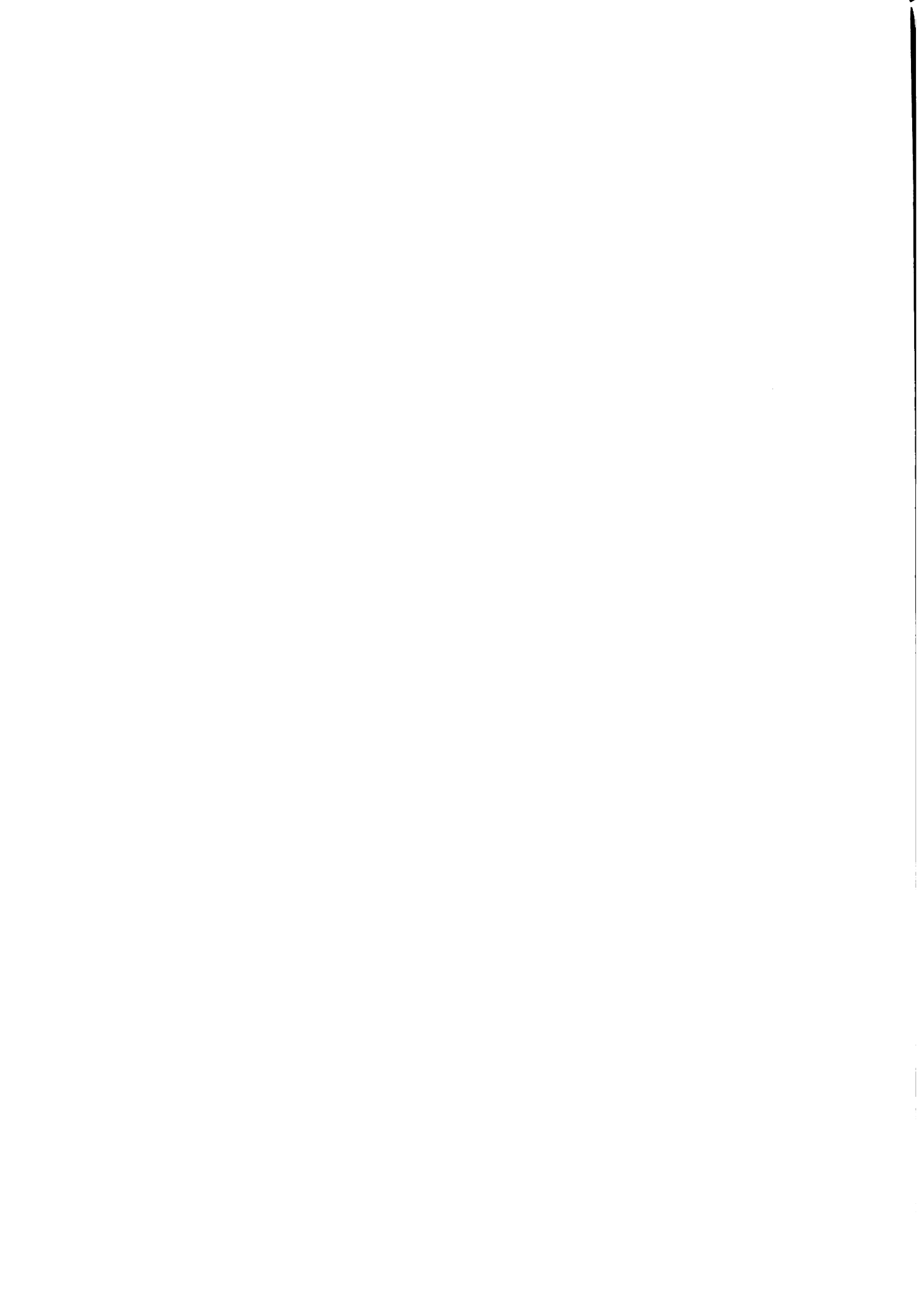
A: Area de cuenca en Km²

C_i : Coeficiente de distribución mensual obtenido según procedimiento descrito en punto (d.2 (iv)).

2.1.5 Información Meteorológica Disponible

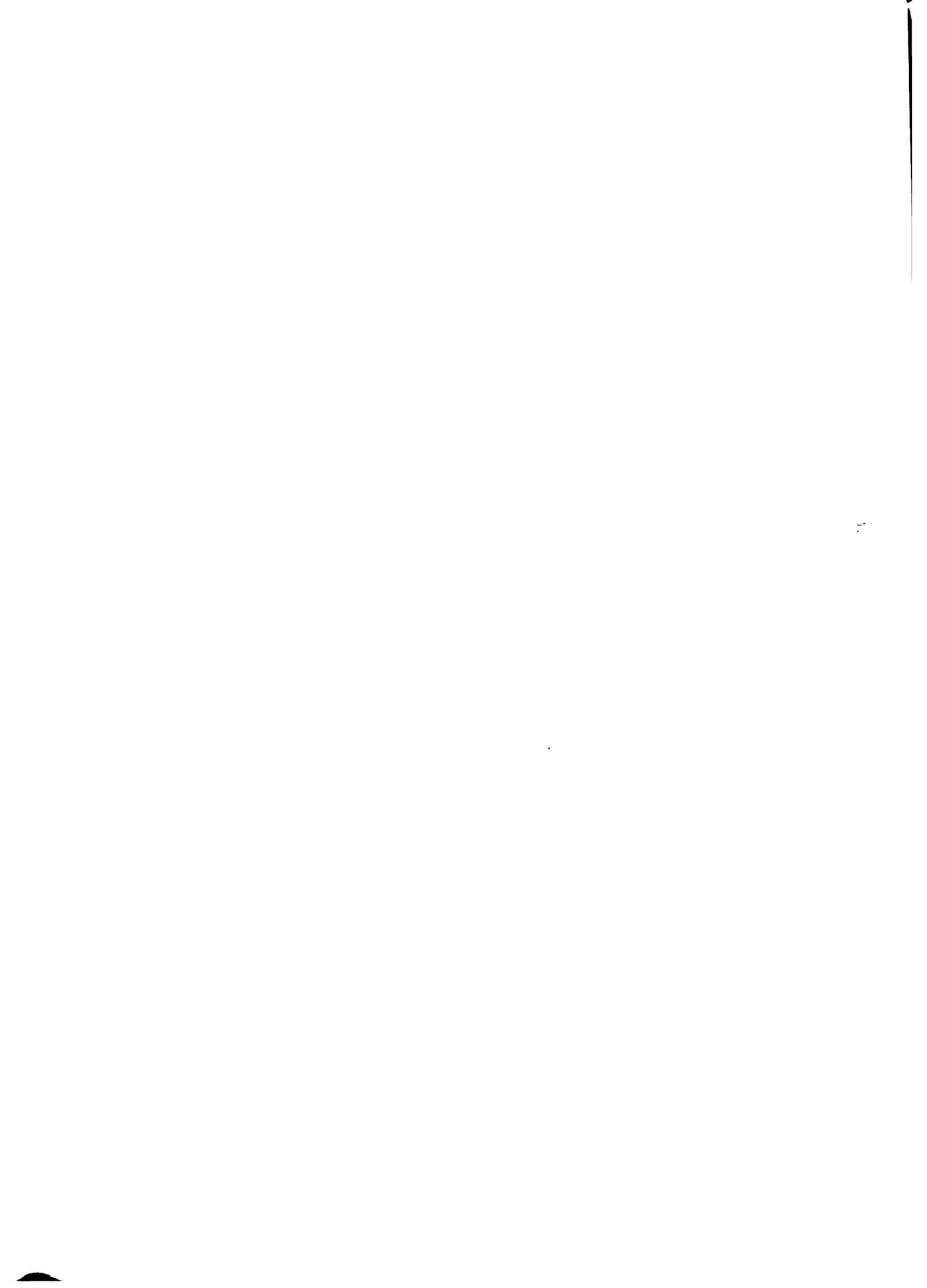
En el Cuadro 2.1.20 se presenta la información meteorológica de la Vertiente Cerrada que se ha logrado recopilar para los fines de evaluación climatológica de las zonas donde han de desarrollarse los perfiles de proyectos de riego. En total, se han logrado identificar 16 estaciones meteorológicas contando todas ellas con registros de temperatura media y temperatura media mínima, 11 de ellas con registros de humedad relativa y 9 con registros de frecuencia de heladas.

Analizando los registros de temperatura media anual se observa una distribución uniforme de este parámetro en toda la zona sin poder apreciar un gradiente regional en su variación. El valor promedio anual general es de 8.6°C.



CUADRO N° 2.1.20
INFORMACION METEOROLOGICA DE LA VERTIENTE CERRADA

<u>Concepto</u>	<u>ENE</u>	<u>FEB</u>	<u>MAR</u>	<u>ABR</u>	<u>MAY</u>	<u>JUN</u>	<u>JUL</u>	<u>AGO</u>	<u>SEP</u>	<u>OCT</u>	<u>NOV</u>	<u>DIC</u>	<u>Anual</u>
<u>Estación:</u> <u>Puerto Acosta:</u> (3 Años)	Latitude: 15,533°	Longitude: 69,250°	Altitud: 3,855 m.s.n.m.										
Temperatura Media (°C)	10.2	9.9	10.4	9.5	8.8	8.5	8.1	9.9	10.6	10.6	10.8	10.6	9.8
Temperatura Media Mínima (°C)	5.8	5.2	6.0	3.2	1.8	1.0	0.2	1.7	2.9	3.8	2.7	4.4	3.2
Días con Helada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Humedad Relativa (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Estación:</u> <u>Belén:</u> (18 Años)	Latitude: 16,057°	Longitude: 68,696°	Altitud: 3,820 m.s.n.m.										
Temperatura Media (°C)	8.9	8.7	9.2	7.5	5.6	3.7	3.6	5.0	6.8	8.0	8.3	8.7	7.0
Temperatura Media Mínima (°C)	3.4	3.8	3.3	-0.2	-3.5	-5.9	-6.1	-4.5	-0.7	0.4	1.0	3.1	-0.5
Días con Helada	1.3	1.0	1.5	15.0	23.5	30.0	30.4	29.1	15.6	10.9	7.2	1.2	166.7
Humedad Relativa (%)	72	70	66	62	60	56	56	56	62	64	65	71	63
<u>Estación:</u> <u>Copacabana:</u> (17 Años)	Latitude: 16,200°	Longitude: 69,083°	Altitud: 4,018 m.s.n.m.										
Temperatura Media (°C)	10.3	10.0	10.0	10.0	8.9	7.9	7.7	8.4	9.2	10.3	10.9	10.4	9.5
Temperatura Media Mínima (°C)	5.7	5.6	5.5	5.2	3.9	2.8	2.4	3.1	4.2	5.3	5.9	5.6	4.6
Días con Helada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Humedad Relativa (%)	69	68	68	64	51	48	48	52	54	50	54	64	58
<u>Estación:</u> <u>Peñas:</u> (20 Años)	Latitude: 16,299°	Longitude: 68,482°	Altitud: 3,986 m.s.n.m.										
Temperatura Media (°C)	7.8	7.8	7.8	7.8	7.2	5.4	4.3	4.5	6.2	7.4	7.8	8.2	6.6
Temperatura Media Mínima (°C)	1.9	1.7	1.4	-0.7	-3.3	-4.0	-5.2	-4.0	-1.9	-0.9	0.6	2.1	-1.0
Días con Helada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Humedad Relativa (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Estación:</u> <u>El Alto:</u> (20 Años)	Latitude: 16,508°	Longitude: 68,200°	Altitud: 4,105 m.s.n.m.										
Temperatura Media (°C)	9.0	8.6	9.0	8.9	8.1	7.2	7.1	7.8	8.4	9.7	10.1	9.7	8.6
Temperatura Media Mínima (°C)	2.6	2.8	2.5	1.6	-0.7	-2.2	-2.5	-1.6	0.4	1.1	2.4	2.7	0.8
Días con Helada	1.0	0.8	1.0	4.0	16.0	25.0	27.3	26.1	23.5	4.0	1.7	1.2	131.6
Humedad Relativa (%)	69	72	68	59	47	40	40	41	53	52	57	63	55



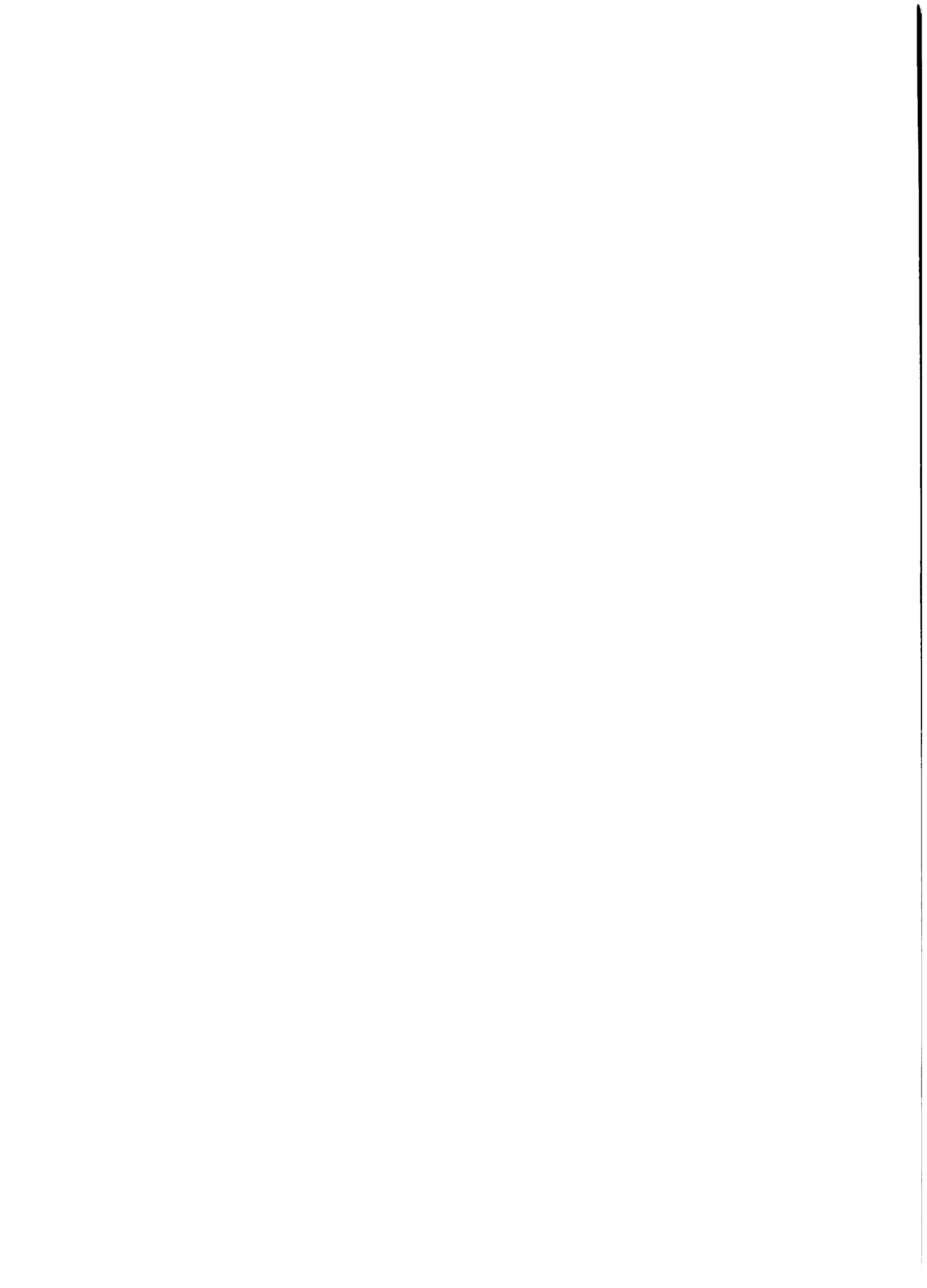
CUADRO N° 2.1.20 (CONT.)

Concepto	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Estación: <u>Kallutaka</u> (3 Años)	Latitude: 16,542°	Latitude: 16,567°	Longitude: 68,358°	Longitude: 69,033°	Altitud: 3,900 m.s.n.m.								
Temperatura Media (°C)	11.5	11.1	10.1	8.2	5.4	3.6	3.8	5.0	7.7	10.5	11.6	11.8	8.4
Temperatura Media Mínima (°C)	4.5	5.0	1.4	-4.0	-6.2	-8.4	-9.5	-8.3	-3.9	-3.7	-0.4	-0.2	-2.8
Días con Helada	1.3	0.3	0.7	5.3	23.7	28.7	30.3	26.0	19.0	5.0	1.3	2.0	143.6
Humedad Relativa (%)	75	76	71	62	52	46	46	47	53	56	55	65	59
Estación: <u>Desaguadero</u> (13 Años)	Latitude: 16,567°	Latitude: 16,567°	Longitude: 69,033°	Longitude: 69,033°	Altitud: 3,810 m.s.n.m.								
Temperatura Media (°C)	10.5	10.8	11.0	9.9	7.4	5.8	4.9	6.5	8.2	9.2	10.0	10.4	8.7
Temperatura Media Mínima (°C)	4.5	4.8	4.9	2.3	-2.0	-4.9	-5.3	-2.9	0.2	1.6	2.5	3.8	0.8
Días con Helada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Humedad Relativa (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estación: <u>Viacha</u> (12 Años)	Latitude: 16,657°	Latitude: 16,657°	Longitude: 68,300°	Longitude: 68,300°	Altitud: 3,850 m.s.n.m.								
Temperatura Media (°C)	9.6	9.7	8.8	7.7	5.5	3.1	2.8	4.6	7.0	8.3	9.0	9.0	7.1
Temperatura Media Mínima (°C)	3.2	3.8	2.5	0.4	-4.0	-8.1	-8.5	-5.8	-1.8	-1.1	0.8	0.3	-1.5
Días con Helada	1.6	0.8	3.6	16.1	28.0	30.0	26.6	29.7	22.7	16.3	12.0	4.4	191.8
Humedad Relativa (%)	74	75	70	61	52	46	45	46	52	54	54	64	58
Estación: <u>Patacamaya</u> (5 Años)	Latitude: 17,242°	Latitude: 17,242°	Longitude: 67,918°	Longitude: 67,918°	Altitud: 3,788 m.s.n.m.								
Temperatura Media (°C)	12.4	11.9	11.6	9.8	6.2	4.6	4.1	7.2	8.7	10.8	12.0	12.0	9.3
Temperatura Media Mínima (°C)	4.5	4.8	3.8	1.1	-3.7	-5.7	-6.5	-4.1	0.5	1.3	2.9	5.6	0.4
Días con Helada	0.3	0.2	1.0	6.5	23.5	28.8	29.3	26.6	11.4	6.7	3.1	0.5	137.9
Humedad Relativa (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estación: <u>Calacoto</u> (8 Años)	Latitude: 17,267°	Latitude: 17,267°	Longitude: 68,633°	Longitude: 68,633°	Altitud: 3,805 m.s.n.m.								
Temperatura Media (°C)	11.9	11.2	11.1	9.0	5.7	3.5	3.5	5.1	7.9	10.3	11.8	12.5	8.6
Temperatura Media Mínima (°C)	5.9	5.5	3.2	-0.4	-4.9	-9.2	-9.2	-5.8	-2.7	-0.7	1.9	5.6	-0.9
Días con Helada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Humedad Relativa (%)	68	68	58	48	44	45	47	46	46	42	44	52	51



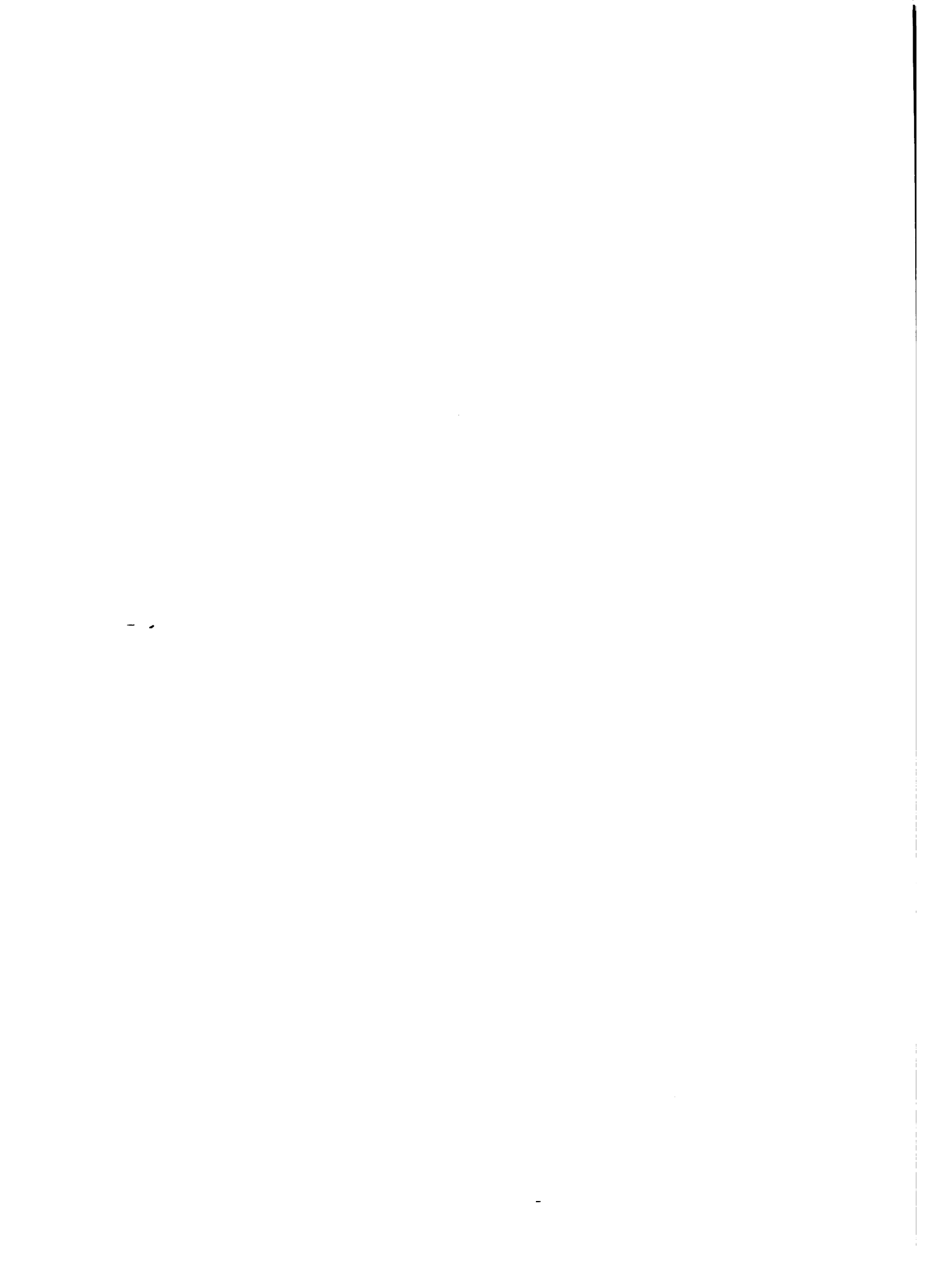
CUADRO N° 2.1.20 (CONT.)

Concepto	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Annual
Estación: <u>Oruro</u> (4 Años):	Latitud: 17,971°	Longitud: 67,116° Altitud: 3,708 m.s.n.m.											
Temperatura Media (°C)	13.1	12.8	12.8	12.2	8.9	6.9	6.2	8.2	11.3	13.7	14.2	13.3	11.1
Temperatura Media Mínima (°C)	3.7	4.8	3.8	-0.1	-4.7	-7.9	-8.9	-7.1	-2.8	-0.6	1.5	3.4	-1.2
Días con Helada	0.5	0.5	0.5	17.0	31.0	30.0	31.0	31.0	26.0	21.0	6.0	0.5	195.0
Humedad Relativa (%)	52	56	50	42	36	31	30	32	38	33	36	46	40
Estación: <u>Pazña</u> (6 Años):	Latitud: 18,606°	Longitud: 66,936° Altitud: 3,710 m.s.n.m.											
Temperatura Media (°C)	12.3	12.0	10.8	9.1	5.1	3.1	2.8	5.4	8.4	9.8	11.3	12.2	8.5
Temperatura Media Mínima (°C)	3.4	3.8	2.3	1.6	-6.4	-8.8	-9.3	-6.6	-3.1	-2.2	0.7	2.6	-1.8
Días con Helada	4.8	3.0	7.7	21.0	28.3	29.6	30.3	26.3	24.0	21.2	13.4	7.8	217.4
Humedad Relativa (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estación: <u>Huachacalla</u> (3 Años):	Latitud: 18,683°	Longitud: 68,267° Altitud: 3,710 m.s.n.m.											
Temperatura Media (°C)	10.5	11.7	10.7	7.5	4.4	2.9	2.9	4.5	6.3	7.6	9.3	11.0	7.4
Temperatura Media Mínima (°C)	0.8	2.6	1.6	-4.2	-8.2	-10.8	-10.3	-8.7	-6.0	-4.8	-1.9	0.9	-4.1
Días con Helada	12.0	2.6	5.0	27.0	30.6	28.3	28.3	28.0	28.0	27.2	22.3	15.6	154.9
Humedad Relativa (%)	64	67	68	57	52	49	49	46	51	56	56	61	56
Estación: <u>Tacahua</u> (16 Años):	Latitud: 18,895°	Longitud: 66,794° Altitud: 3,720 m.s.n.m.											
Temperatura Media (°C)	12.9	12.5	12.4	11.0	8.2	5.6	5.7	7.1	10.1	11.2	12.3	12.6	10.1
Temperatura Media Mínima (°C)	6.3	6.5	6.0	3.5	0.2	-2.9	-3.0	1.3	1.3	2.6	4.1	5.5	2.6
Días con Helada	-	4.0	0.2	4.6	14.8	25.3	28.2	22.9	8.7	6.2	1.9	0.3	117.1
Humedad Relativa (%)	72	73	68	60	50	44	44	45	50	53	53	63	56
Estación: <u>Salinas de G. Mendoza</u> (10 Años)	Latitud: 19,636°	Longitud: 67,717° Altitud: 3,630 m.s.n.m.											
Temperatura Media (°C)	13.1	11.8	11.8	9.0	4.7	2.6	5.3	4.0	7.7	9.7	12.5	13.2	8.8
Temperatura Media Mínima (°C)	4.0	3.6	3.1	-0.4	-4.6	-6.6	-6.9	-5.9	-2.7	1.4	1.4	3.3	-0.9
Días con Helada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Humedad Relativa (%)	54	61	56	41	39	45	40	37	39	36	38	44	44



CUADRO N° 2.1.20 (CONT.)

Concepto	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anua1
Estación: <u>Uyuni</u> (5 Años):	Longitud: 66,833° Altitud: 3,669 m.s.n.m.												
Latitud:	20,467°												
Temperatura Media (°C)	13.3	14.0	11.1	9.8	5.4	1.5	3.2	5.5	7.3	10.3	11.2	14.0	8.9
Temperatura Media Mínima (°C)	3.7	5.1	2.2	-3.0	-8.2	-12.8	-13.6	-12.0	-8.0	-6.1	-3.7	1.6	-4.6
Días con Helada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Humedad Relativa (%)	44	52	45	34	41	36	38	33	38	31	31	33	38



En cambio, los registros de la humedad relativa muestran la presencia de una región bastante más húmeda localizada en los alrededores del Lago Titicaca (60.5% promedio de las estaciones de Belén y Copacabana) y una disminución de este parámetro al alejarse de esta región en dirección Sur. El promedio anual de 7 estaciones del Altiplano, sin considerar las dos localizadas en el extremo Sur de la Vertiente Cerrada, resulta de 53.4% y el promedio correspondiente a dichas estaciones ubicadas en la parte meridional de la cuenca (Salinas de Garci Mendoza y Uyuni) es de 41%.

Se ha calculado la evapotranspiración potencial correspondiente a 11 de las estaciones meteorológicas empleándose el método de Christiansen-Hargreaves el cual utiliza los datos de temperatura, humedad relativa, altitud sobre el nivel del mar y radiación extraterrestre.

La ecuación planteada es la siguiente:

$$ETP = 0.344.RT.CTT.CHT.CE$$

en donde:

ETP = Evapotranspiración potencial en mm/día.

RT = Radiación extraterrestre (mm/día). Los valores se obtienen de una tabla en función de la latitud.

$$CTT = 0.463 + 0.425 (T/T_0) + 0.112 (T/T_0)^2$$

° T = Temperatura media en °C y

° T₀ = 20°C

$$CHT = 1.035 + 0.240 (H/H_0)^2 - 0.275 (H/H_0)^3$$

° H = Humedad relativa media en % y

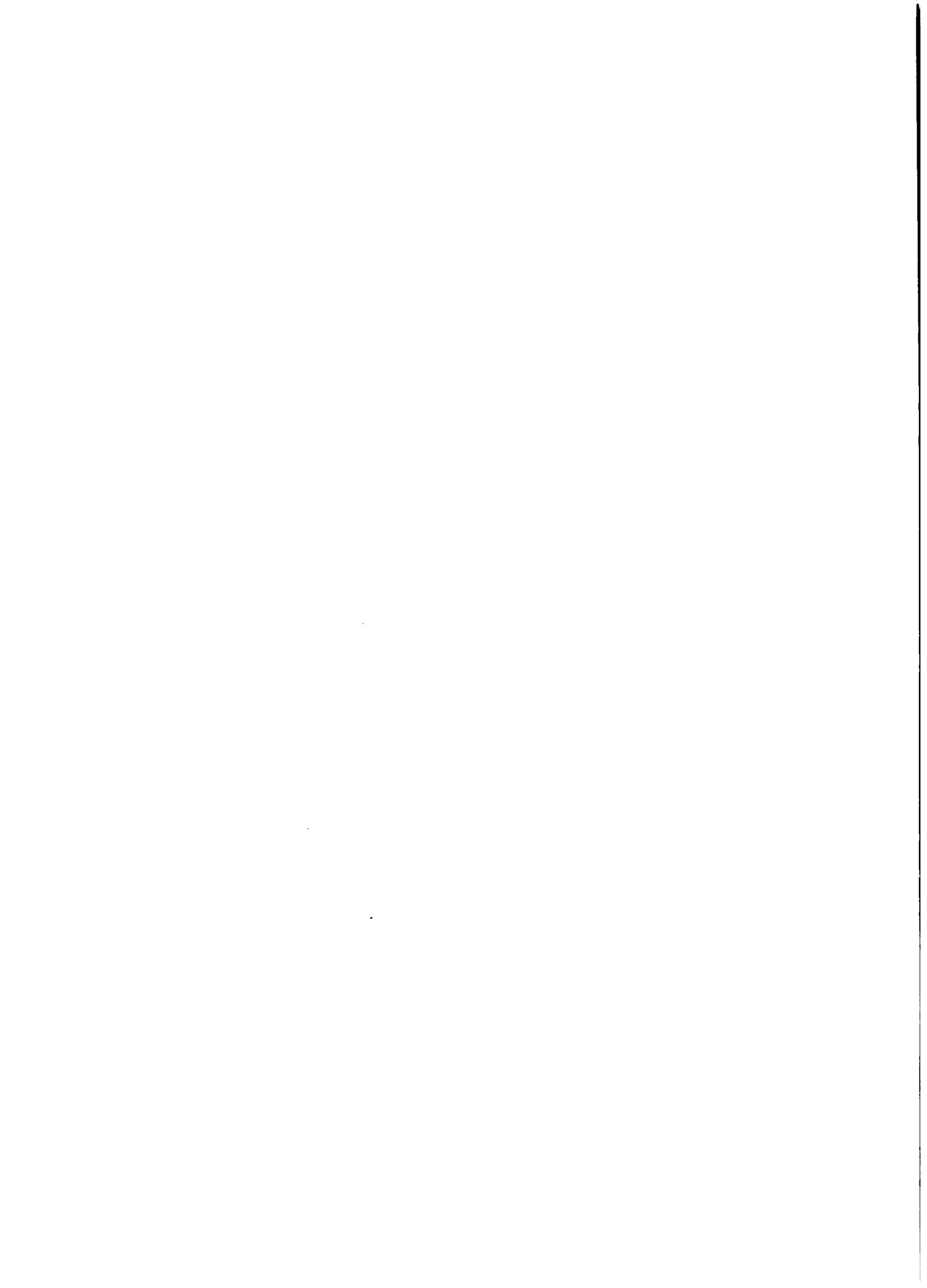
° H₀ = 60%

$$CE = 0.970 + 0.030 (E/E_0)$$

° E = Elevación en metros sobre el nivel del mar y

° E₀ = 305 m.s.n.m.

En el Cuadro 2.1.21 se presentan los resultados de aplicar el método a 11 estaciones meteorológicas, transformando las cifras a mm/mes.



CUADRO N° 2.1.21EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL DE LA VERTIENTE CERRADA

Método: Christiansen/Hargreaves Unidad: mm/Mes

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anua
Belén	145.9	145.1	143.7	124.7	103.1	91.4	92.4	110.7	129.1	144.4	154.0	148.9	1533.2
Copacabana	160.4	157.1	147.0	135.6	123.5	112.7	114.2	130.3	149.5	171.7	183.6	168.9	1754.5
El Alto	153.9	145.8	142.8	135.0	120.7	110.1	113.3	130.7	145.1	169.4	177.0	168.5	1712.2
Kallutaca	154.4	147.9	143.8	128.5	107.0	92.1	96.6	113.8	138.6	168.4	184.2	176.0	1651.3
Viacha	145.7	143.6	135.7	124.5	106.9	90.3	91.2	111.8	137.8	155.8	168.8	159.7	1571.9
Calacoto	170.8	163.2	161.1	139.2	107.9	90.9	93.6	112.8	142.5	171.5	190.6	192.9	1736.9
Oruro	195.6	185.7	175.9	155.6	121.3	104.2	105.5	128.4	162.5	194.5	207.3	201.4	1937.9
Huachacalla	168.2	168.0	147.8	126.9	99.9	88.5	91.1	108.6	132.4	149.2	167.2	175.0	1622.8
Tacagua	171.2	161.7	158.1	141.8	117.6	99.3	102.2	122.1	154.2	174.2	191.3	185.3	1778.8
Salinas de Garci Mendoza	195.6	174.4	165.9	138.7	102.4	85.6	99.3	106.6	140.6	168.6	195.9	202.1	1775.7
Uyuni	204.5	200.7	166.3	142.6	105.6	82.7	90.4	114.2	138.4	171.2	188.8	210.5	1815.9



2.2 Geología

Para la elaboración del presente informe se ha procedido a la recopilación y evaluación de la información disponible a nivel de diagnóstico, comprendiendo principalmente el Mapa Geológico de Bolivia a escala 1:1,000,000, publicado por Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos y el Servicio Geológico de Bolivia (Edición 1978), el Mapa de la República de Bolivia, a escala 1:1,000,000 publicado por el Instituto Geográfico Militar e Imágenes de Satélite, a escala 1:1,000,000, complementado por diversa información adicional así como por la experiencia y relaciones interdisciplinarias con el grupo de trabajo.

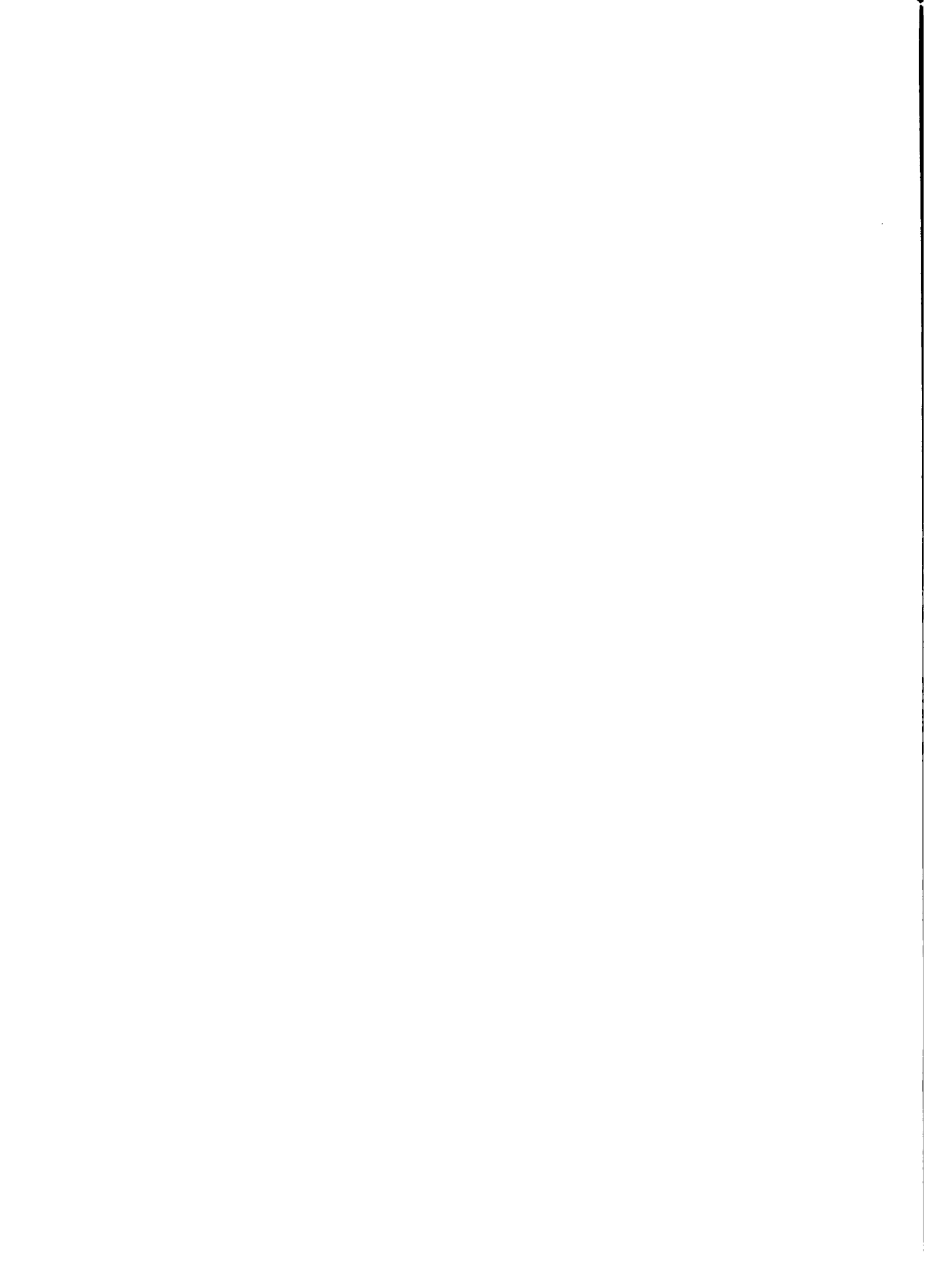
2.2.1 Regiones Morfológicas

En la Vertiente Cerrada se distinguen claramente tres unidades o regiones morfológicas constituidas, de Oeste a Este, por la Cordillera Occidental de Los Andes, el Altiplano Boliviano y la Cordillera Oriental. La Cordillera Occidental que constituye el límite Oeste de la Vertiente Cerrada, posee elevaciones que fluctúa entre los 5,000 y 5,970 m.s.n.m.

El Altiplano Boliviano contiene dos cuencas hidrográficas principales denominadas, en este estudio, como cuenca lacustre. La primera, por contener a los Lagos Titicaca y Poopó unidos por el Río Desaguadero y cuenca de los salares; la segunda, cuyas representaciones más significativas están dadas por los Salares de Uyuni y Coipasa.

En la primera cuenca las elevaciones fluctúan entre 3,805 m en el Lago Titicaca y 3,686 m.s.n.m., la altura media del Lago Poopó. Las elevaciones mayores dentro de ella corresponden a las serranías, con 4,000 a 4,200 m.s.n.m. y en casos aislados llegan a los 5,000 m.s.n.m.

En la segunda cuenca se tiene una altura media de 3,653 m.s.n.m. en el Salar de Uyuni (parte más baja del Altiplano Boliviano), la que se eleva progresivamente hacia el Sur al penetrar en un relieve quebrado hasta los 5,656 m.s.n.m. en el Cerro Zapaleri.



El límite Oriental de la Vertiente Cerrada está constituido por la parte Oeste de la Cordillera Oriental, siguiendo, de Norte a Sur una serie de cordilleras menores tales como Nudo de Apolobamba, Cordillera de La Paz o Cordillera Real, Cordillera de Tres Cruces, Cordillera de Los Frailes, Cordillera de Chichas, Serranía de San Vicente y Cordillera de Chocaya, distribuidas como se muestra en la Lámina 2.2.1.

En la parte Norte las elevaciones máximas alcanzan a los 6,380 m.s.n.m. (Illampu), disminuyendo a 4,000 m.s.n.m. en las inmediaciones de La Paz e incrementándose hasta los 4,500 m.s.n.m. entre Oruro y Potosí, para alcanzar los 5,900 m en la zona de Lípez.

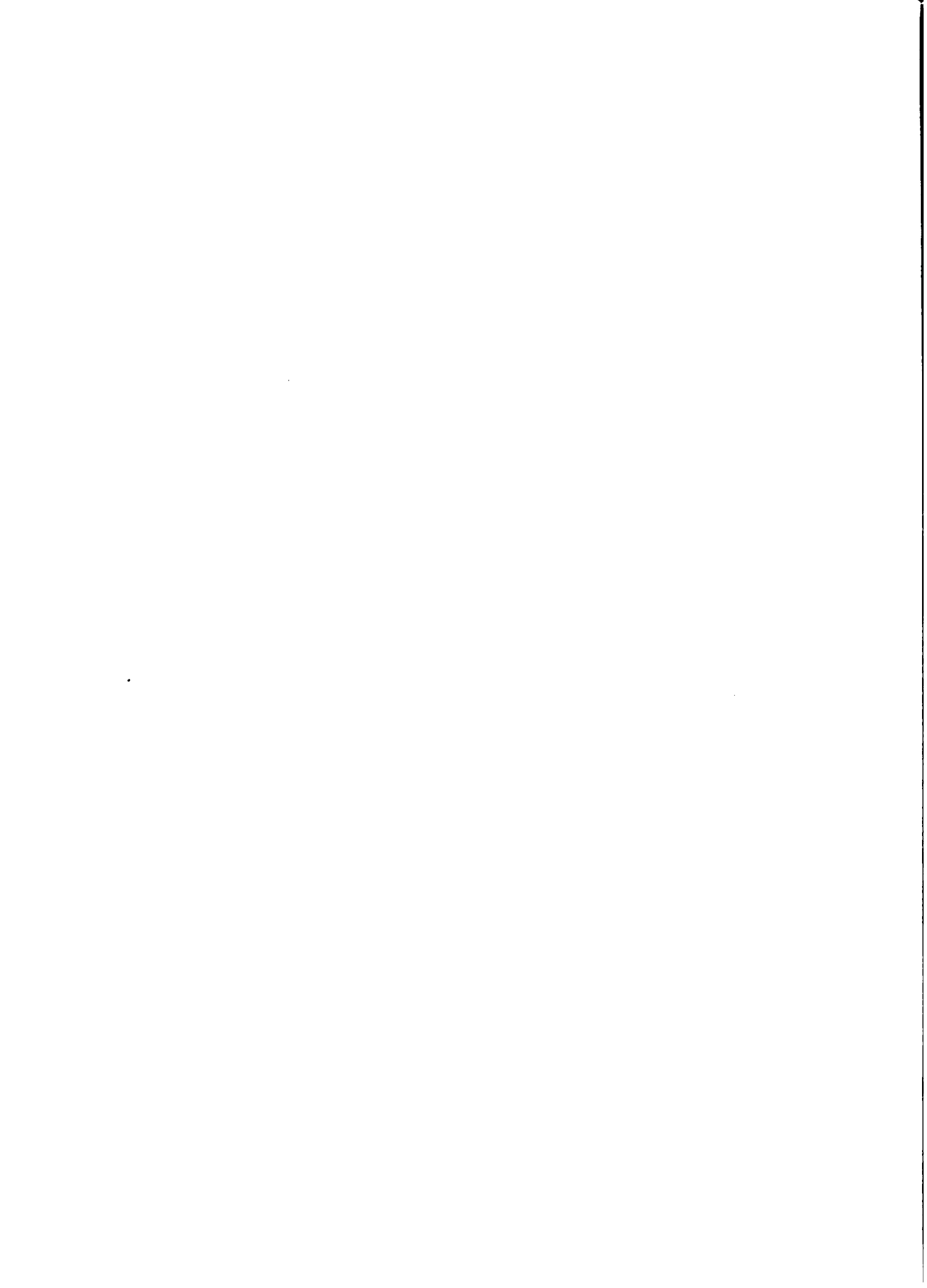
Este marco general de referencia proporciona una idea de las características morfológicas que prevalecen en la Vertiente Cerrada del Altiplano Boliviano.

2.2.2 Geomorfología

Los diferentes procesos tectónicos y el intenso grado de vulcanismo que han tenido lugar sobre esta parte de la corteza terrestre, han dado lugar a la formación de tres unidades geomorfológicas básicas sobre las cuales han actuado y actúan los distintos agentes geomórficos.

En todo el límite Oeste y Sur de la Vertiente Cerrada se han desarrollado formas de relieve positivo como resultado de la intensa actividad magmática que dió lugar a la formación de un paisaje netamente volcánico, con una serie de conos y cráteres irregularmente distribuidos.

Sobre estas formas de relieve que datan del Plioceno-Pleistoceno hasta épocas recientes, ejercieron y ejercen su acción los diferentes agentes exógenos tales como glaciación, meteorización y remoción en masa que han provocado diferente intensidad de degradación de los volcanes, llegando en ciertos casos, a su completa destrucción, manteniendo en otros una muy buena conservación. Asimismo, en las pen-



dientes empinadas que bajan de las elevaciones ígneas, es frecuente observar la presencia de depósitos de pie de talud (originados por gravedad) denominados sallerios.

Los valles, en su mayor parte, conservan sus características de origen glacial, con secciones típicas amplias en forma de U y presencia de morrenas laterales a modo de colinas. En estas artesas glaciales la acción fluvial se encuentra desarrollando nuevas formas de valles superimpuestos al presente, en algunos casos, bien definidos.

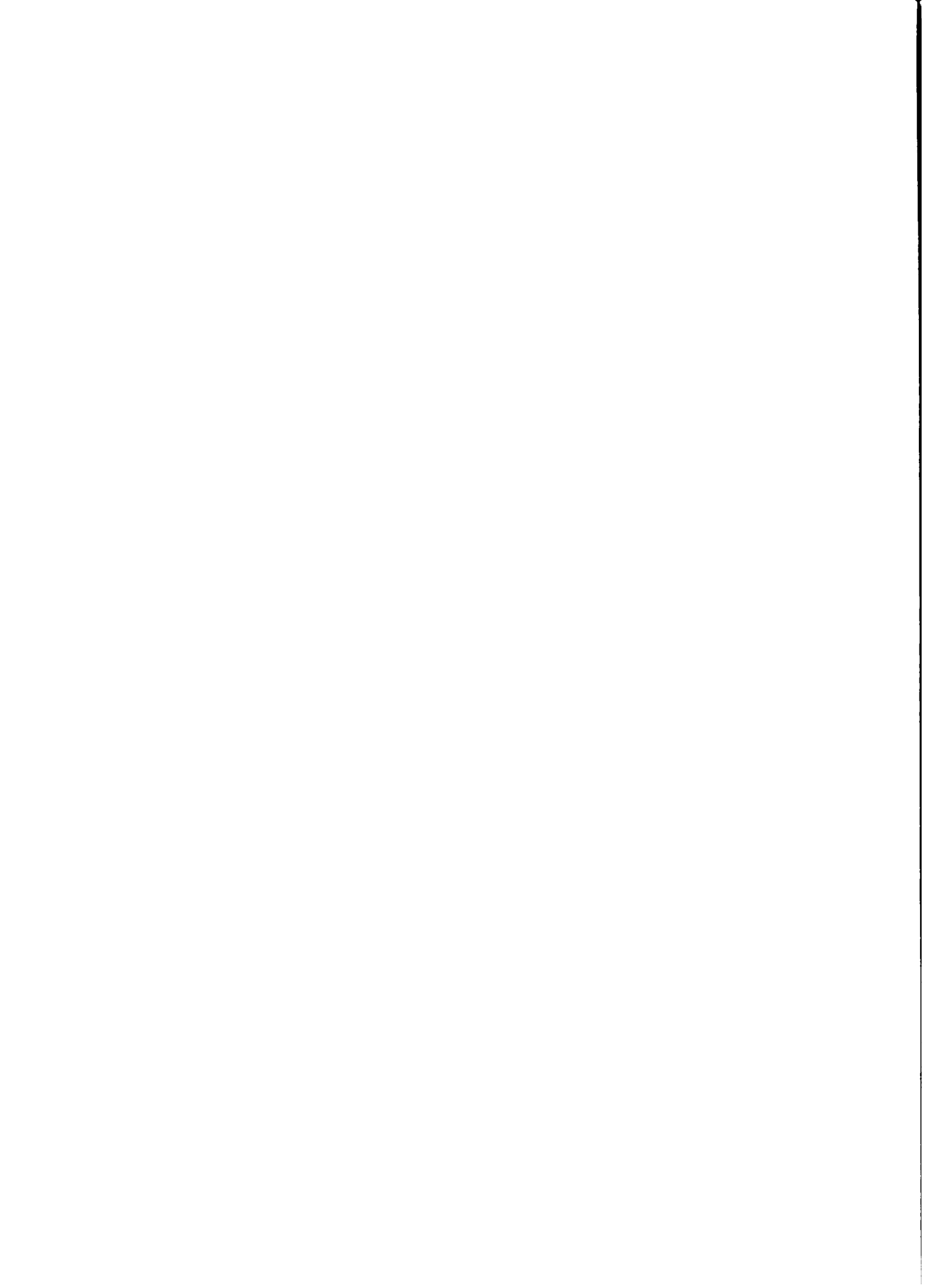
La parte central del Altiplano Boliviano está constituida por una de presión o fosa tectónica rellena con sedimentos modernos, dando lugar a la presencia de extensas áreas planas en las que sobresale una serie de formas positivas constituidas por serranías predominantemente terciarias como las de Tiahuanacu, Huayllamarca e Intersalar.

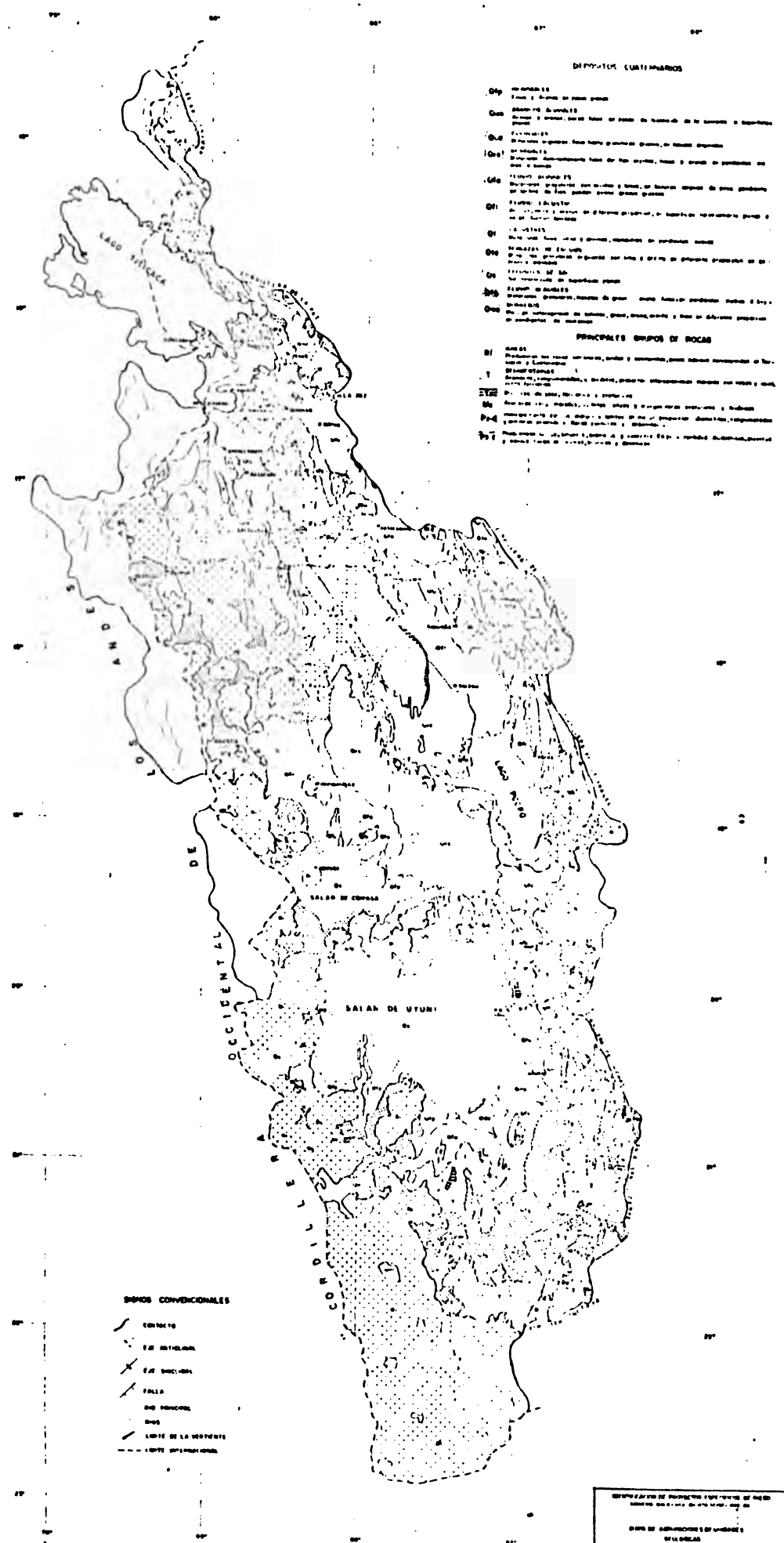
En las partes positivas predominan los fenómenos de erosión fluvial y meteorización que conforman relieves empinados a relativamente suaves, estos últimos coadyuvados por la naturaleza blanda de las rocas.

En la parte de la planicie se hallan con frecuencia depósitos eólicos en forma de dunas (Oruro y Potosí), así como terrazas y vestigios antiguos (algas calcáreas) de la existencia de dos grandes lagos denominados Ballivián al del Norte y Minchin al del Sur, cuyas reliquias están dadas por el actual Lago Titicaca para el primero y para el segundo por el Lago Poopó y los Salares de Uyuni y Coipasa.

Sus valles, de origen fluvial, son amplios y abiertos y su representación típica está dada por el valle que ocupa el Río Desaguadero.

La Cordillera Oriental está constituida por un Bloque Paleozoico plegado y fracturado, que empezó a elevarse a fines del Devónico. De este imponente macizo montañoso, sólo una estrecha faja forma parte de la Vertiente Cerrada, en su límite Occidental.





DIPOLOS CUATERNARIOS

- Q4p arenas y limos de origen eólico
- Q4m arenas y limos de origen fluvial
- Q4s arenas y limos de origen marino
- Q4d arenas y limos de origen lacustre
- Q4e arenas y limos de origen glacial
- Q4f arenas y limos de origen volcánico
- Q4g arenas y limos de origen desconocido
- Q4h arenas y limos de origen desconocido
- Q4i arenas y limos de origen desconocido
- Q4j arenas y limos de origen desconocido
- Q4k arenas y limos de origen desconocido
- Q4l arenas y limos de origen desconocido
- Q4m arenas y limos de origen desconocido
- Q4n arenas y limos de origen desconocido
- Q4o arenas y limos de origen desconocido
- Q4p arenas y limos de origen desconocido
- Q4q arenas y limos de origen desconocido
- Q4r arenas y limos de origen desconocido
- Q4s arenas y limos de origen desconocido
- Q4t arenas y limos de origen desconocido
- Q4u arenas y limos de origen desconocido
- Q4v arenas y limos de origen desconocido
- Q4w arenas y limos de origen desconocido
- Q4x arenas y limos de origen desconocido
- Q4y arenas y limos de origen desconocido
- Q4z arenas y limos de origen desconocido

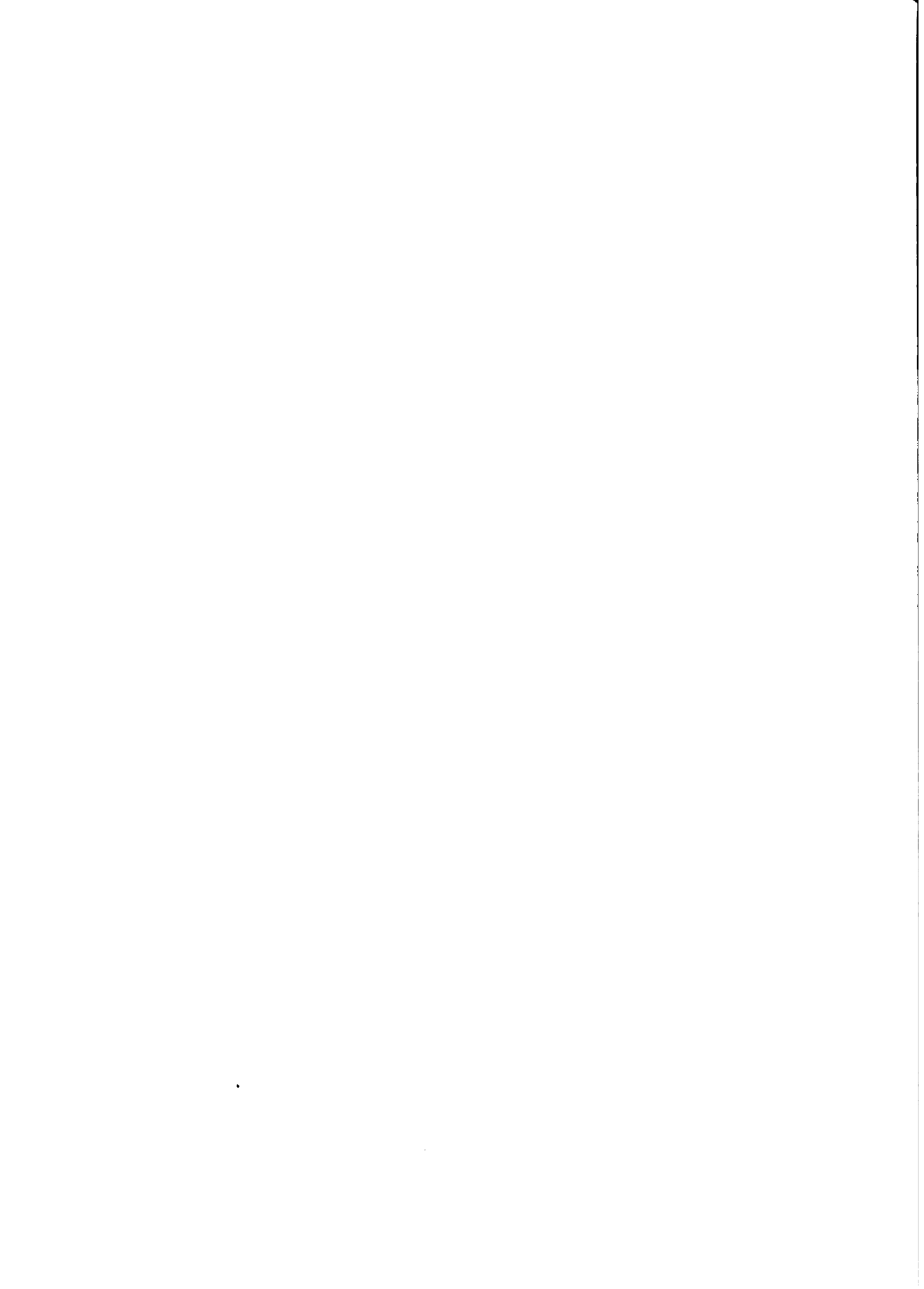
PRINCIPALES GRUPOS DE ROCAS

- P1 granitos
- P2 granitos
- P3 granitos
- P4 granitos
- P5 granitos
- P6 granitos
- P7 granitos
- P8 granitos
- P9 granitos
- P10 granitos
- P11 granitos
- P12 granitos
- P13 granitos
- P14 granitos
- P15 granitos
- P16 granitos
- P17 granitos
- P18 granitos
- P19 granitos
- P20 granitos
- P21 granitos
- P22 granitos
- P23 granitos
- P24 granitos
- P25 granitos
- P26 granitos
- P27 granitos
- P28 granitos
- P29 granitos
- P30 granitos
- P31 granitos
- P32 granitos
- P33 granitos
- P34 granitos
- P35 granitos
- P36 granitos
- P37 granitos
- P38 granitos
- P39 granitos
- P40 granitos
- P41 granitos
- P42 granitos
- P43 granitos
- P44 granitos
- P45 granitos
- P46 granitos
- P47 granitos
- P48 granitos
- P49 granitos
- P50 granitos

SIÑOS CONVENCIONALES

- CONTACTO
- F.F. INCLINADA
- F.F. HORIZONTAL
- FALLA
- DIBO
- DIBO
- LÍMITE DE LA INVESTIGACIÓN
- LÍMITE OPERACIONAL

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DE CHILE
 DIVISION DE GEOLOGIA Y MINERÍA
 SERVICIO NACIONAL DE GEOMINERÍA
 SANTIAGO, CHILE



Esta forma de relieve positivo ha estado sometida a un intenso proceso de glaciación que ha remodelado el paisaje dando numerosas formas constituidas por circos, valles glaciares con morrenas laterales y frontales. En la Ciudad de La Paz se han identificado cuatro ciclos de glaciación y deshielo que datan del pleistoceno.

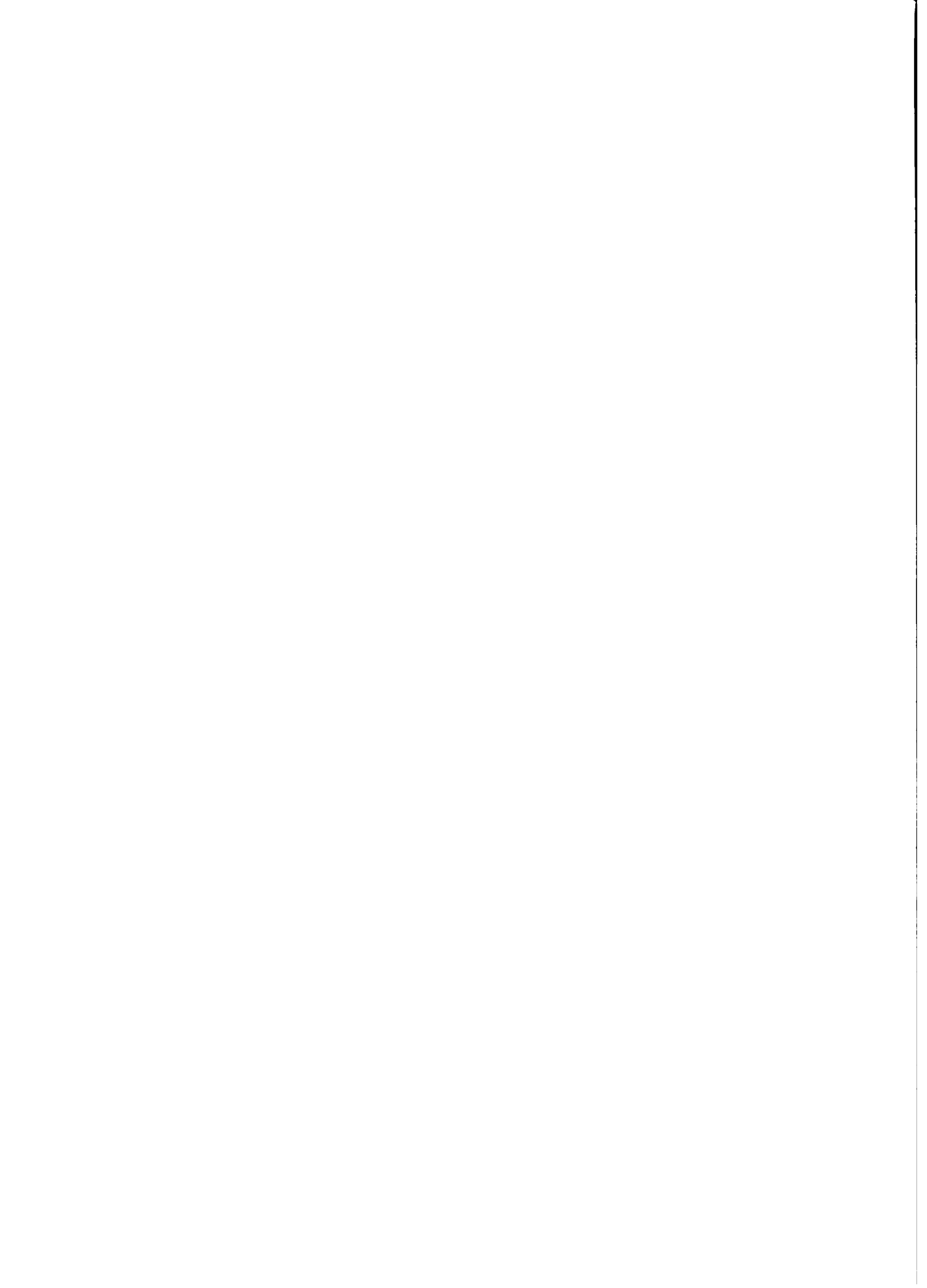
En general los valles son cortos y de elevada gradiente, facilitando la erosión de las cabeceras y la posterior deposición de los materiales gruesos en la zona de transición a la altiplanicie.

2.2.3 Estratigrafía

Las rocas aflorantes en la Vertiente Cerrada corresponden a diversas edades geológicas que van desde el sistema Ordovícico hasta el Cuaternario, formando unidades litológicas constituidas por diferentes tipos de rocas, siendo frecuente la alternancia de unas con otras. De acuerdo al sistema al que pertenecen se nota el predominio o ausencia de ciertas unidades litográficas como se muestra en el Cuadro 2.2.1, preparado tomando como base la información contenida en el Mapa Geológico de Bolivia.

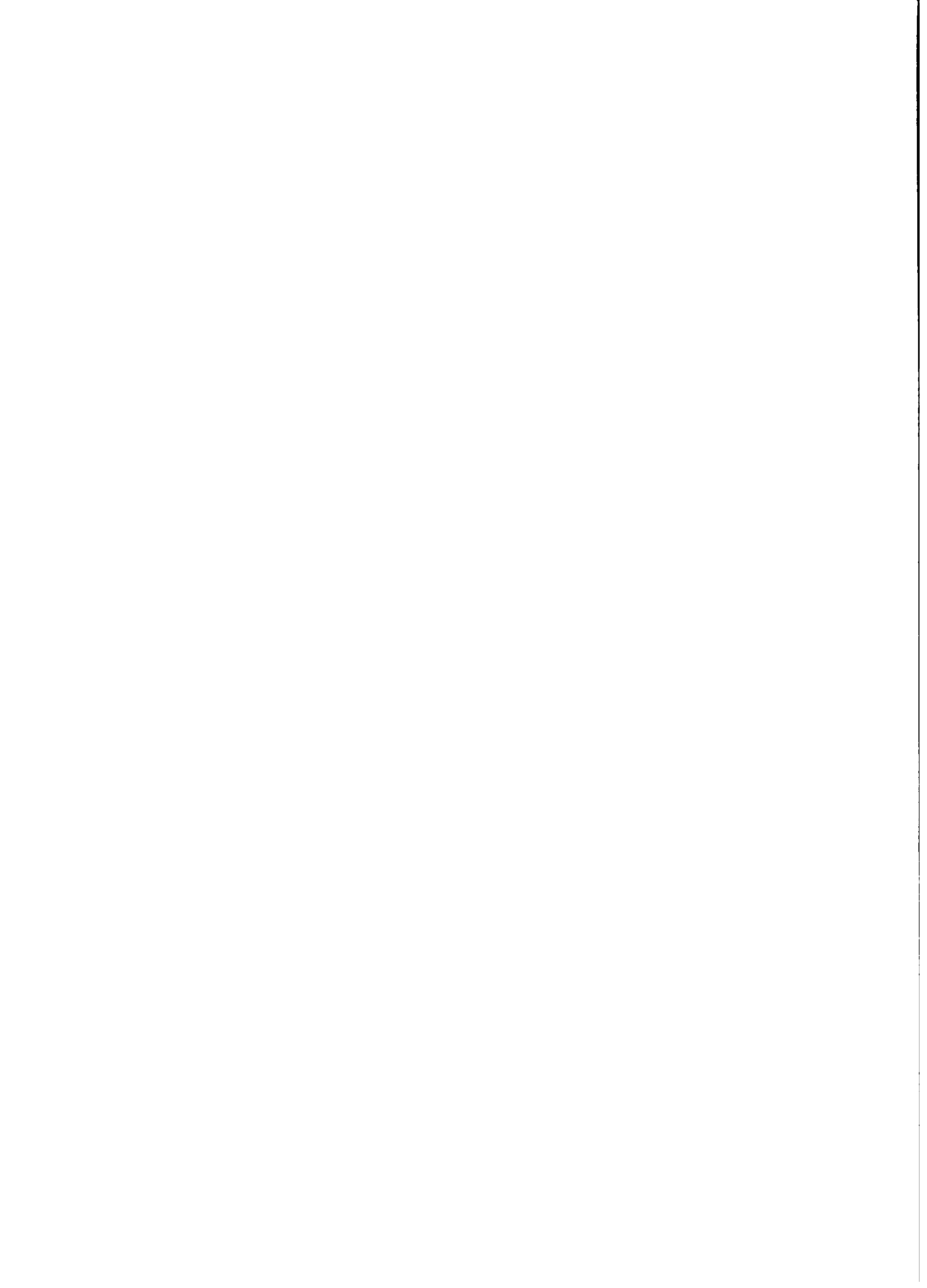
Dada la finalidad del estudio se ha buscado establecer una asociación de las unidades litoestratigráficas que reflejen los aspectos hidrogeológicos y geotécnicos de las rocas así como su relación con los suelos de los que son fuente de origen.

La escala de trabajo, 1:1,000,000, los espesores relativamente reducidos de las formaciones geológicas y/o unidades litológicas que las forman y la intercalación frecuente de unas con otras permite realizar una diferenciación por tipos de roca, solamente a nivel de agrupación de unidades mayores. En tal sentido y a partir de la información contenida en el Mapa Geológico de Bolivia, se han establecido las siguientes agrupaciones mayores que se resumen en el Cuadro 2.2.2



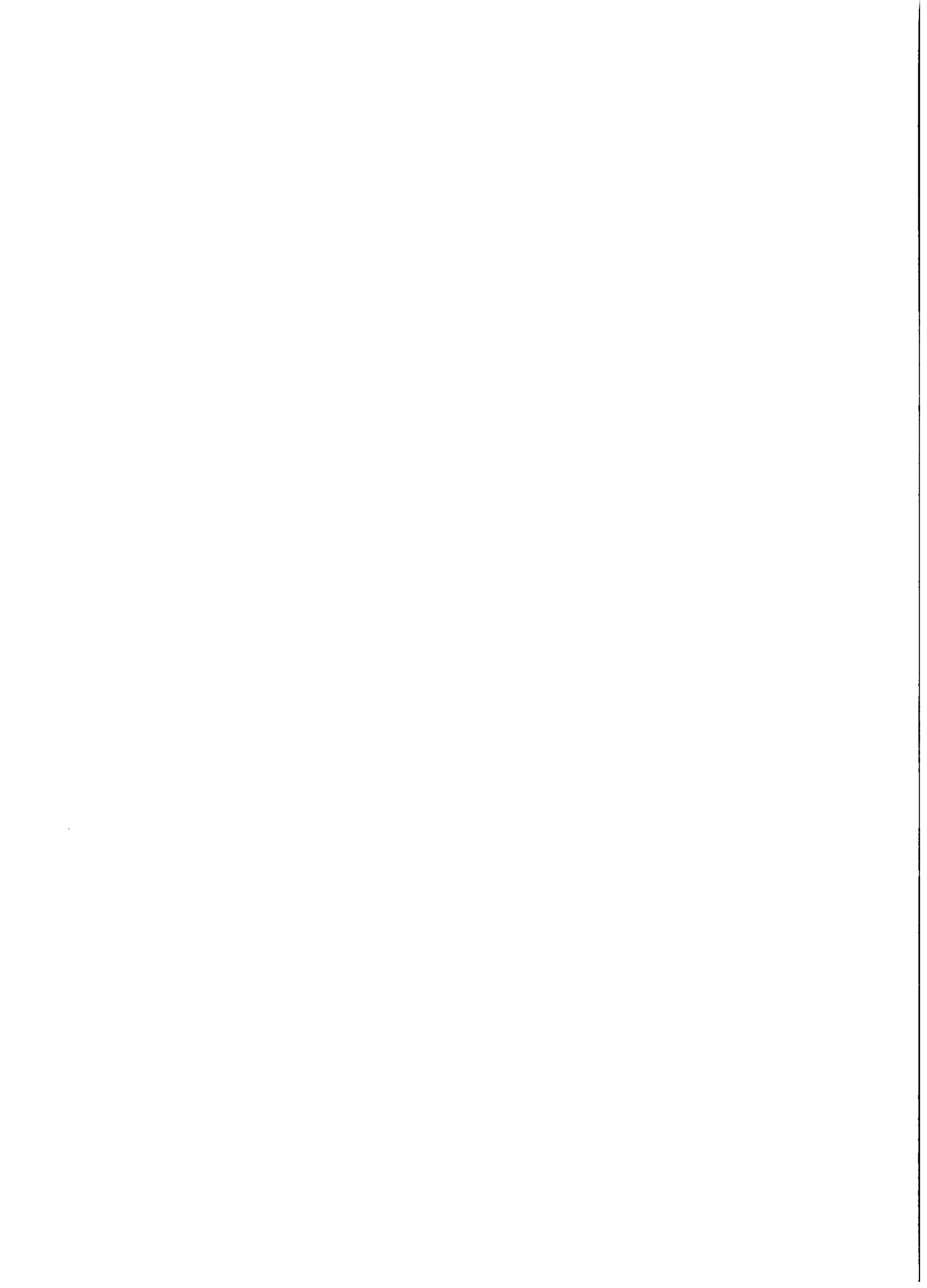
CUADRO N° 2.2.1ESTRATIGRAFIA DE LA VERTIENTE CERRADA

<u>Edad (Millones de Años)</u>	<u>Sistema</u>	<u>Símbolo (Mapa Geológico de Bolivia)</u>	<u>Descripción Litológica (Mapa Geológico de Bolivia)</u>
Actual a Reciente	Cuaternaria	Qev	Estrato Volcanes. Lavas <u>an</u> desfítico-dacíticas.
		Qi	Intrusivos, granodioritas, monzonitas, adamelitas, to- nalitas, cuarzolatitas.
		Tl	Lavas andesíticas, dacítica tobas y brechas.
		Tig	Ignimbritas riódacíticas.
Reciente a 65	Terciario	T	Areniscas, conglomerados, arcillitas y yesos, con in- tercalaciones de tobas y <u>la</u> vas.
		T y d	Yesos diapíricos.
65 a 140	Cretácico	K	Areniscas, conglomerados, arcillitas, calizas y mar- gas.
		Kd	Diapiros de yesos, margas, arcillitas y cal.
140 a 195	Jurásico	-	-
195 a 230	Triásico	Tr	Areniscas, calizas y mar- gas.
230 a 280	Pérmico	P	Calizas, margas y lutitas.
280 a 345	Carbonífero	C	Diamictitas, conglomerados, areniscas y lutitas.
345 a 395	Devónico	D	Areniscas, lutitas, limoli- tas y calizas.
	Silúrico Devónico	S - D	Areniscas, lutitas, limoli- tas y pizarras.
395 a 435	Silúrico	S	Diamictitas, areniscas, cuarcitas, lutitas y <u>limoli</u> tas
435 a 500	Ordovícico	O	Cuarcitas, areniscas, luti- tas, limolitas.



CUADRO N° 2.2.2PRINCIPALES GRUPOS DE ROCAS

	<u>Nombre</u>	<u>Sistema</u>	<u>Símbolo</u>	<u>Descripción Litológica</u>
	Rocas Igneas	Cuaternaria Terciario	Ri	Rocas ígneas, predominantemente efusivas (80 a 90%). Composición ácida a semiácida, pocas básicas del tipo basalto.
Rocas Sedimentarias	Rocas Cenozoicas	Terciario	T	Predominan areniscas, conglomerados y arcillitas, con intercalaciones menores de toba y lava.
	Rocas Mesozoicas	Cretácico Triásico	Mz	Areniscas, conglomerados, arcillitas, calizas y margas.
	Rocas del Paleozoico Superior	Pérmico Carbonífero	Pz-2	Principalmente calizas, margas y lutitas. En menor proporción diamictitas, conglomerados y areniscas zacaroides.
	Rocas del Paleozoico Inferior	Devónico Silúrico Ordovícico	Pz-1	Predominan lutitas, limolitas, areniscas y cuarcitas. En poca cantidad diamictitas, pizarras y calizas.



a) Rocas Igneas.

Las rocas ígneas intrusivas y efusivas o volcánicas del terciario y cuaternario, identificadas como Tig, Tl, Qi y Qev en el Cuadro 2.2.1 han sido agrupadas en una sola unidad con la denominación genérica de Rocas Igneas (Ri). De ellas predominan las rocas volcánicas que constituyen 90% del total.

Los afloramientos de rocas ígneas ocupan una gran extensión en la Vertiente Cerrada. Están concentradas en todo su límite Oeste y Sur, existiendo afloramientos menores en el resto de la misma.

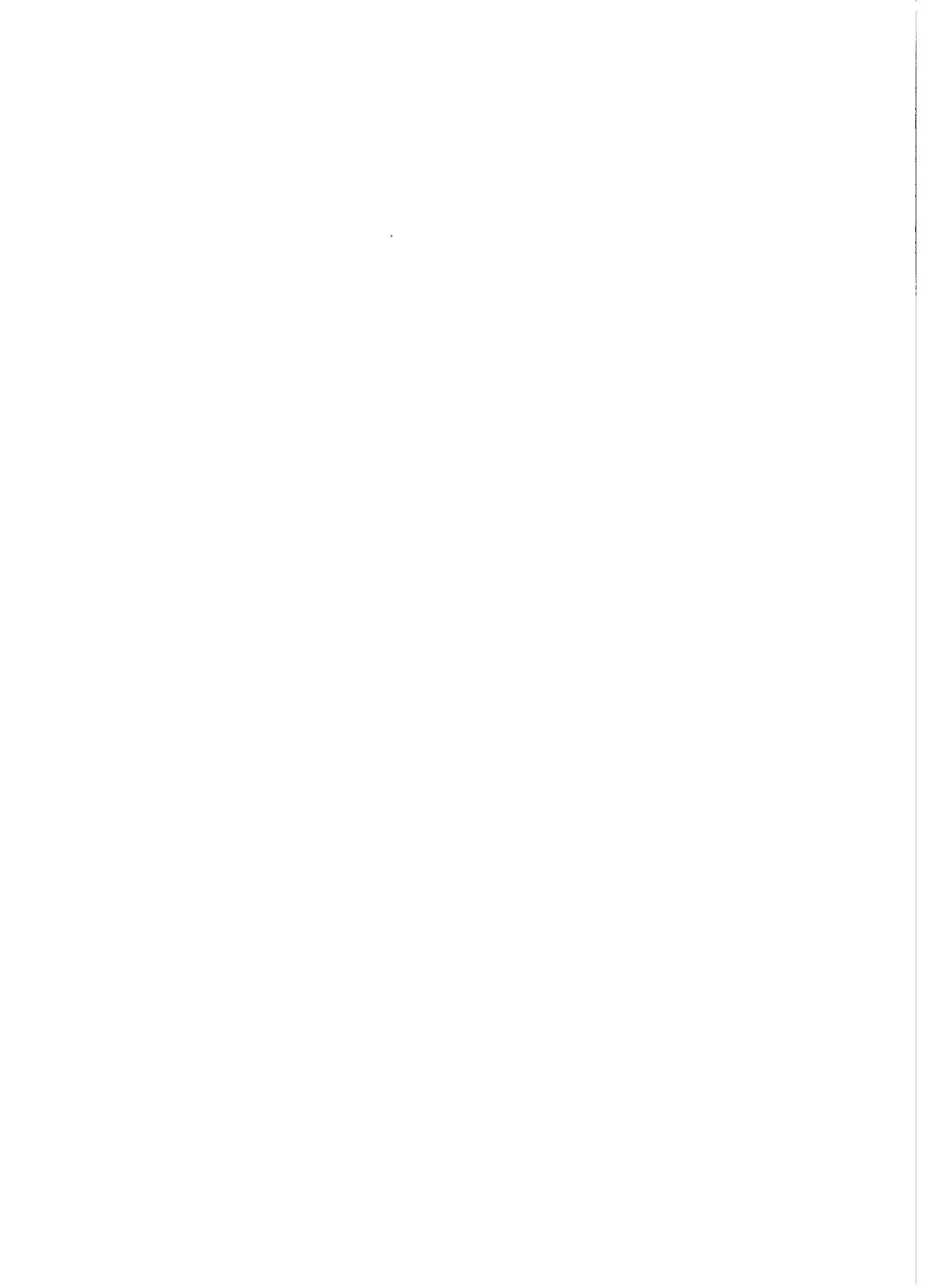
Respecto a su edad, las que datan del Paleozoico y Mesozoico son de extensión reducida, limitándose a pequeñas manifestaciones en Huari-na, Achacachi, Tiquina, Jesús de Machaca y otros sectores menores del Altiplano. En cambio, las de edad Cenozoica, especialmente Plio-Pleistocenas a Recientes, ocupan extensas áreas formando prácticamente toda la Cordillera Occidental y cubren gran parte de la Provincia Sur Lípez y parte de la Cordillera de Los Frailes como la Meseta de Morococala en las cercanías de Oruro.

En cuanto a su composición litológica las rocas ígneas son de carácter ácido, semiácido y en menor proporción, básicas, del tipo basalto, con presencia de tobas y piroclastos irregularmente distribuidas.

b) Rocas Sedimentarias.

Las rocas de origen sedimentario se encuentran representadas por los símbolos O, S, S-d, D, C, P, Tr, K y T. Estas últimas, rocas terciarias, presentan una mayor distribución superficial, seguidas en menor proporción por rocas cretácicas (K), permocarboníferas (P-C), silúricas (S), Devónicas (D) y Ordovícicas (O).

El conjunto de rocas ígneas y sedimentos terciarios cubren alrededor de 80% de los afloramientos rocosos de la Vertiente Cerrada, tal como puede apreciarse en la Lámina 2.2.1



Las rocas sedimentarias han sido agrupadas en cuatro unidades mayores en base al predominio de las unidades litológicas principales.

b.1) Rocas del Paleozoico Inferior (Pz-1)

Comprenden a las rocas de los sistemas Ordovícico (O), Silúrico (S), y Devónico (D).

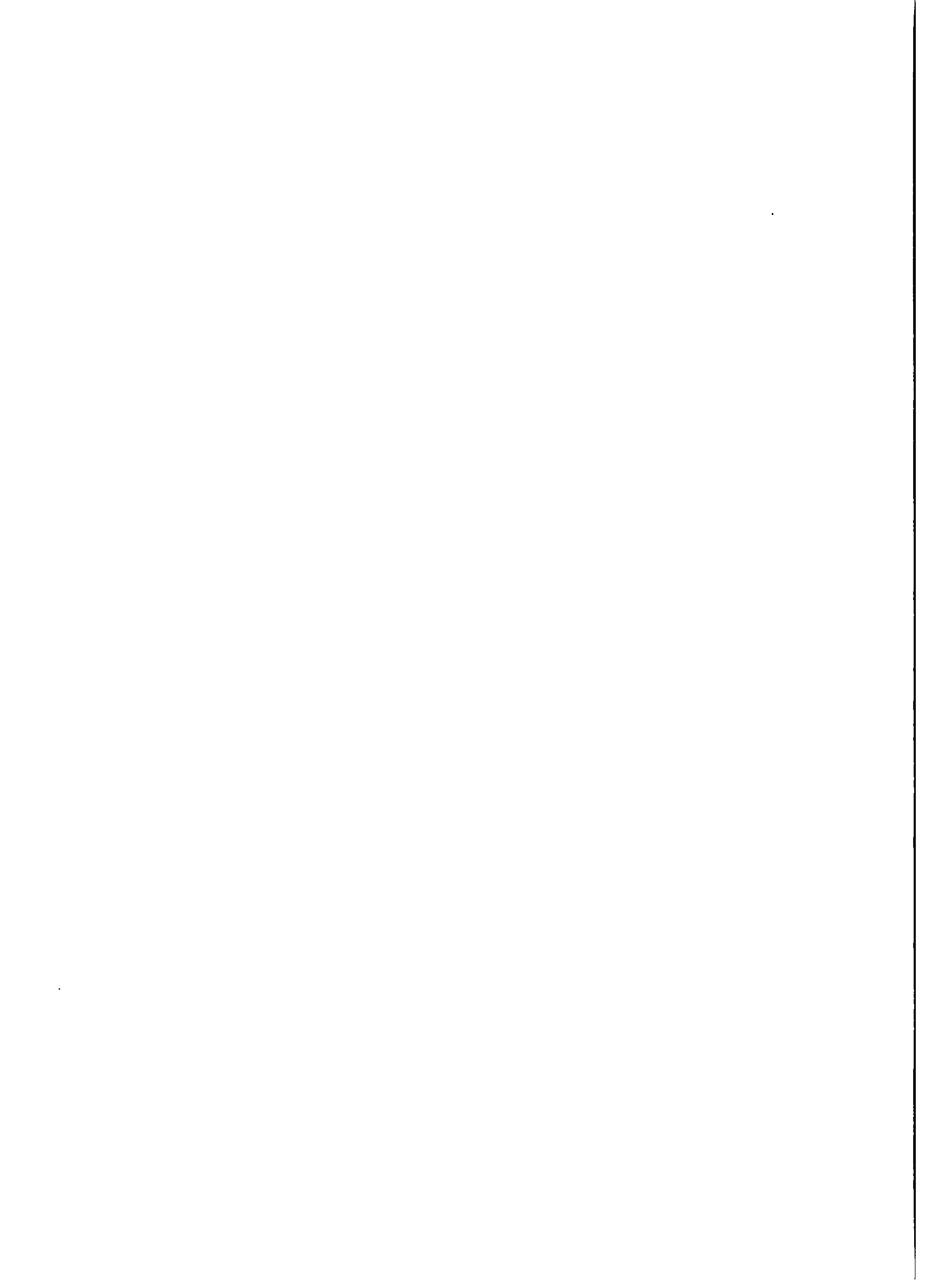
Los afloramientos ordovícicos son de poca magnitud y prácticamente sólo se encuentran al Oeste de San Pablo de López y del Río Quetena. Las rocas silúricas y devónicas se encuentran con centradas en el límite Este de la Vertiente, entre Challapata y el Norte de Sica Sica, predominando las silúricas y entre ésta última población y la de Ulla Ulla las devónicas.

Las rocas se presentan en estratos de diferente espesor, plegadas y falladas, con un rumbo predominante de las estructuras en dirección N-NO a S-SE. Predominan las lutitas, limolitas, areniscas y cuarcitas, encontrándose en poca cantidad diamictitas en la base del silúrico, pizarras en la Cordillera Real (rocas metamórficas) y calizas prácticamente en mínima cantidad en el devónico. En el conjunto es frecuente la interestratificación de unas capas con otras.

b.2) Rocas del Paleozoico Superior (Pz-2)

Agrupan a las rocas del Carbonífero y Pérmico que afloran solamente en el límite NE de la vertiente entre el Norte de Achacachi y Ulla Ulla y al Oeste de Tiquina.

En general, las rocas carboníferas son poco significativas (menor que 10% de ambas), teniendo las pérmicas mayor extensión superficial (más de 90%). Las diamictitas, conglomerados y areniscas zacaroides, de poco espesor, se encuentran en el carbonífero. Las lutitas son comunes a ambos. Las calizas y margas están bien representadas en el pérmico.



b.3) Rocas Mesozoicas (Mz)

Comprenden las rocas triásicas y cretácicas. De ellas, las primeras pueden despreciarse debido a su exposición limitada y las segundas tienen sus mejores afloramientos desde Sevaruyo hacia el Sur, al Este de Charaña, Sur de Corque e inmediaciones y Nor-Este de Puerto Acosta.

Predominan areniscas, conglomerados, arcillitas, calizas y margas formando estructuras relativamente amplias.

b.4) Rocas Cenozoicas (T)

Están representadas por rocas terciarias ampliamente difundidas en la altiplanicie, en las serranías emplazadas entre los Lagos Titicaca y Poopó y al Sur del Salar de Uyuni.

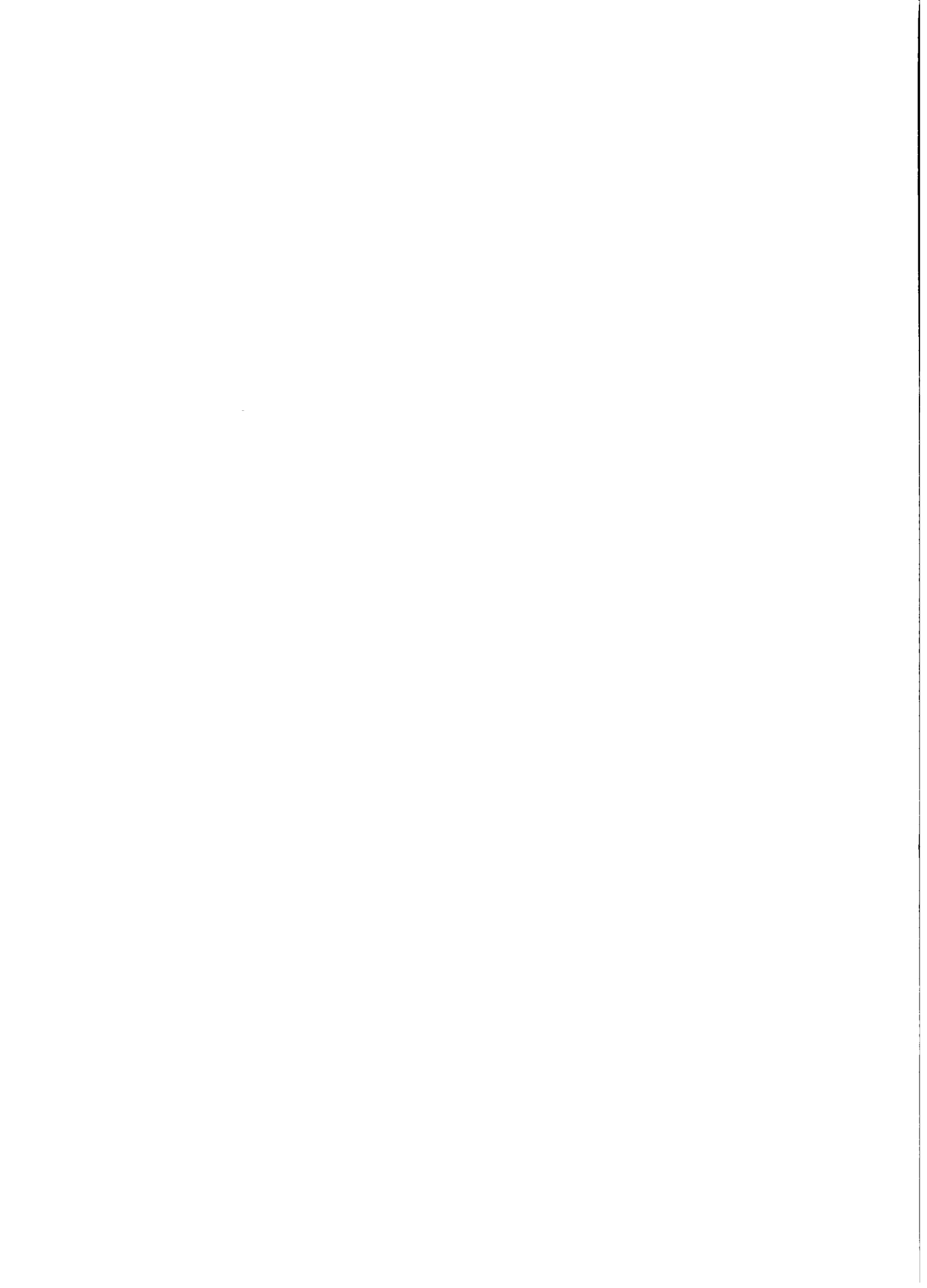
Estas rocas han sido afectadas por un menor grado de plegamiento y fracturamiento. Están constituidas por areniscas, conglomerados y arcillitas con intercalaciones menores de tobas y lavas.

En los sedimentos terciarios y cretácicos, en ciertos sectores concentrados tales como los alrededores de Corocoro, Nor-Este de Corque, Oeste y Sud-Oeste de Sevaruyo y otros es frecuente encontrar diapiros de yeso y eventualmente de sal.

c) Depósitos Cuaternarios.

Los depósitos cuaternarios ocupan una vasta extensión de la Vertiente Cerrada que se encuentran rellenando la fosa del Altiplano y recubriendo parte de las pendientes de serranías y cordilleras. En el Mapa Geológico de Bolivia estos depósitos están representados por una sola unidad.

Ante la ausencia de una subdivisión de los depósitos cuaternarios y con miras a establecer posteriores diferencias potenciales de suelos de uso agronómico, se ha realizado una interpretación visual de las imágenes de satélite a escala 1:1,000,000, delimitando en un trabajo exclusivo de gabinete, diversos depósitos de suelos por su origen geológico, cuyo resumen se da en el Cuadro 2.2.3.

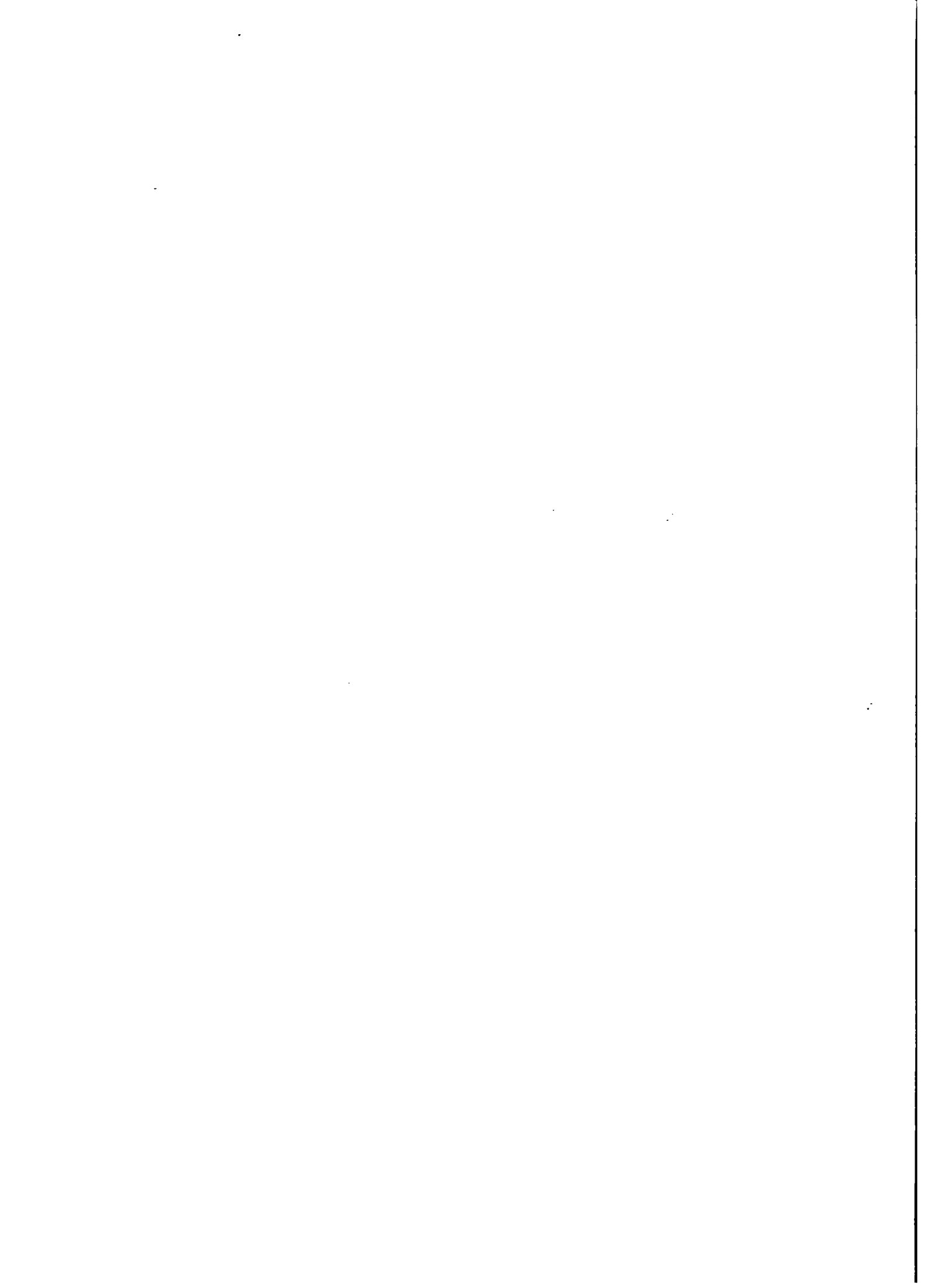


CUADRO N° 2.2.3

DEPOSITOS CUATERNARIOS PRINCIPALES

(Por Origen Geológico)

<u>Depósitos</u>	<u>Símbolo</u>	<u>Descripción</u>
Inundación	QfP	Materiales finos y arenas en zonas planas de drenaje pobre. Granulares en zonas de divagación y desborde de ríos principales.
Abanicos Aluviales	Qaa	Materiales granulares gravas y arenas, en el cambio de pendiente de la serranía a superficie plana.
Coluviales	Qco	Finos a granulares (angulares) en taludes empinados.
Residuales	Qrs	Materiales predominantemente finos, arcillas, limos y arenas en pendientes medias a suaves.
Fluvio Aluviales	Qfa	Granulares, finos con limos y arcillas en llanuras amplias de poca pendiente.
Fluvio Lacustres	Qfl	Predominan materiales finos, principalmente arcillas, limos y arenas finas. Están situados en superficies relativamente planas.
Lacustres	Ql	Materiales de grano fino, adyacentes a lagos actuales. Se cubren de agua en crecidas máximas.
Terrazas de Erosión	Qte	Mezclas de materiales granulares y finos, ocupan partes planas en serranías elevadas.
Depósitos de Sal	Qs	Sal cristalizada, se encuentran situados en las partes más bajas del Altiplano.
Fluvio Glaciales	Qfg	Materiales granulares, mezclas de grava y arena, en áreas de pendiente baja a media.
Morrénicos	Qmo	Mezclas heterogéneas de bolones, grava, arena y arcilla en diferente proporción. Ocupan las pendientes de las serranías y forman colinas.



Los contactos de las once unidades así definidas determinan la localización y delimitan la extensión de los diferentes grupos de suelos.

La descripción de las unidades diferenciadas se detalla a continuación:

c.1) Depósitos Morrénicos (Qmo)

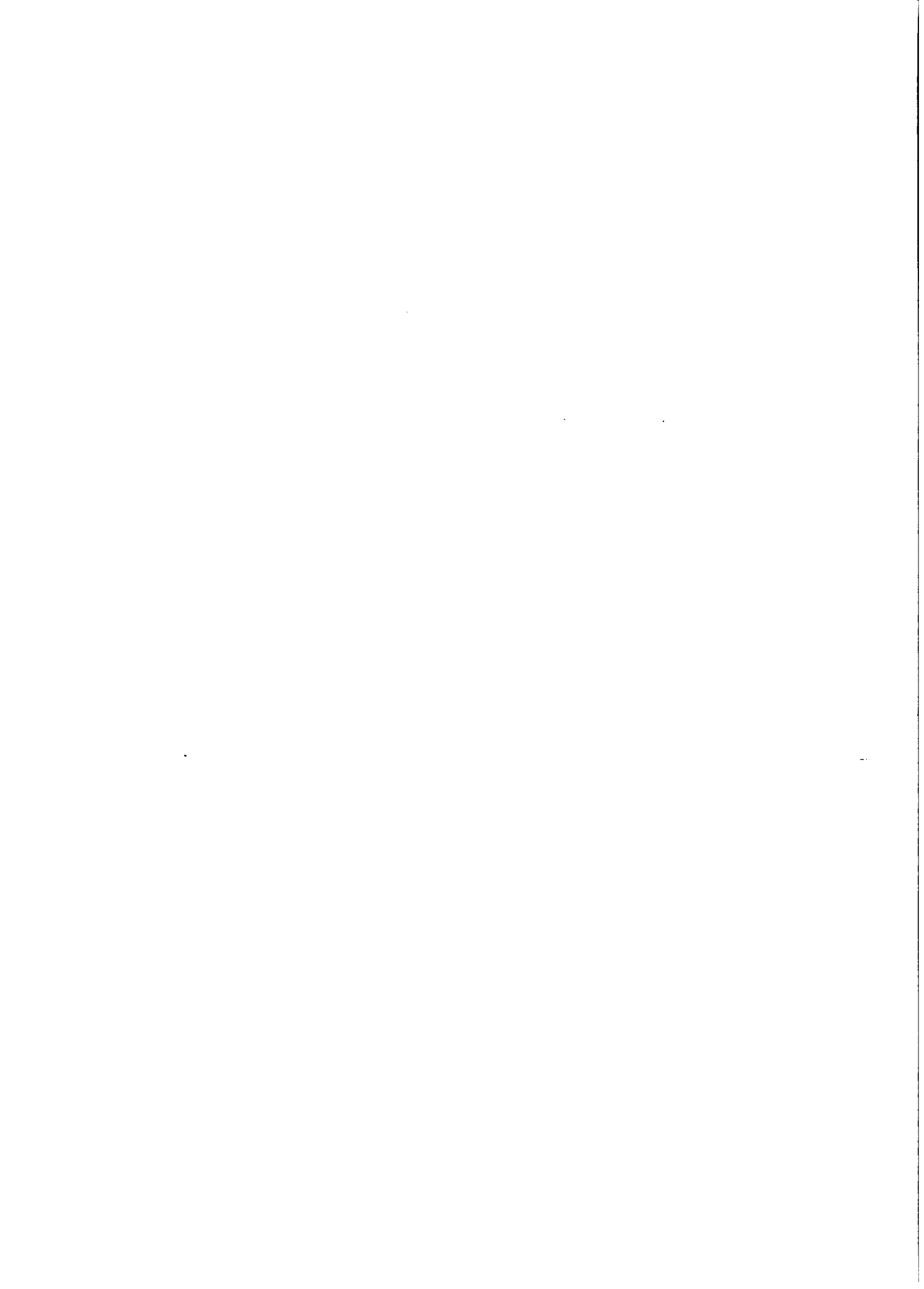
Los depósitos morrénicos son de origen glacial. Están formados por mezclas heterogéneas de cantos angulares muy gruesos, bolones, gravas gruesas y materiales limosos y arcillosos, presentándose, en ciertos casos, lentes de arcilla pura. Ocupan las pendientes de la cordillera recubriendo el basamento rocoso y dan lugar a valles amplios en forma de U, formando, las morrenas laterales y frontales, colinas.

c.2) Depósitos Fluvio Glaciales (Qfg)

Son el resultado del retrabajamiento de los depósitos morrénicos. Están constituidos básicamente por mezclas de suelos granulares gruesos y finos, bien graduados, presentando, ocasionalmente, una cubierta delgada de suelo de grano fino. Ocupan las áreas de menor pendiente en la transición del pie de las serranías y las planicies. Sus límites inferiores constituyen zonas de descarga de aguas subterráneas.

c.3) Depósitos de Sal (Qs)

Están constituidos por materiales cristalizados producto de la precipitación por evaporación de las aguas al antiguo Lago Minchin. Se encuentran ubicados en las partes más bajas del altiplano a modo de reliquias salinas de gran consistencia y dureza. Las mayores representaciones están dadas por las extensas áreas ocupadas por los Salares de Uyuni, Coipasa, Empexa, Chiguana y otros. Por lo general en sus bordes se encuentran terrenos anegadizos o pantanosos.



c.4) Depósitos de Terrazas de Erosión (Qte)

Son superficies relativamente planas situadas en las partes altas de las serranías. Han sido formadas por procesos de erosión antigua. Contienen mezclas granulares angulares, de la roca subyacente, con suelos finos en diferente proporción.

c.5) Depósitos Lacustres (Ql)

Son depósitos de grano fino poco plásticos a plásticos ubicados por lo general en pendientes suaves a planas adyacentes a lagos actuales. Se cubren de agua en períodos de crecidas máximas.

c.6) Depósitos Fluvio Lacustres (Qfl)

Son superficies relativamente planas situadas en las proximidades de los lagos actuales o en lagos pre-existentes. Predominan suelos arcillosos plásticos con intercalaciones o mezclas de materiales arenosos finos depositados por acción fluvial.

c.7) Depósitos Fluvio Aluviales (Qfa)

Se encuentran depositados en llanuras aluviales amplias, de poca pendiente. Ocupan extensas áreas comprendidas entre los Lagos Titicaca y Poopó. Por lo general son granulares finos no plásticos, con materiales limosos y/o arcillosos en menor cantidad. En ciertos casos por una acción eólica posterior (no observable en las imágenes) se encuentran concentraciones de depósitos de dunas como las presentes entre Turco, Oruro, Sud Lipez, etc.

c.8) Depósitos Residuales (Qrs)

Estos depósitos están constituidos por materiales de grano fino del tipo arcilla, que pueden contener diferentes proporciones de arena y limo formados en el sitio por descomposición y desintegración de la roca subyacente y por la acción química de minerales y partículas arcillosas. Por lo general se presentan recubriendo rocas terciarias en pendientes medias y suaves.



c.9) Depósitos Coluviales (Qco)

Son depósitos de materiales sueltos sin cohesión, que contiene fragmentos angulares de la roca subyacente. Son granulares con matrix fino. Se encuentran en taludes empinados de espesores reducidos (del orden de centímetros a metros).

c.10) Depósitos en Abanicos Aluviales (Qaa)

Son depósitos de materiales granulares, con mezclas de gravas y arenas, en los que existe una cierta distribución de los granos predominando los gruesos en las partes superiores y los finos en las inferiores. Se encuentran en los cambios de pendiente de las serranías a zonas planas por acción hidráulica, principalmente de ríos temporales.

c.11) Depósitos de Inundación (Qfp)

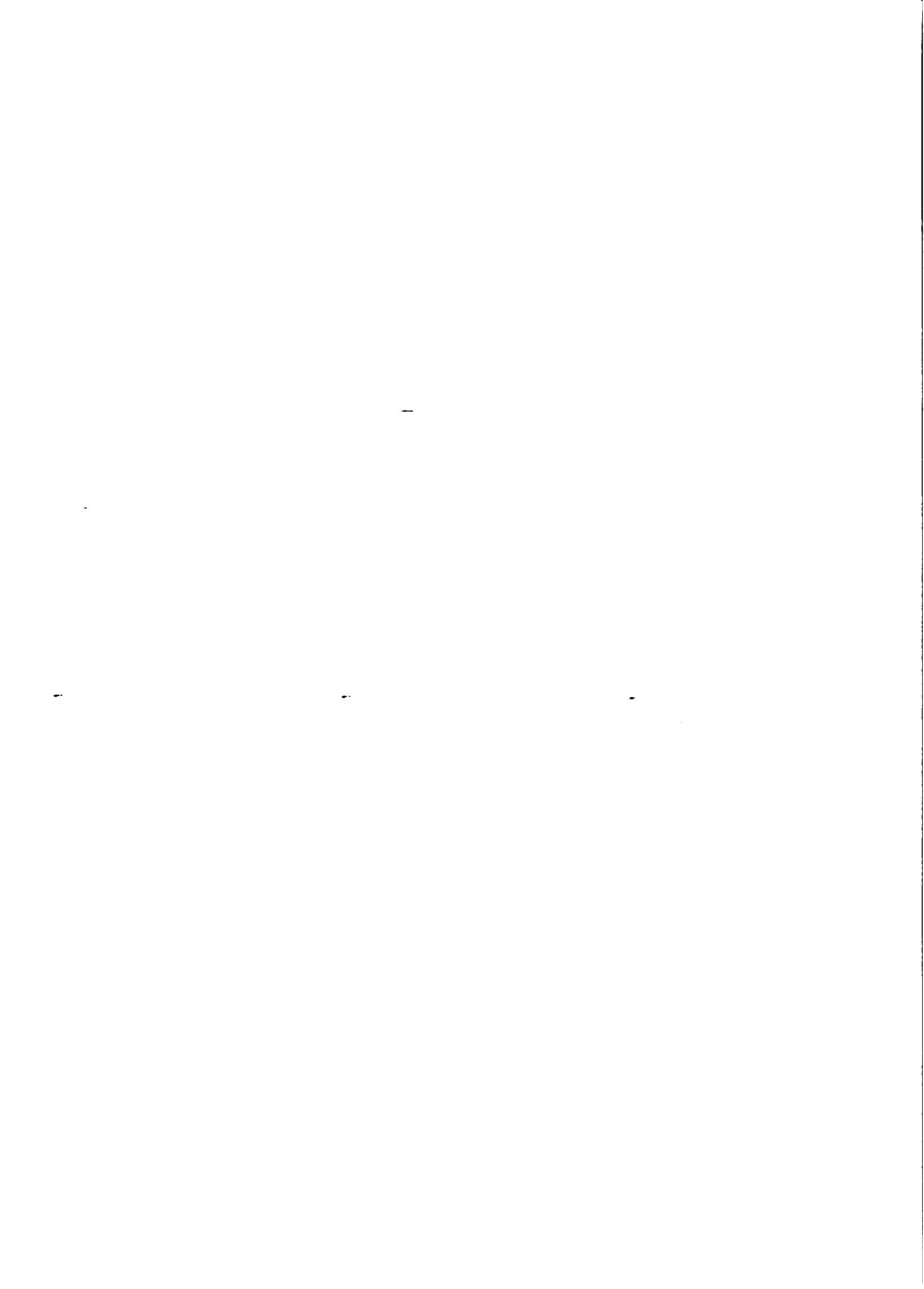
Son depósitos situados en áreas bajas que por lo general se cubren de agua en época de lluvias. Son materiales de grano fino o grueso dependiendo que se encuentren en zonas planas de drenaje pobre o en zonas de divagación o desborde de ríos principales.

2.2.4 Geotécnia

A nivel de diagnóstico sólo se puede realizar una interpretación basada en la experiencia de las características geotécnicas generales, tomando en consideración los aspectos físico-mecánicos de competencia o consolidación.

a) Características Generales de los Principales Tipos de Roca.

Como se ha visto en la parte estratigráfica, las unidades geológicas involucran diversos tipos de roca, que a su vez poseen características geotécnicas diferentes.



a.1) Rocas Igneas

Las rocas ígneas en general son masivas. Las hay de grano grueso (textura fanerítica), medio a fino (porfídica) y fino (afanítica). Las discontinuidades geológicas cuarteán la roca y el grado de distribución e intensidad afecta su competencia.

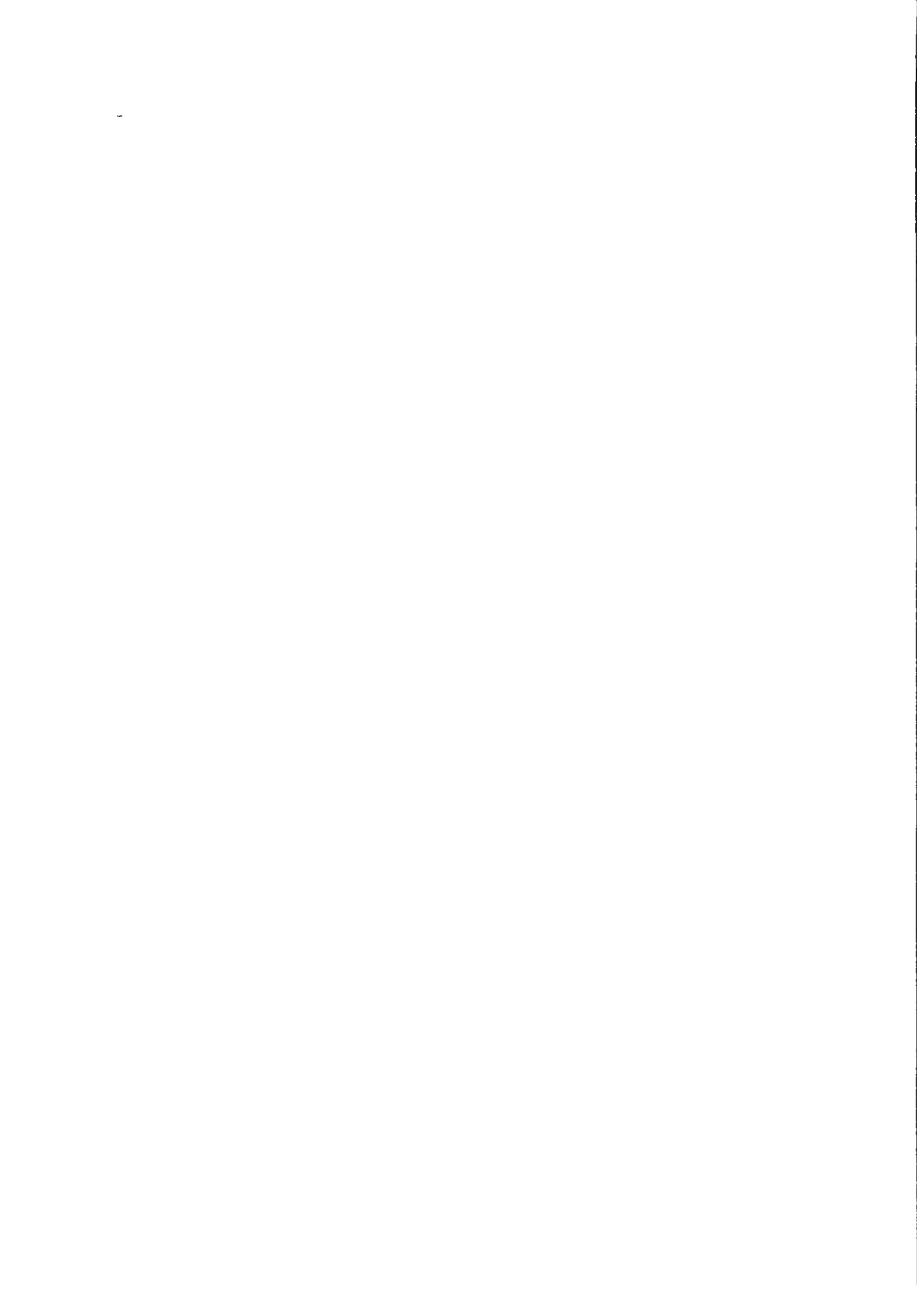
El grado de meteorización es diverso, siendo los feldespatos y micas los más susceptibles a la acción de los agentes externos debilitando la roca. En general, cuanto más antigua y/o cuanto más expuesta se encuentre a los agentes de meteorización, sufrirá una mayor disminución de su fortaleza. La alteración de la roca (silicificación, caolinización), se encuentra concentrada a partir de las fisuras de la misma.

En estado inalterado, gran parte de las rocas ígneas son resistentes y de bajo grado de absorción de agua, constituyendo excelentes materiales de cimentación. Estas propiedades se modifican y varían de un lugar a otro, incluso para el mismo tipo de roca, de acuerdo al grado de meteorización e intensidad de diaclasamiento.

Las rocas volcánicas pueden ser duras y competentes o presentar muchas vesículas o poros y consecuentemente peso específico bajo, dando en este último caso un material de fundación francamente dudoso. La intercalación de las rocas efusivas, aún de carácter competente, con tobas volcánicas, materiales sueltos y desagregados, pueden representar dificultades para la construcción de obras civiles, así como provocar grandes pérdidas de agua, por fugas en los embalses e inestabilidad de taludes.

a.2) Rocas Sedimentarias

Las rocas sedimentarias en general se presentan en lechos o capas (estratificadas), estando formadas por granos individuales con mayor o menor grado de cementación o consolidación.



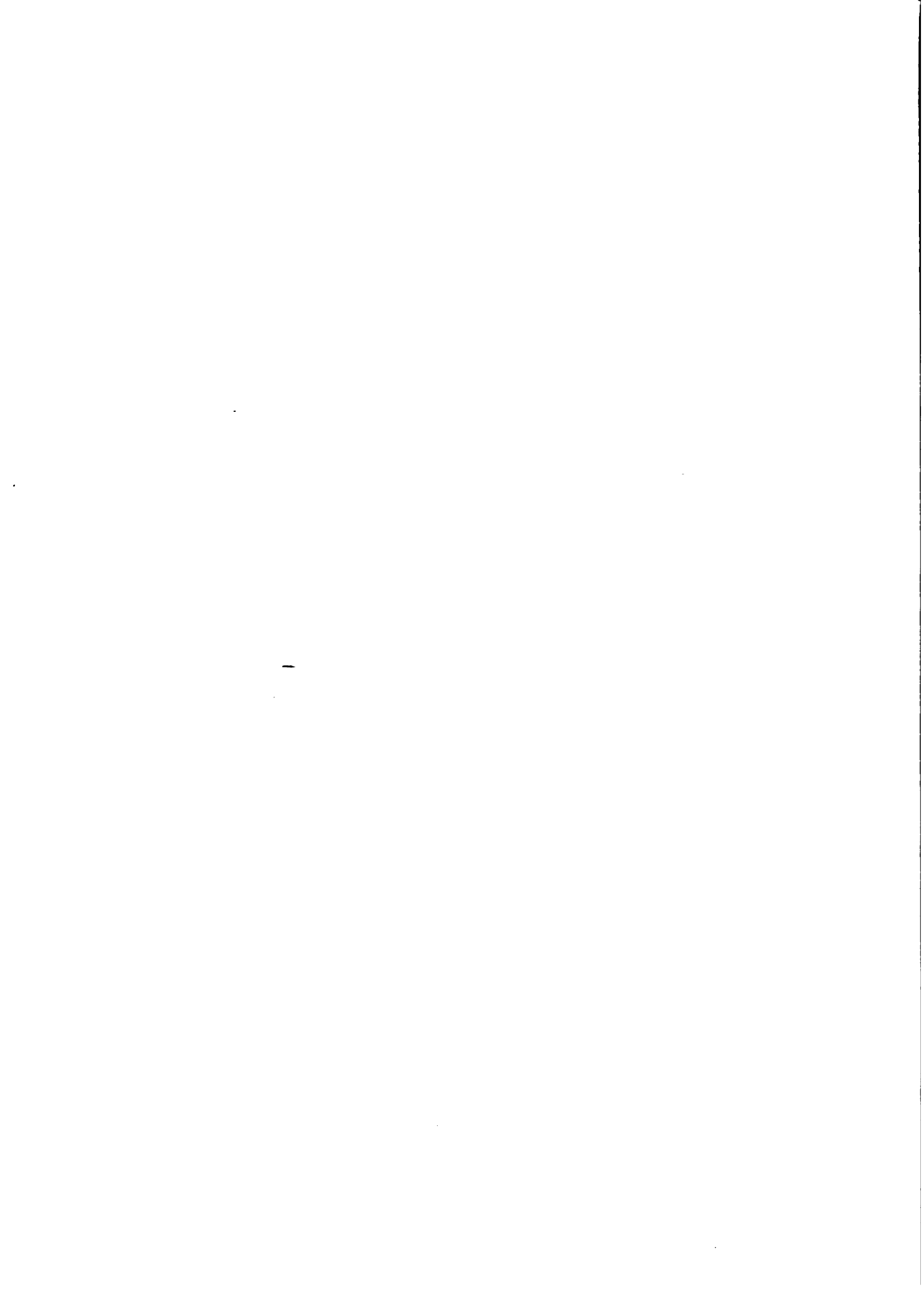
a.3) Rocas Paleozoicas

Agrupan tanto a las rocas del paleozoico inferior como superior. Están constituidas predominantemente por lutitas, limolitas, areniscas, cuarcitas, calizas y margas.

Las lutitas son rocas finamente estratificadas, fisibles, de grano fino (menor que 0.1 mm), aunque pueden contener pequeñas porciones del tamaño de la arena. Por lo general las discontinuidades geológicas están cerradas o rellenadas. Por efectos de meteorización intensa, dan lugar a suelos arcillosos y limosos. Su resistencia puede variar desde rocas blandas meteorizadas hasta rocas duras que requieren el uso de explosivos para su extracción, alternando, éstas últimas, frecuentemente con delgadas capas de areniscas cuarcíticas. Las lutitas pueden presentar un comportamiento variable como material de fundación debiendo prestarse un cuidado especial si se los utilizara como material de construcción.

Un tipo especial de lutita está constituida por la limolita, que por lo general posee mayor contenido de arena muy fina, que la hace algo más resistente frente a la lutita.

Las areniscas se encuentran estratificadas en capas de diferente espesor, predominando las de grano fino a medio, muchas veces de carácter cuarcítica, compactas en que el grado de diaclasamiento controla la estabilidad de taludes y la competencia de la roca. Por lo general se presentan de ligera a moderadamente meteorizadas, dando lugar a la formación de suelos arenosos y grayosos. Las alteraciones se manifiestan principalmente por soluciones hidrotermales a través de fracturas. En estado inalterado son resistentes, constituyendo materiales apropiados para cimentación. Sin embargo no debe perderse de vista que pueden presentarse asociados o interestratificadas con materiales más blandos entre las capas duras.



Por otra parte, es común que las areniscas de edad carbonífera sean menos competentes, debido tanto a su granulometría media a gruesa como a su carácter zacaroide, con mayor tendencia a la disgregación.

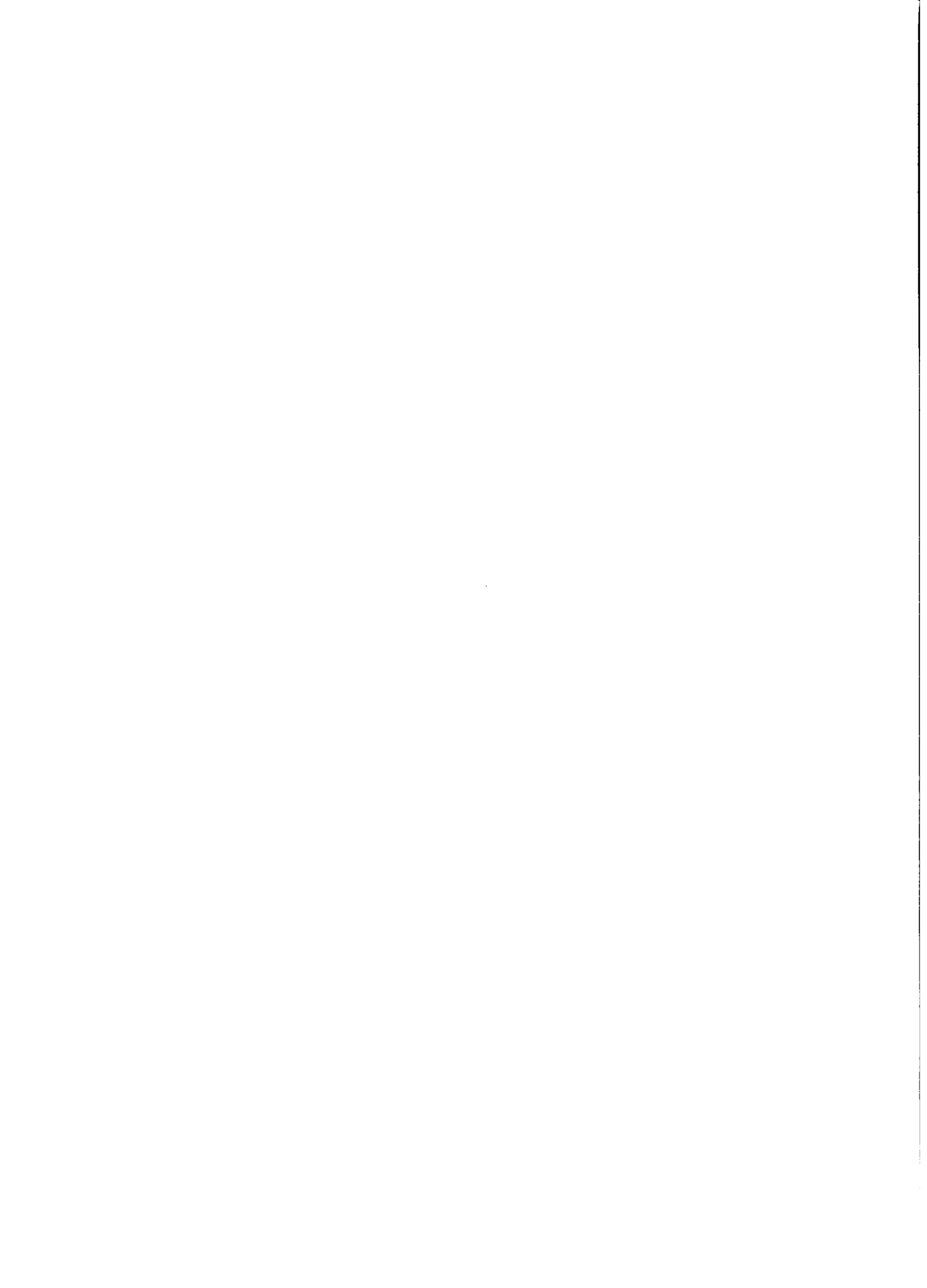
Las cuarcitas, que son de origen sedimentario o metamórfico, constituyen algunas de las rocas más estables y de mejor aptitud de uso ingenieril. Se presentan estratificados y son de grado fino, siendo común su cementante silice. Prácticamente sólo el grado de intensidad de las discontinuidades geológicas (grado de fracturamiento) podrían constituir un factor limitante en relación al fin a que se les destinen. Por lo general se encuentran ligeramente meteorizadas en superficie, siendo de carácter muy resistente.

Las calizas son de grano muy fino, estando constituidas esencialmente por carbonato de calcio. En ciertos casos puede aparecer brechificada o contener un cemento arcilloso, controlando, las discontinuidades geológicas, la estabilidad de sus taludes. Es posible que presenten cavernas de diversas magnitudes, muchas veces no visibles desde la superficie. Por lo general, las calizas son muy resistentes y constituyen un buen material de cimentación a menos que sea cavernosa, en cuyo caso puede esperarse la ocurrencia de importantes filtraciones bajo la cimentación de la presa.

Las margas, por lo general, no presentan planos de estratificación o discontinuidades bien definidas. Están constituidas por partículas finas del tipo arcilla con cierto contenido de carbonato de calcio, se meteorizan fácilmente y los efectos de erosión sobre ellas son muy notorios. Por lo general, son rocas de naturaleza blanda y cuando están alteradas se comportan como suelos.

a.4) Rocas Mesozoicas y Cenozoicas

Predominan areniscas, conglomerados y arcillitas. En los sedimentos cretácicos existen concentraciones de calizas y margas.



Las areniscas cretácicas y terciarias en gran parte son de grano medio a grueso. También las hay feldespáticas como de cemento ferruginoso. En general, presentan una competencia media, poseen un peso específico relativamente bajo y un alto grado de absorción. Son medianamente resistentes a resistentes, siendo de buena calidad para fundaciones aunque pueden ser permeables provocando pérdidas de agua por infiltración.

No es raro encontrar, sobre todo en la parte superior del terciario, areniscas de grano fino con cementante arcilloso que disminuyen su competencia respecto a las anteriores, siendo más frecuente por otra parte la intercalación con arcillitas.

Los conglomerados están constituidos por materiales granulares gruesos a finos en un medio cementante. Sus propiedades de ingeniería dependen del material cementante como del grado de meteorización.

Las arcillitas son algo similares a las margas en sus propiedades geotécnicas. Están constituidas, principalmente, por arcillas sometidas a cierto proceso de consolidación natural. Si bien se encuentran estratificadas no presentan la fisilidad o laminación de las lutitas. Por procesos alternativos de humedecimiento y secado dan lugar a suelos arcillosos, siendo por lo general de resistencia blanda a muy blanda. La estabilidad de sus taludes está controlada más por la naturaleza débil de la roca que por las discontinuidades geológicas.

Las calizas y margas cretácicas y terciarias poseen características similares a las ya descritas dentro de las rocas paleozoicas.

b) Características Generales de Suelos.

Los suelos para fines de investigación geotécnica para presas, se identifican de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, requiriéndose de ensayos de laboratorio para la determinación de sus propiedades físico-mecánicas.



Sin embargo, la clasificación de los depósitos de suelos, por su origen geológico, proporciona un marco general de referencia adecuado que facilita las investigaciones posteriores. Como sería largo enumerar las propiedades generales de los grupos de suelos, identificados de esta manera, se ha optado por dar una referencia de ciertos aspectos dinámicos como de adaptabilidad de uso.

Los suelos en general tienen menor grado de consistencia que las rocas, aún frente a las más blandas y se encuentran sometidos a procesos más intensos de erosión e inestabilidad potencial de taludes. Sus propiedades como materiales de fundación deben ser investigadas en cada caso en particular debido a su mayor heterogeneidad lateral como vertical.

Los fenómenos dinámicos de cambio del tipo erosión e inestabilidad de taludes se desarrollan con mayor frecuencia en zonas de relieve fuerte sobre materiales poco consolidados provistos de finos que constituyen riesgos naturales potenciales para las obras de ingeniería.

Los depósitos de suelos situados en relieves abruptos o de expresión morfológica fuerte son los del tipo Qmo, Qco, algunos Qrs y Qfg, en los que se desarrollan por erosión fluvial intensa una serie de escarpes, cárcavas y cañadones, incluso muy profundos, de paredes verticales.

Los depósitos del tipo Qfa, Qfl y Ql forman llanuras o planicies ligeramente inclinadas y terrazas bajas extensas disectadas o cortadas por cursos fluviales con erosión de las paredes laterales.

Los depósitos Qfp y Ql presentan riesgos de inundaciones periódicas en crecidas de los ríos principales o lagos.

En cuanto a la adaptabilidad de uso como materiales de construcción de estos depósitos, se pueden dar los siguientes lineamientos generales: los depósitos de suelos de los tipos Qaa, Qfg y algunos del tipo Qfp previo proceso de selección pueden constituirse en fuentes potenciales de préstamo para agregados. De estos depósitos, más los del tipo Qmo, (sometido a selección y/o chancado) se pueden extraer materiales para escollera.



Las fuentes potenciales de núcleo impermeable están dadas por los depósitos del tipo Q1, Qf1 y algunos Qrs.

Para terraplenes pueden utilizarse prácticamente todos, a condición de que no contengan materiales orgánicos. Sin embargo los del tipo Q1, Qf1 y Qrs de carácter plástico deben ser utilizados con cuidados especiales.

2.2.5 Hidrogeología

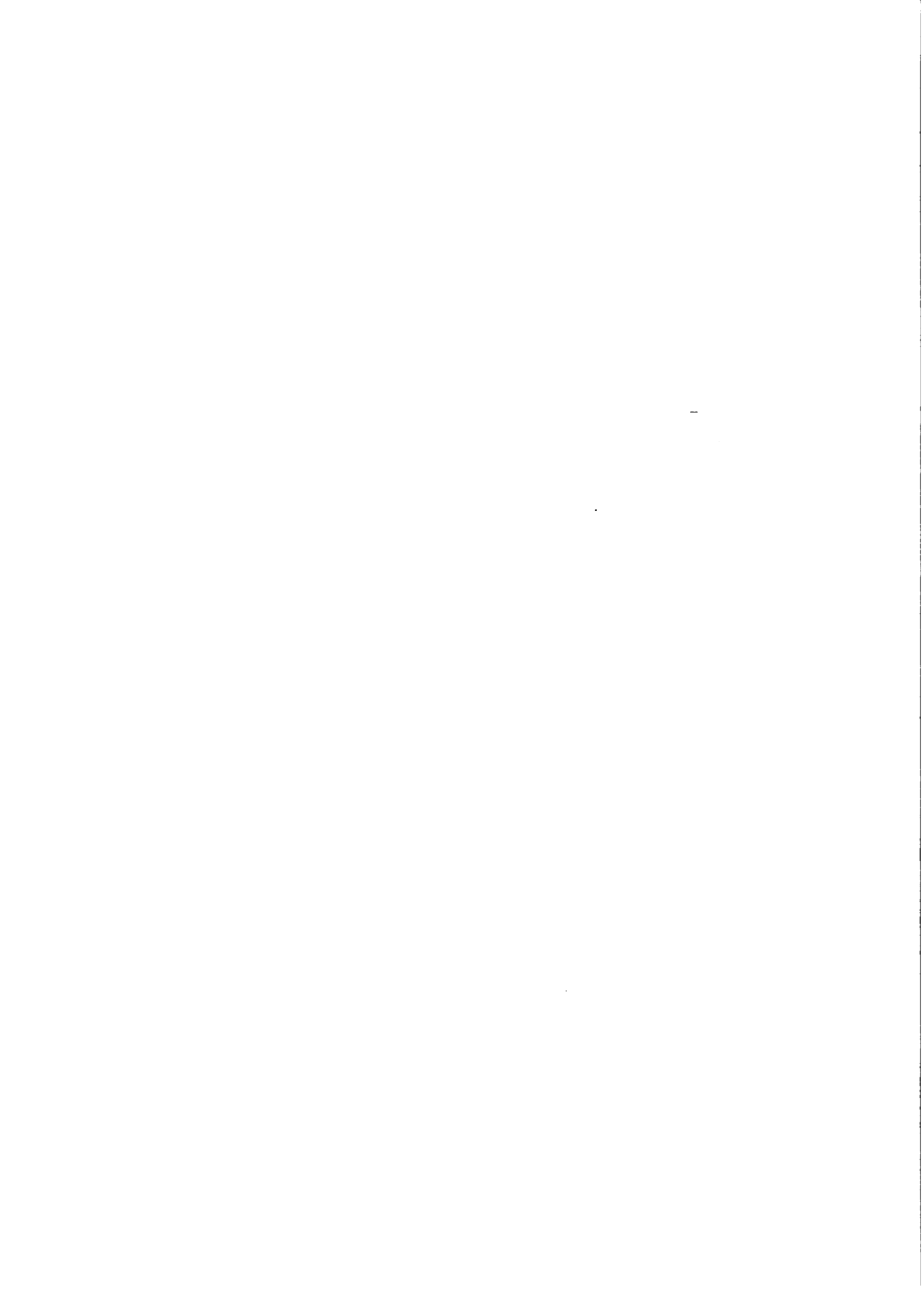
La vertiente del Altiplano es una unidad hidrológica cerrada donde la descarga de la escorrentía superficial se produce en los Lagos Titicaca, y Poopó, y en los Salares de Uyuni y Coipasa, principalmente.

Desde el punto de vista hidrogeológico, las rocas aflorantes, debido a su naturaleza y pendientes topográficas, pueden ser consideradas como impermeables y sin posibilidades de acumulaciones significativas de aguas subterráneas, aunque algunas rocas permeables, bajo condiciones especiales, podrían constituirse en acuíferos de importancia relativa.

Las discontinuidades geológicas que afectan a las masas rocosas les dan un cierto grado de permeabilidad secundaria facilitando el escurrimiento del agua a través de las mismas, aspecto de gran importancia en proyectos de presas, debido a las fuertes pérdidas potenciales, por infiltración que pueden originar. En ciertos casos existen descargas naturales concentradas a través de fisuras, como por ejemplo en Cala Cala, Oruro, donde se captan alrededor de 30 lt/seg. en cuatro vertientes destinadas al consumo de agua potable de la ciudad.

Los depósitos cuaternarios que rellenan la fosa tectónica del Altiplano no presentan condiciones favorables para la acumulación de aguas subterráneas, teniendo lugar, los materiales de mayor permeabilidad relativa, la infiltración y acumulación de parte del agua de precipitación pluvial, como fuente de recarga natural, dando lugar a la formación de embalses subterráneos de diferente magnitud.

Estos embalses no forman unidades homogéneas y más bien están constituidos por diferentes niveles acuíferos que alternan con materiales



semipermeables e impermeables debido al regimen de deposición de los materiales cuaternarios.

En la Vertiente Cerrada se pueden identificar diversos embalses subterráneos potenciales, que de Norte a Sur los denominan como embalses del Altiplano Norte (Región del Lago Titicaca-Patacamaya), Tiahuanacu, Jesús de Machaca (situado entre las poblaciones del Desaguadero y Calacoto), del Lago Poopó, de los Salares de Coipasa y Uyuni.

Los tres embalses mencionados en primer término contienen aguas de buena calidad desmejorando, posiblemente, en el de Jesús de Machaca, especialmente en su extremo Sur Este, entre Nazacara y Calacoto, por la abundancia de diápicos de yeso del sector.

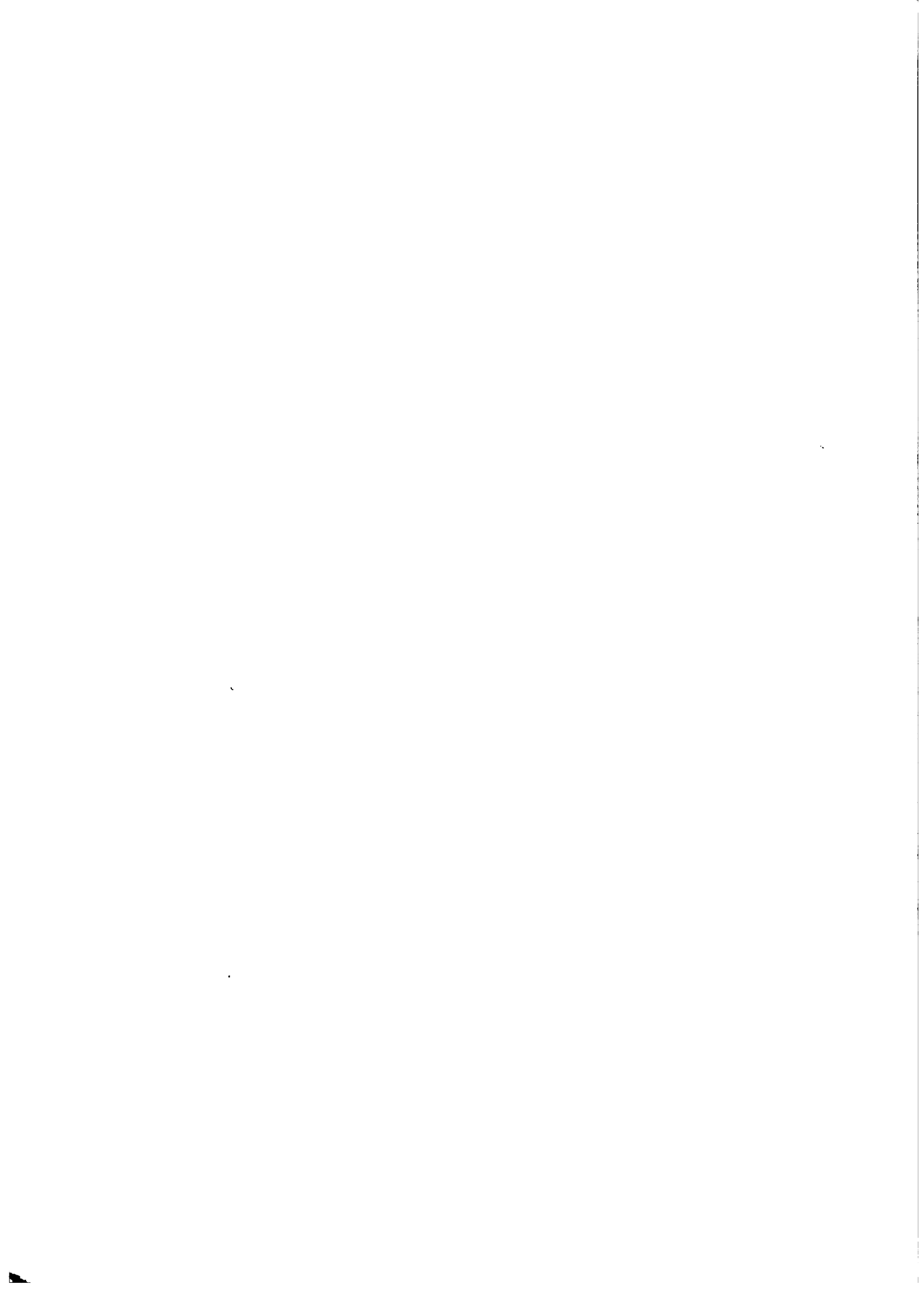
Las aguas subterráneas entre Caracollo y Oruro poseen mayor grado de mineralización y dureza respecto a las del Norte pero siendo aún aptas para uso potable y agrícola. Sin embargo la mineralización debe elevarse en las inmediaciones del Lago Poopó así como en los Salares de Coipasa y Uyuni. Desde el punto de vista de la calidad, existirían mejores condiciones de aprovechamiento en los sectores próximos a las zonas de alimentación ubicadas en las proximidades de las serranías.

Lo mismo puede decirse respecto a la salinidad de los suelos ya que debido a su origen y a las condiciones geológicas que prevalecieron en la zona, seguramente existirán concentraciones mayores a medida que los suelos se alejen de la Ciudad de Oruro y se aproximen al Lago Poopó y Salares de Coipasa y Uyuni.

El Proyecto de Aguas Subterráneas del Altiplano Boliviano, GEOBOL-NN.UU., ha realizado las mayores investigaciones hidrogeológicas dentro de la Vertiente Cerrada. Del respectivo informe se extractan los siguientes datos principales:

a) Subcuenca de Achacachi,

Tiene una extensión de 585 km² y descarga sus aguas hacia el Lago Titicaca. El área más favorable corresponde a la parte Sur Este de la



subcuenca. Los acuíferos potencialmente explotables se encuentran hasta a profundidades máximas de 120 a 160 m. La recarga media anual del embalse es de aproximadamente $16 \times 10^6 \text{ m}^3$.

La transmisibilidad es del orden de 300 m²/día, el coeficiente de almacenamiento de 2.3×10^{-3} y la capacidad específica de 1.85 lt/seg/m para el área favorable de 5.5 km².

Manteniendo una separación de 3 km. entre pozo y pozo a fin de evitar una interferencia excesiva, se pueden perforar siete nuevos pozos con un caudal de producción de $2.78 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.

b) Subcuenca de Peñas.

Se encuentra conectada con la subcuenca de Achacachi por medio del angosto valle del Río Keka. La parte Oeste, más baja de la subcuenca, tiene mejores condiciones de explotación de aguas subterráneas en un área de 58 km². En el conjunto se trata de un acuífero libre que tiene un espesor promedio de 85 m. con una recarga media anual de $3.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ a $3.5 \times 10^6 \text{ m}^3$. El acuífero se encuentra completamente saturado y en parte descarga en superficie generando zonas de inundación.

La transmisibilidad es de 100 m²/día, el coeficiente de almacenamiento es de 10^{-2} , la capacidad específica es de 0.5 lt/seg/m y la producción máxima por pozo sería de 10 a 12 lt/seg durante 20 horas al día.

Considerando un radio de influencia de 1,000 m., pueden ubicarse 16 pozos en el área favorable que producirían $1.6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.

c) Subcuenca Pucarani.

La subcuenca Pucarani es la más extensa de las investigadas, extendiéndose desde el Lago Titicaca, pasando por Batallas, hasta el área de Calamarca. El potencial de recarga media anual es de $60.3 \times 10^6 \text{ m}^3$. Se determinaron en ella, dos zonas favorables para la explotación de aguas subterráneas, denominadas zonas Pucarani y Viacha.

La zona Pucarani abarca una superficie favorable de 162.5 km² y se extiende desde Batallas hasta Laja. La transmisibilidad es de 238 m²/

día, su coeficiente de almacenamiento de 6.2×10^{-4} , y su capacidad específica de 1.25 lt/seg/m., con un máximo de producción por pozo de 31.25 lt/seg. El radio de influencia efectivo para determinar el espaciamiento de pozos es de 2,000 m. Con ello se pueden perforar 14 pozos cuya producción sería de 3.5×10^6 m³/año.

La zona favorable de Viacha tiene una extensión de 70 km² y se extiende desde Viacha hasta las proximidades de la localidad de Irpa Chico. El coeficiente de transmisibilidad es de 387 m²/día, el coeficiente de almacenamiento de 4.4×10^{-3} , la capacidad específica es de 2.0 lt/seg para un abatimiento disponible de 40 m. Aceptando una interferencia de 1.5 m el espaciado entre pozos sería de 2,000 m entre sí. Con ello se pueden perforar 19 pozos y la producción de los mismos sería de 6.3×10^6 m³/año.

Fuera de las áreas favorables puede obtenerse agua subterránea en pequeña cantidad con caudales de producción por pozo del orden de 6 lt/seg.

d) Subcuenca Catari.

En esta subcuenca se han detectado dos acuíferos confinados. La dirección general del flujo subterráneo es hacia el Nor Oeste descargando sus aguas al Lago Titicaca. El potencial de recarga es de aproximadamente 85×10^6 m³/año.

En la parte Norte de la cuenca Catari y a lo largo del borde Norte de las serranías terciarias que separan las cuencas de Catari y Tiahuanacu, existe una zona favorable para el desarrollo de aguas subterráneas denominada zona Lacaya. La transmisibilidad en esta zona es de 469 m²/día, el coeficiente de almacenamiento de 2.7×10^{-7} , la capacidad específica de 2.0 lt/seg/m. y el caudal de producción máximo por pozo es de 38 lt/seg., siendo posible perforar en el área 4 pozos con separación de 4,000 m entre sí.

En la zona Sur de la cuenca Catari se ha determinado un área favorable, larga y angosta situada entre Chacoma e Ilata. Al Norte de esta área, la capacidad específica es de 2.5 lt/seg/m. con un caudal



máximo por pozo de 80 lt/seg. En la zona Sur la capacidad específica es de 0.6 lt/seg/m., con una capacidad de producción máxima de 12 lt/seg. para un abatimiento disponible de 20 m. Sobre esta base se puede ubicar un pozo en la zona Norte y tres en la Sur.

e) Subcuenca Tiahuanacu.

En el embalse subterráneo de Tiahuanacu prevalecen condiciones artesianas. El potencial de recarga anual es de 7.6×10^6 m³; la transmisibilidad de 235 m²/día y el coeficiente de almacenamiento es de 8.4×10^{-5} . La capacidad específica fue determinada en 0.7 lt/seg/m, y la máxima producción por pozo en 28 lt/seg. Se podrían perforar seis pozos con una producción total de 1.2×10^6 m³/año. La calidad del agua subterránea es buena y llena todos los requisitos necesarios para consumo humano y riego. Sólo dentro del área de 2 km de la costa del Lago Titicaca, y hasta 40 m de profundidad, se encuentran aguas de mayor mineralización y ligeramente saladas.

f) Subcuenca Oruro.

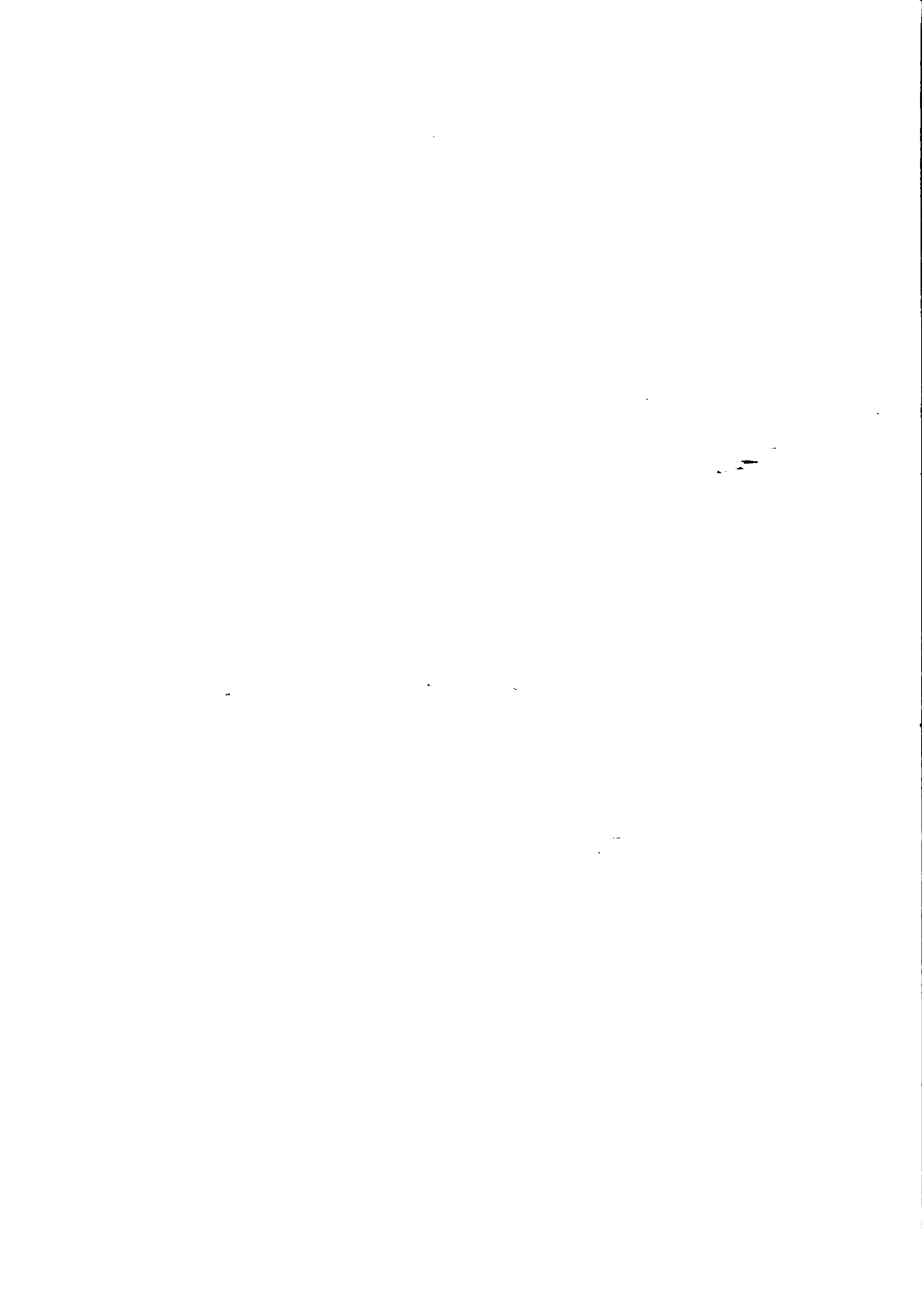
La subcuenca de Oruro está limitada por Caracollo, Paria, Oruro y Vinto. Los acuíferos ubicados en ella presentan carácter confinante. Se pueden diferenciar dos embalses subterráneos extendiéndose, el principal, desde Caracollo hasta las proximidades de Oruro y el segundo entre Oruro y Vinto.

Entre Caracollo-Oruro la transmisibilidad varía entre 120 m²/día y 704 m²/día y entre Oruro y Vinto fluctúa entre 180 y 300 m²/día. El coeficiente de almacenamiento oscila entre 3×10^{-4} y 3×10^{-8} y la capacidad específica entre 1.3 y 2.5 lt/seg/m, fluctuando el caudal máximo de producción, entre 20 y 35 lt/seg.

La calidad química del agua subterránea se encuentra dentro de las normas exigidas para uso como agua potable y de riego.

g) Posibilidades de Uso en Riego.

Desde el punto de vista hidrogeológico, existen posibilidades de riego con aguas subterráneas, las que, no obstante no siempre se encuen-



tra en las zonas favorables para cultivo. Por otra parte, al presente, no se cuenta con experiencia sobre el uso y costos del agua subterránea en riego.

En el Cuadro 2.2.4 se proporciona un resumen sobre la disponibilidad potencial de aguas subterráneas para riego.

En la subcuenca de Achacachi si bien podrían perforarse siete pozos de producción por disponibilidades de tierras aptas para cultivo, en el área favorable para explotación de aguas subterráneas, sólo dos podrían destinarse al riego de una extensión equivalente a 255 hectáreas.

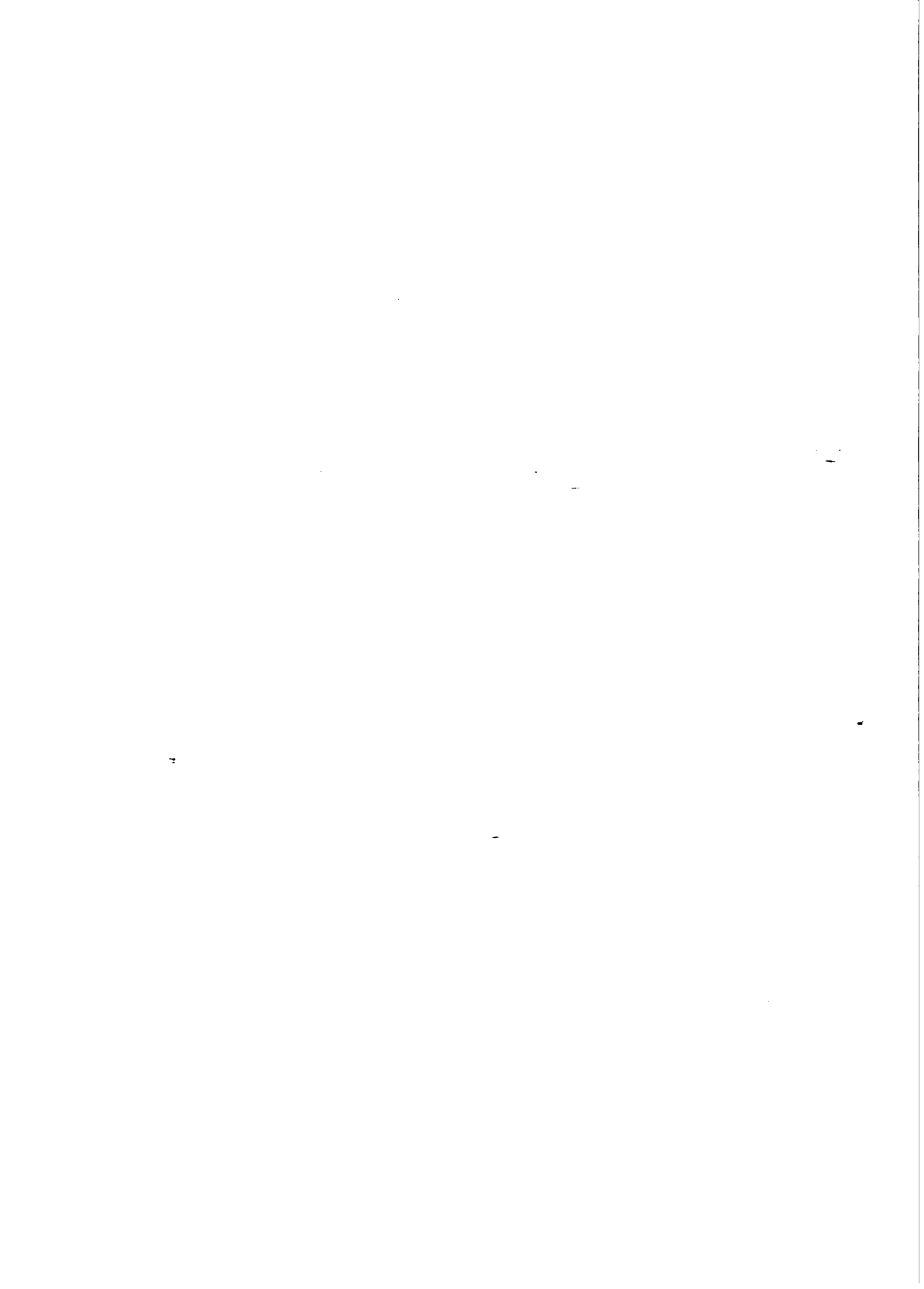
En la subcuenca de Peñas se podrían perforar 16 pozos con una capacidad de producción real de 10 a 12 lt/seg por pozo durante 20 horas al día. Empero, el estudio de clasificación de tierras ha revelado que en la subcuenca de Peñas no existen tierras adecuadas para el riego debido, principalmente, al nivel freático alto.

En la subcuenca Pucarani, de acuerdo al estudio de tierras, sólo una parte de la zona Batallas - Laja posee suelos irrigables para los que sólo serían necesarios diez de los catorce pozos que pueden ser productivos desde el punto de vista hidrogeológico y a fin de irrigar un área máxima de 540 ha.

En la zona de Viacha, dada la extensión de tierras irrigables los diez y nueve pozos proyectados pueden destinarse al riego. La máxima superficie que puede regarse en esta zona es de 1,368 ha.

En las subcuencas de Catari y Tiahuanacu existen áreas aptas para irrigación siendo, en estos casos el factor limitante la cantidad de recursos de aguas subterráneas que pueden ser explotados.

En la subcuenca de Oruro en la actualidad se explotan pozos con una capacidad total de 85 lt/seg, en el área de Challapampita y próximamente entrará en funcionamiento un nuevo campo de pozos, en Challapampa, con una capacidad de producción adicional del orden de 300 lt/seg que darán solución al déficit de agua actual de la ciudad. Se prevé que las disponibilidades de agua del embalse subterráneo serán destinados al uso municipal e industrial.



CUADRO N° 2.2.4 (CONT.)

Cuenca y Clase de Tierra	N° de Pozos Perforables	Producción Anual (en m3)	N° de Pozos Utilizables para Riego	Producción Anual de Pozos Utilizables (m3)	Area Regable (Ha)		Observaciones
					Cosechas Anuales	Pastos	
Zona Ilata (Catari Sur)							
Tierras de buena adaptabilidad	1	298,080	1	298,080	64	39	
Tiahuanacu	6	1,192,320	6	1,192,320	259	150	
Total, Altiplano Nor-	70	16,582,097	60	13,503,423	2,942	1,426	
<u>Oruro</u>							
Al Norte de la ciudad	3	1,892,160	-	-	-	-	Para uso municipal e industrial.
Al Este de la ciudad	1	630,720	-	-	-	-	
Total	74	19,104,977	-	-	-	-	

FUENTE: Proyecto de Aguas Subterráneas del Altiplano, GEOBOL - NN.UU.

CUADRO N° 2.2.4

NUMERO DE POZOS PERFORABLES, POZOS UTILIZABLES Y AREAS REGABLES

Cuenca y Clase de Tierra	N° de Pozos Perforables	Producción Anual (en m3)	N° de Pozos Utilizables para Riego	Producción de Pozos Utilizables (m3)	Área Regable (Ha)		Observaciones
					Cosechas Anuales	Pastos	
<u>Achacachi</u>	7	2,780,000	2	794,286	173	82	
Tierras de moderada adaptabilidad.							
<u>Peñas</u>	16	1,589,760	16	1,589,760	350	101	Riego en la zona de Huarina.
Tierras de buena adaptabilidad.							
<u>Pucarani</u>							
Zona Pucarani (Zona A)	14	3,477,600	4	993,600	216	112	
Tierras de buena adaptabilidad							
Tierras de moderada adaptabilidad	-	-	5	1,242,000	270	140	
Combinación de ambas	-	-	1	248,400	54	28	
Zona Viacha (Zona B)	19	6,286,507	19	6,286,507	1,368	651	
<u>Catari</u>							
Zona Lacaya (Catari Norte)							
Tierras de buena adaptabilidad	4	659,750	4	659,750	144	102	
Zona Chacoma (Catari Sur)							
Tierras de buena adaptabilidad	3	298,080	2	198,720	44	21	

2.3 Suelos

2.3.1 Introducción

El presente diagnóstico del recurso suelo forma parte de la evaluación integral de los recursos de la Vertiente Cerrada, siendo sus objetivos principales los siguientes:

- La descripción e identificación de las diferentes unidades morfopedológicas que comprende la Vertiente Cerrada.
- La calificación y cuantificación del recurso edáfico con el objeto de conocer la distribución espacial de las asociaciones edáficas a nivel de suborden (de acuerdo al Sistema de la 7a. Aproximación U.S.).
- La clasificación de los suelos existentes, en base a su aptitud para el riego, con el objeto de estimar las superficies de tierras, en base a sus características agroecológicas.

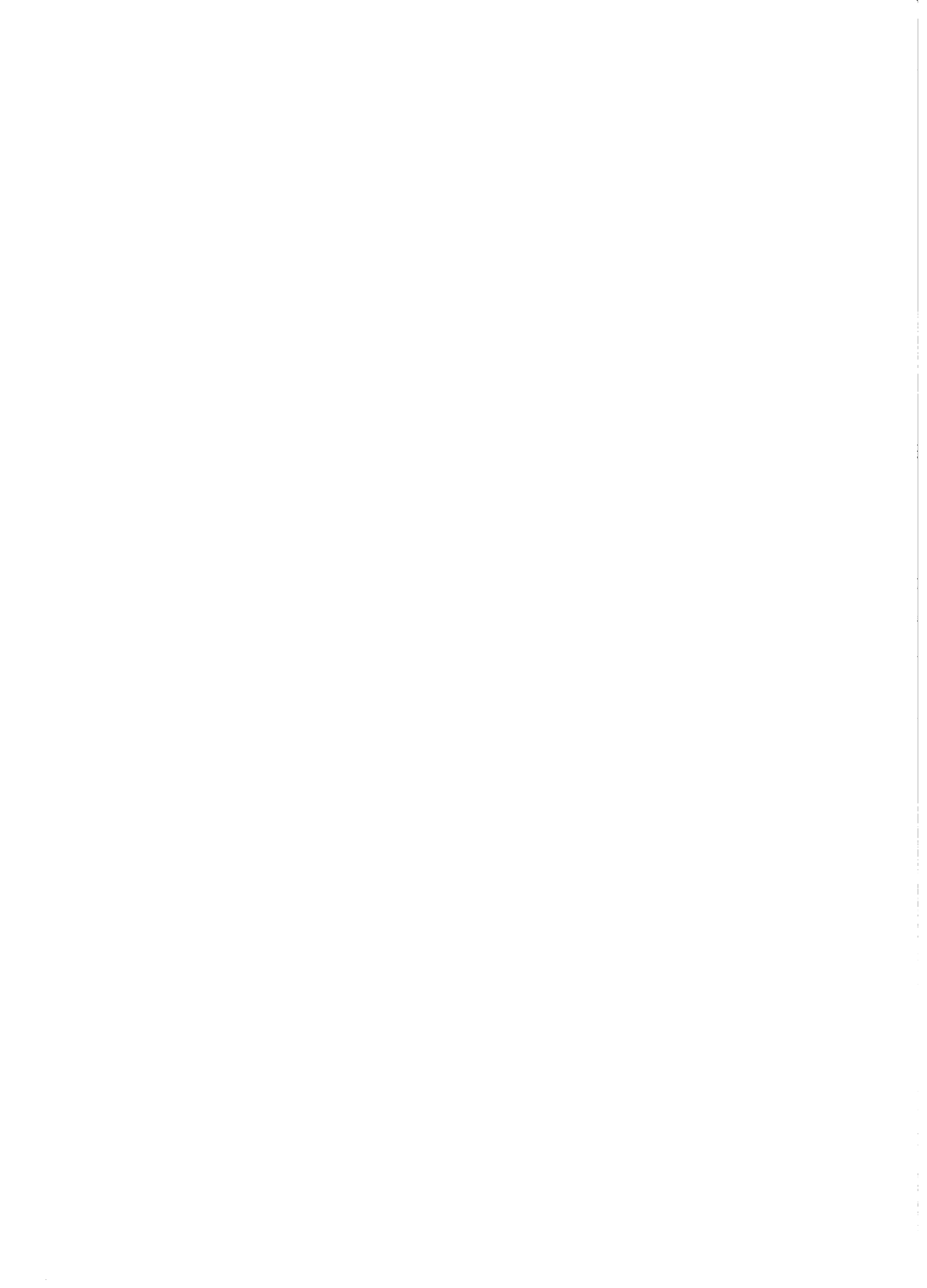
Para llevar a efecto esta evaluación ha sido utilizada la información existente, la cual se refiere básicamente a aspectos geológicos, ecológicos y uso actual de la tierra, se dispuso también del estudio denominado Sistemas de Tierra, y de información edafológica existente dentro del ámbito de la Vertiente Cerrada y como complemento se dispuso de las observaciones de campo realizadas durante los viajes de reconocimiento a diferentes lugares comprendidos dentro de ésta.

2.3.2 Metodología y Criterios Determinantes

La secuencia metodológica empleada ha sido la siguiente:

Fase Preliminar.

En base a la información geológica de la Vertiente Cerrada, y a criterios geomorfológicos y pedológicos, se confeccionó un mapa base de suelos, identificándose y delimitándose las unidades morfopedológicas. Este mapa base se elaboró a la escala 1:1,000,000.



Fase de Revisión Bibliográfica.

Dentro de esta se procedió a la evaluación de la información derivada del Mapa Ecológico de Bolivia, Mapa de Uso Actual de la Tierra, Mapa de Sistemas de Tierra y la Información Edáfica proveniente de los estudios de suelos que se hallan considerados dentro del ámbito de la Vertiente Cerrada. Mediante esta evaluación se ha identificado y delimitado, tentativamente, zonas agroclimáticas diferentes.

Fase de Elaboración del Informe y Mapa de Suelos.

En base a la información derivada de las características litológicas, climáticas, relieve, granulometría, profundidad del suelo, condiciones de drenaje, fueron clasificadas las diferentes unidades morfopedológicas en diferentes asociaciones, de clases de aptitud para el riego y de capacidad de uso mayor. Asimismo se preparó una clasificación taxonómica de acuerdo a la 7a. Aproximación U.S., a nivel de asociación de subórdenes.

Para la confección del mapa de suelos se tomó, como base cartográfica, el mapa tentativo que delimita las diferentes unidades morfopedológicas del mapa preparado a escala 1:1,000,000.

2.3.3 Características Geomorfológicas de la Vertiente Cerrada.

Para llevar a cabo la evaluación geomorfológica de la Vertiente Cerrada se ha tomado en consideración, básicamente, el mapa geológico elaborado por el equipo técnico IICA-MACA. En este mapa base se han identificado once unidades morfopedológicas pertenecientes al cuaternario y seis grupos o asociaciones de rocas pertenecientes a formaciones más antiguas, las cuales se caracterizan detalladamente en el Cuadro 2.3.1.

Cada una de estas unidades morfopedológicas han sido descritas en base a ciertos parámetros naturales que tipifican las características del medio donde se presentan. Es necesario remarcar que, siendo la información consultada de carácter general, y la escala de presenta-

ción del mapa muy pequeño, la caracterización de cada una de estas unidades es aproximativa ya que dentro de ellas se incluyen variantes ecoedáficas que crean un patrón de variabilidad ambiental.

a) Unidades Morfopedológicas.

Para la identificación y nominación de estas unidades se ha tomado como base el mapa geológico de la Vertiente Cerrada, habiéndose especificado el tipo de formación mediante un prefijo fisiográfico.

b) Características Ecogeográficas.

Para la descripción de las características ecogeográficas se han tomado en consideración los siguientes parámetros: localización aproximada, su altitud promedio, formación vegetal dominante (conforme al mapa ecológico de Bolivia), topografía, clima y otras observaciones necesarias que tipifican a cada unidad.

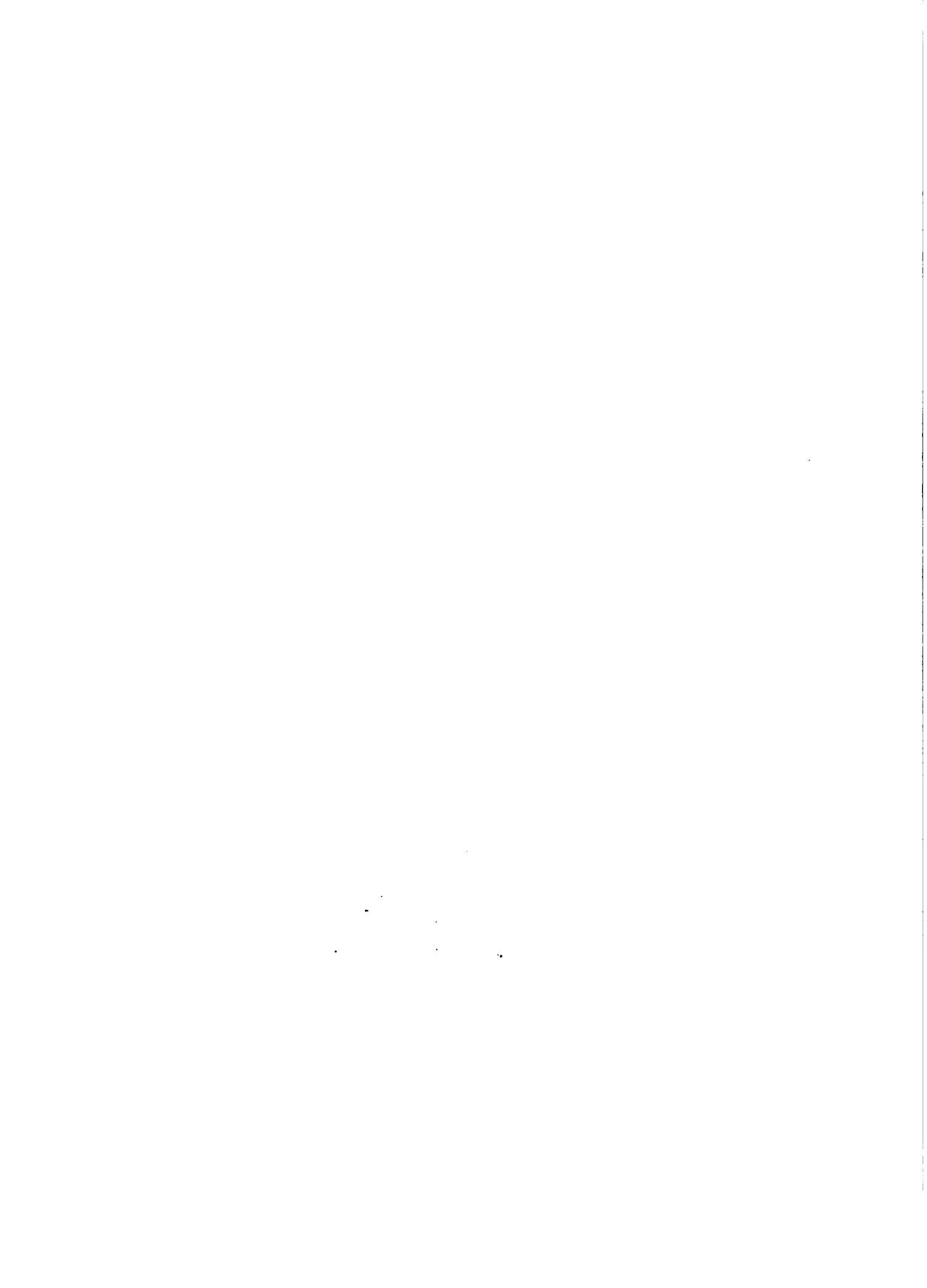
c) Litología.

Básicamente han sido descritas las características granulométricas de las formaciones superficiales cuaternarias y el tipo de roca o asociación de rocas dominantes en cada unidad morfopedológica, así como sus características texturales.

2.3.4 Caracterización Edáfica de las Unidades Morfopedológicas

Para llevar a cabo la caracterización edáfica de cada una de las unidades morfopedológicas, se han revisado algunos estudios de suelos efectuados dentro de la Vertiente Cerrada, correlacionándose además las características ecológicas, litológicas y de pendiente, del medio donde se hallan distribuidas estas unidades.

Dentro de cada unidad morfopedológica, se incluyen suelos que difieren inclusive a nivel de suborden (según el sistema de la 7a. Aproximación U.S.). Es por ello que en la descripción pedológica sólo se han considerado las propiedades más sobresalientes de los suelos dominantes, tales como: profundidad efectiva, granulometría, drenaje, reacción, etc.



En el Cuadro 2.3.1, correspondiente a la caracterización morfopedológica de la Vertiente Cerrada, se ha incluido una columna denominada "Limitaciones de Uso", en la cual se señalan los factores limitantes más notorios que tendría cada unidad morfopedológica desde el punto de vista de utilización del suelo.

2.3.5 Clasificación Edáfica

En base a las características ecográficas, litológicas y pedológicas de cada unidad morfopedológica, se ha efectuado la integración de éstas dentro de tres sistemas diferentes de clasificación: un sistema taxonómico o natural y dos sistemas aplicados a determinados fines prácticos de uso del suelo y que son su aptitud para el riego y su capacidad de uso mayor.

a) Clasificación de los Suelos de Acuerdo al Sistema de la 7a. Aproximación U.S.

El objeto de clasificar los suelos identificados en una zona determinada, dentro de un sistema taxonómico natural es ayudar a recordar las características significativas de los suelos, para ver las relaciones recíprocas con su medio ambiente y establecer grupos o sub divisiones de los individuos bajo estudio en una manera útil para propósitos prácticos aplicativos tales como: identificar su mejor uso, estimar su productividad y predecir su comportamiento.

En base a la evaluación de las características ecogeográficas (clima, ecología, posición, relieve, altitud, etc.) litológicas y pedológicas de cada unidad morfopedológica, éstas han sido correlacionadas con aquellas definidas en el Sistema Internacional de Clasificación de la 7a. Aproximación publicado en el Soil Taxonom, (1976).

Este sistema considera seis categorías o niveles: orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y serie.

El presente estudio incluye la clasificación de las unidades morfopedológicas a nivel de asociación de subórdenes conforme se detalla en el Cuadro 2.3.1.

CUADRO Nº 2.3.1 - CARACTERIZACIÓN MORFOEOLÓGICA DE LA VERTIENTE CERRADA

Unidades Morfoeológicas	Símbolo	Características Ecosistémicas	Litología o Material Original	Características Pedológicas	Limitaciones de Uso	Clasificación			
						Tamponada	Aplicidad para el Riesgo	Capacidad de Uso Mayor	Capacidad de Uso
Curvas de Inmadurez y Depresiones	Q ₉	Esta unidad se halla dominada en los Salares de Dyuani, Colpasu y Norte de Onuro. Altitud Promedio: 4,000 m.s.n.m. Vegetación: Hierbática Ecología: Destierro montano y matorral desértico semiarido, templado. Pendiente: Ligero a inclinada (2-7%) a plana (0-2%).	Horizontes finos en áreas del talud y crestas de inundación; moderadamente gruesos y gruesos en zonas de divagación y destierro de ríos secundarios.	Suelos superficiales de granujal pobre, azulado con problemas de salinización. Textura fina, desmenuzadamente alcalinos. Suelos de evolución embrionaria.	- Drenaje pobre. - Salinidad severa. - Escasa precipitación y frecuencia de heladas y suelos superficiales. - Inundación periódica.	Agüetas-Fluviales-Orchids-Aguetas.	5 _{su} - 6 _{su}	P ₂ - I	V-VIII
Conos Aluviales	Q ₈	Se localiza alrededor de Dyuani principalmente. Pendiente: Inclinada (7-12%) a ligeramente inclinada (2-7%). Altitud: 4,000 m.s.n.m. Ecología: Destierro montano templado. Vegetación: Hierbáceas de baja cobertura.	Horizontes moderadamente gruesos y gruesos, presentando una estructura del tipo a la base del cono.	Suelos su y texturas a moderadamente gruesos, con problemas de salinización y contenido orgánico y dominante alcalinos; drenaje moderadamente bueno. - Suelos de moderada evolución.	Exceso de materiales gruesos finos y dentro del perfil, bajo índice de fertilidad. Clima: Árido y frío; ligeros problemas de salinidad.	Fluviales-Orcheps.	4 _{st} - 5 _{st}	A ₃ - P ₂	IV - VI
Diplazas Coluviales	Q ₇	Se distribuyen por todo el Altiplano. Pendiente: Varía entre 7% a más de 25%. Drenaje interno bueno y el externo depende de la pendiente y la cobertura vegetal. Vegetación: Dominantemente herbáceas. Altitud: 4,000 m.s.n.m.	Horizontes de granujal, verdadera dependencia del material litológico de donde se originan y del tipo de diámetro.	Suelos superficiales a moderadamente profundos, textura variable y con frecciones moderadamente bueno. Susceptibles a la erosión hídrica. - Suelos de moderada evolución.	Pendiente excesiva. Susceptibilidad a la erosión hídrica. Excesiva pedregosidad.	Orcheps	5 _{st} - 6 _{st}	F ₂ - A ₃	VII - IV
Glaciés	Q ₆	Esta formación se localiza predominantemente entre el Salar de Colpasu y el Lago Poob. Ecología: Matorral desértico montano templado Clima: Árido y frío. Vegetación: Hierbática. Pendiente: 7-12%. Altitud: 3,900 m.s.n.m.	Horizontes predominantemente finos, arenosos, limos y arenas finas, derivados del transporte con una diámetro de glaciés de las formaciones liticas, predominantemente texturas y erráticas de grano fino.	Suelos superficiales a profundos, textura media a moderadamente fina, gruesa superficial. Drenaje moderadamente bueno, presentan una erosión laminar generalizada debido a la escasa cobertura vegetal. Pueden presentar acumulaciones de conchas volcánicas. - Suelos de evolución diferencial debido a las diferencias del relieve y clima.	- Susceptible a la erosión hídrica. - Clima: Árido y frío. - Baja fertilidad natural. - Reacción ligeramente alcalina.	Fluviales-Orcheps-Aguetas	4 _{st} - 5 _{st} - 6 _{st}	A ₃ - P ₂ - I	IV-VI-VIII
Planicies Fluvio-Aluviales	Q ₅	Altitud promedio: 3,500 m.s.n.m. Ecología: Es muy variada y abarca la formación bosque húmedo, montano subtropical hasta el destierro montano templado. Se halla dominando las zonas de Patacamy, Huacacalle, Vialcha, Tahuacachi y alrededores de Dyuani. Vegetación: Noña, festuca, ichu y cultivos aborígenes. Clima: Variable pero generalmente frío. Pendiente: Casi plana (0-2%) y ligeramente inclinada (2-7%). Algunos áreas son susceptibles a inundaciones periódicas originadas por el Río Desapadero.	Horizontes finos y moderadamente gruesos con inclusiones de gruesos y crestas en algunas áreas predominantemente fluviales.	Suelos profundos a moderadamente profundos, textura fina, drenaje bueno. Dentro de esta unidad se incluyen suelos con problemas de drenaje y salinidad, especialmente en áreas cercanas al Río Desapadero y Salar de Dyuani. La reacción de los suelos varía de neutra a moderadamente alcalina; presentan una evolución moderada a restringida. Procesos pedológicos predominantemente de evolución superficial generalizada, salinización, acumulación hídrica localizada.	- Textura pesada. - Drenaje pobre. - Salinización susceptible a inundaciones. - Clima: Frío y árido en algunas áreas del Sur.	Fluviales-Aguetas-Archids-Zerolls.	4 _{st} - 5 _{st} - 6 _{st} - 7 _{su}	A ₃ - A ₂ - P ₂ - I	IV - VIII
Planicies Fluvio-Lacustres	Q ₄	Se localiza en forma dominante entre Chugchila, Toldo y Cerro. Altitud promedio: 3,800 m.s.n.m. Ecología: Matorral desértico montano templado Vegetación: Noña, gramíneas aborígenes, matorrales, cobertura 50%. Clima: Árido y frío. Pendiente: Casi plana a ligeramente inclinada	Horizontes finos, principalmente arenosos, limos y erráticos.	Suelos profundos, textura moderadamente fina, drenaje moderado a bueno. Reacción neutra a ligeramente alcalina en la superficie y moderadamente alcalina en el subsuelo, pueden presentar problemas de salinidad equivalentes a la inundación. Presentan generalmente una evolución moderada con procesos pedológicos dominantes tales como: descomposición superficial generalizada y erosión diferencial y erosión superficial localizada.	- Clima: Frío y deficiente hídrica. - Suelos: Textura pesada localizada. - Erosión: Cercamiento localizada y saqueamiento de riberas de los ríos.	Orcheps-Fluviales-Lacustris.	4 _{st} - 5 _{st} - 6 _{st}	A ₃ - P ₂ - I	IV-VI-VIII

b) Clasificación de las Tierras según su Aptitud para el Riego.

b.1) Principios Básicos

La clasificación de las tierras se basa en un procedimiento sistemático con el fin de delimitar los suelos sobre las bases de su adaptabilidad para el riego permanente pero la complejidad geomorfológica y la heterogeneidad en cuanto a los factores económicos, sociales e institucionales del área estudiada hacen impracticables las especificaciones de un sistema rígido, por lo que el sistema de clasificación de tierras utilizado, ha sido adecuado al ambiente geopolítico del área.

El concepto de tierras aptas para el riego corresponde a aquellas en las que la aplicación de prácticas de riego y culturales adecuadas redundan en una mayor productividad.

Como parte implícita de la clasificación de tierras según su aptitud para el riego se debe disponer de levantamientos básicos de suelos así como de planos topográficos y de uso actual de la tierra.

b.2) Metodología

La clasificación de tierras, según su aptitud para el riego, ha sido realizada siguiendo la metodología propuesta en las normas del U.S. Bureau of Reclamation, la cual ha sido adecuada al estudio.

Para la diferenciación de las diferentes clases de aptitud para el riego, se han considerado dos tipos de factores económicos y físicos.

Los factores económicos que se han tomado en cuenta son: la capacidad productiva, costos de producción y costos de desarrollo de tierra, de estos tres, el de mayor implicancia ha sido el concepto de "Capacidad Productiva" el cual connota la adaptabilidad y el rendimiento de los cultivos. Los principales factores que influyen en la capacidad productiva son: condiciones

climáticas (distribución de las lluvias, frecuencia de heladas, temperaturas extremas, movimiento de masas de aire, etc.), características del suelo (textura, profundidad efectiva, permeabilidad y fertilidad), características topográficas (posición de la tierra, relieve y pendiente), disponibilidad de agua y drenaje.

Los factores físicos, entre los cuales se consideran básicamente: suelos, topografía y drenaje.

Las características edáficas que han influido predominantemente en la clasificación son: profundidad efectiva, textura y proporción de la fracción gruesa (gravas, cascajo y piedra), capacidad de retención de humedad y salinidad, principalmente.

Con referencia al factor drenaje, se ha tomado en cuenta los problemas de napa freática alta, inundación periódica tanto por una dinámica fluvial de régimen irregular así como por inundación de áreas ribereñas lacustres.

En cuanto al factor topográfico, se han tenido en cuenta tres aspectos principales: grado de pendiente, relieve y posición.

En base a las normas del U.S.B.R. se procedió a la clasificación de las tierras en grupos, clase y sub-clases de aptitud de riego.

Los grupos considerados fueron:

- Tierras aptas para riego
- Tierras de aptitud limitada
- Tierras no aptas

Estos grupos generales se subdividen en clases de aptitud, que son las unidades básicas de adaptabilidad al riego. El primer grupo se subdivide en tres clases de aptitud: 1 a 3 en las que aumentan, progresivamente, las limitaciones y los costos de producción.

El segundo grupo presenta una clase de aptitud: la clase 4 que es marginal para uso agrícola. El tercer grupo se divide en dos clases de aptitudes la 5 y 6 consideradas no aptas para el riego, siendo la clase 5 una clasificación transitoria, susceptible a mejorar de aptitud una vez realizados los mejoramientos especiales del suelo, tal como: drenamiento, lixiviado de sales, desempiedre, etc.

A fin de lograr una mayor identificación del problema en relación a los tipos de restricción dominante, se han clasificado, las tierras, hasta el nivel de sub-clase, considerándose los siguientes factores limitantes:

- s = Deficiencia del suelo.
- t = Deficiencia de topografía
- d = Deficiencia por drenaje
- i = Susceptibilidad a la inundación

Es muy posible que dentro de una misma clase de aptitud puedan presentarse dos o más deficiencias las que se indicaran mediante su símbolo respectivo.

Debido al nivel del estudio y a la escala del mapa base, se han identificado sólo unidades a nivel de asociación de clases de aptitud para el riego, cuyas extensiones y porcentajes sobre el total se muestran en el Cuadro 2.3.2.

Haciendo una discriminación porcentual de cada una de las clases que comprenden las asociaciones identificadas, se ha confeccionado el Cuadro 2.3.3 y la Lámina 2.3.1, como se podrá apreciar en este cuadro no se consideran clases 1 y 2, sin embargo, es posible identificar en áreas específicas tierras en la clase 2, pero de una extensión muy pequeña para poder ser cartografiable sobre el mapa de suelos a la escala 1:1,000,000.

La clase 3 de aptitud para el riego comprende aquellos suelos con características físicas apropiadas pero que presentan la incidencia negativa de los factores económicos, esencialmente

climáticos y que inciden específicamente sobre la capacidad productiva.

La clase 4, que es la de mayor extensión dentro de las tierras aptas para el riego, comprende aquellos suelos que presentan restricciones de profundidad efectiva, pedregosidad, pendiente y drenaje, sumado a ello, se hallan sometidos a riesgos de orden climático (frecuencia de heladas, granizo, etc.) lo cual hace que su capacidad productiva y capacidad de pago se halle mermada considerablemente.

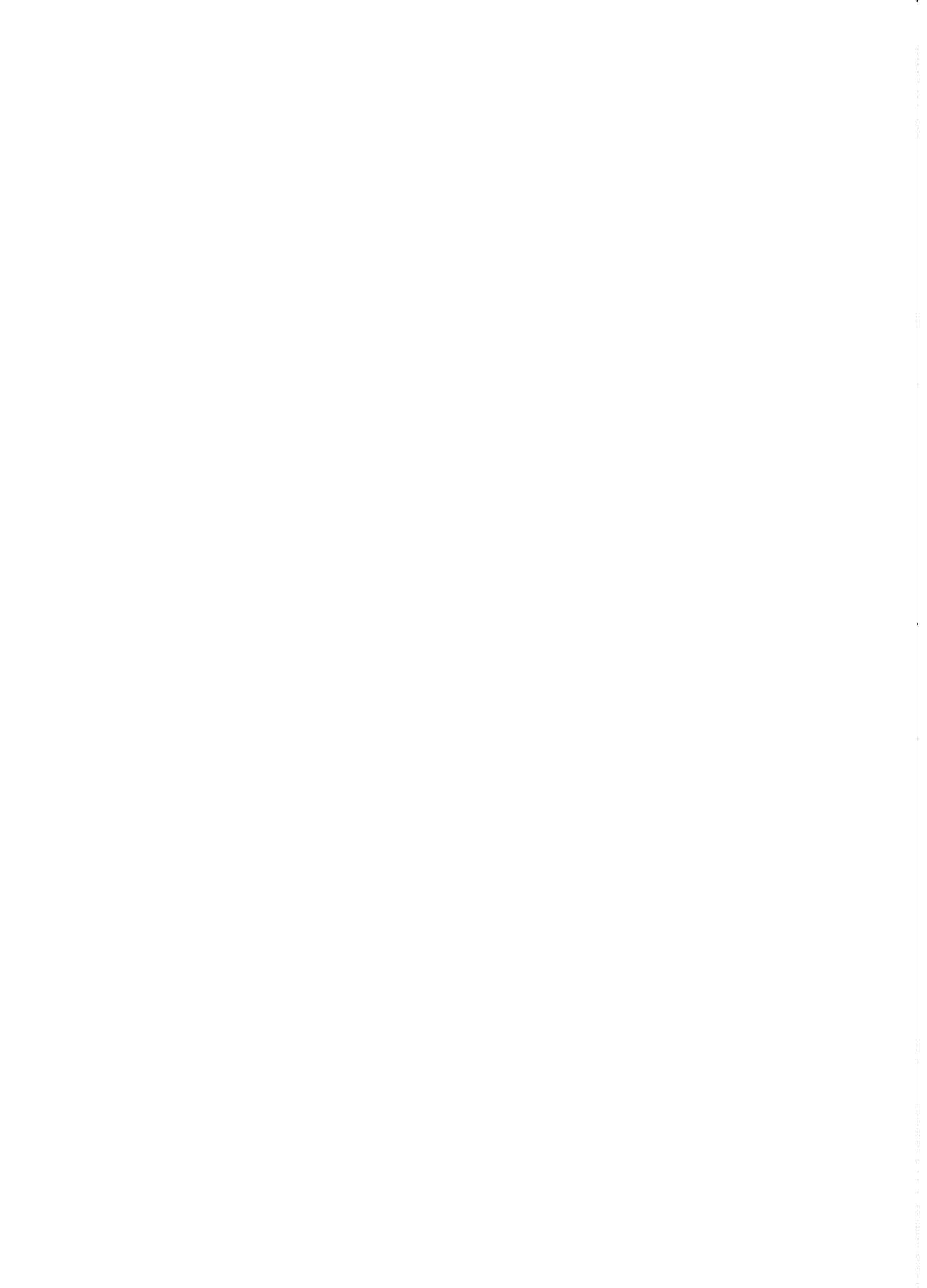
La clase 5, involucra aquellas tierras que revisten cierto potencial agropecuario pero que es necesario efectuar estudios más detallados para poder definir su clase definitiva de aptitud para el riego; ésta se halla integrada por todos aquellos que presentan problemas de drenaje, salinidad y posición topográfica principalmente.

La clase 6, se halla integrada por todos aquellos suelos con limitaciones severas de pendiente, drenaje, salinidad y profundidad efectiva; es la clase de mayor extensión dentro de la Vertiente Cerrada ya que ocupa el 70% de la superficie total evaluada.

c) Clasificación de las Tierras según su Capacidad de Uso Mayor.

c.1) Principios Básicos

La clasificación de los suelos, según su capacidad de uso mayor es un ordenamiento sistemático de carácter práctico e interpretativo, basado en la aptitud natural que presenta el suelo para producir, constantemente, bajo tratamientos continuos y usos específicos y muestra la problemática de los suelos bajo los aspectos de uso, limitaciones, necesidades y prácticas de manejo que requieren. Asimismo, proporciona los elementos de juicio necesarios para la formulación y programación de planes integrales de desarrollo agrícola.



CUADRO N° 2.3.2.EXTENSION Y PORCENTAJES DE LAS CLASES Y SUBCLASES
DE APTITUD PARA EL RIEGO

Asociación de Clases	Extensión Total		Sub-Clase	Extensión Parcial	
	Ha.	%		Ha.	%
4 - 6	1,463,000	9.8	4st (40%)	585,200	4.0
			6 s (30%)	438,900	2.9
			6st (30%)	438,900	2.9
4 - 6	2,600,000	17.4	4st (60%)	1,560,000	10.4
			6 s (20%)	520,000	3.5
			6st (20%)	520,000	3.5
4 - 5 - 6	545,000	3.7	4st (20%)	109,000	0.8
			5sw (50%)	272,500	1.8
			6sw (30%)	163,500	1.1
3 - 4 - 6	453,000	3.0	3st (20%)	90,600	0.6
			4st (40%)	181,200	1.2
			6 s (40%)	181,200	1.2
4 - 6	539,000	3.6	4st (40%)	215,600	1.4
			6st (60%)	323,400	2.2
4 - 6	738,000	4.9	4st (50%)	369,000	2.4
			6sw (50%)	369,000	2.5
4 - 6	2,013,000	13.5	4st (30%)	603,900	4.0
			6st (70%)	1,409,100	9.5
5 - 6	29,000	0.2	5sw (40%)	11,600	0.1
			6sw (60%)	17,400	0.1
6	6,011,000	40.3	6 s	1,313,000	8.8
			6sw	174,000	1.2
			6st	4,524,000	30.3
Tierras Misceláneas	532,000	3.6		532,000	3.6
Total	14,923,000	100.00		14,923,000	100.00

CUADRO N° 2.3.3.EXTENSION Y PORCENTAJE DE LAS CLASES Y SUBCLASES
DE APTITUD PARA EL RIEGO

<u>Clase</u>	<u>Extensión Total</u>		<u>Subclase</u>	<u>Extensión Parcial</u>	
	<u>Ha x 10³</u>	<u>%</u>		<u>Ha x 10³</u>	<u>%</u>
3	90.6	0.6	st	90.6	0.6
4	3,623.9	24.3	st	3,623.9	24.3
5	284.1	1.9	sw	284.1	1.9
6	10,392.4	69.6	s	2,453.1	16.4
			st	7,215.4	48.4
			sw	723.9	4.8
Misceláneas	<u>532.0</u>	<u>3.6</u>		<u>532.0</u>	<u>3.6</u>
Area Total	14,923.0	100		14,923.0	100

Area Bruta de Riego (Clases 3 y 4)

3,714,500 Ha.

Area Neta Apta para Riego

3,343,050 Ha.



Unidades Morfológicas	Símbolo	Características Ecogeográficas	Litología o Materia Original	Características Pedológicas	Indicaciones de Uso	Clasificación		Capacidad de Uso Mayor	Capacidad de Uso Usado
						Taxonomica	Adaptación para el Riego		
Plantas Leccistas	Q ₁	Esta unidad se halla localizada entre el Lago Poopó y Oruro. Altitud Promedio: 3,650 m.s.n.m. Ecología: Matorral desértico montano templado. Clima: Arido y frío. Vegetación: Thola y otras gramíneas, cobertura 20%. Pendiente: Casi plana (0-2%).	Materiales de grano fino dominadamente arcillosos y limos.	Suelos superficiales, drenaje pobre a muy pobre, asociado con problemas de salinidad. - Inundable en épocas de lluvia. - Textura moderadamente fina a fina.	- Profundidad efectiva superficial. - Drenaje pobre. - Susceptible a la inundación por lluvias.	Aquinos Aquinos Ocherpits	6 _{st} - 5 _{st}	P ₃	V - VI
Terrazas de erosión	Q ₂	Esta unidad es la de menor extensión y se halla localizada al Norte de Cercocollo, Villaque. Altitud promedio: 3,900 m.s.n.m. Ecología: Bosque húmedo subalpino, subtropical. Clima: Semihúmedo y frío. Vegetación: Gramíneas, cobertura vegetal 40%. Pendiente: (2-7%) ligeramente inclinada, ocupan planicies elevadas.	Materiales de granularidad gruesa y finos.	Suelos moderadamente profundos, drenaje bueno. Textura media y fracciones gruesas dentro del perfil. - Posición: Ocupa partes planas elevadas. - Clima: Frío.		Ocherpits	6 _{st}	P ₂	VI
Salzar	Q ₃	Esta unidad se halla representada básicamente por los salares de Uyuni y Colpas. Altitud: 3,900 m.s.n.m. Ecología: Desierto montano templado. Clima: Extremadamente arido y frígido. Vegetación: Desnuda. Pendiente: Casi plana (0-2%) son áreas húmedas bien en época de lluvias.	Sa cristalizada, representada en forma dominante por cloruro de sodio y sulfatos.	No son suelos sino depósitos de evaporitas cristalizadas. - Para uso solamente industrial.				X	VIII
Acumulaciones Fluviocólicas	Q ₄	Esta unidad se halla localizada por Pehas, y al Sur del Salzar de Uyuni. Altitud promedio: 3,800 m.s.n.m. Ecología: Desierto montano templado. Clima: Extremadamente arido y frígido. Vegetación: Pichana perú, cobertura 20%. Pendiente: Ligeramente inclinada (3-7%).	Materiales granulares, mezcla de arena y grava.	Suelos superficiales a moderadamente profundos. Textura moderadamente gruesa y con fracciones gruesas dentro y sobre el perfil. - Drenaje moderadamente bueno.	- Textura: Moderadamente gruesa y presencia de fracciones gruesas. - Clima: Frígido.	Fluvent. Fluvent.	4 _{st} - 6 _{st}	A ₃ - X	IV - VIII
Depósitos hercíticos	Q ₅	Esta unidad se halla ocupando los alrededores de Cercocollo, Pehas y al Sur de Uyuni. Altitud promedio: 3,900 m.s.n.m. Ecología: Bosque húmedo montano subtropical, estepa montano subtropical, matorral desértico montano templado y desierto montano-templado. Clima: Varía entre extremadamente arido hasta semihúmedo templado y frígido. Vegetación: Gramíneas y tholares con una cobertura vegetal que varía entre 60% y 20%. Pendiente: Moderadamente empinada (12-15%) a empinada (25%).	Mixtas heterogéneas de bolsones, grava, arena, arcilla en diferente proporción.	Suelos superficiales a moderadamente profundos. Textura moderadamente gruesa y dentro y fuera del perfil. - Drenaje bueno a algo escaso.	- Pendiente excesiva. - Susceptibilidad a la erosión hídrica. - Abundancia de fracciones gruesas. - Clima: Frío.	Fluvent Ocherpits Ocherpits	6 _{st} - 4 _{st}	X - A ₃	VIII - IV
	Q ₆			Suelos superficiales arenosos asociados con litología arcillosa.	- Superficialidad del suelo. - Pendiente. - Clima: Frígido.	Ortents y Andents líticos	6 _{st}	X - P	VIII - VI
	Q ₇			Suelos superficiales arenosos asociados con litología arcillosa.	- Superficialidad del suelo. - Pendiente. - Clima: Frígido.	Ortents y Andents líticos	6 _{st}	X - P	VIII - VI
	Q ₈			Suelos superficiales arenosos asociados con litología arcillosa.	- Superficialidad del suelo. - Pendiente. - Clima: Frígido.	Ortents y Andents líticos	6 _{st}	X - P	VIII - VI
	Q ₉			Suelos superficiales arenosos asociados con litología arcillosa.	- Superficialidad del suelo. - Pendiente. - Clima: Frígido.	Ortents y Andents líticos	6 _{st}	X - P	VIII - VI
	Q ₁₀			Suelos superficiales arenosos asociados con litología arcillosa.	- Superficialidad del suelo. - Pendiente. - Clima: Frígido.	Ortents y Andents líticos	6 _{st}	X - P	VIII - VI
	Q ₁₁			Suelos superficiales arenosos asociados con litología arcillosa.	- Superficialidad del suelo. - Pendiente. - Clima: Frígido.	Ortents y Andents líticos	6 _{st}	X - P	VIII - VI
	Q ₁₂			Suelos superficiales arenosos asociados con litología arcillosa.	- Superficialidad del suelo. - Pendiente. - Clima: Frígido.	Ortents y Andents líticos	6 _{st}	X - P	VIII - VI

El criterio básico que rige esta clasificación está determinado, fundamentalmente, por las características ecológicas del medio, así como por la naturaleza y grado de limitaciones que impone el uso del suelo, de acuerdo con las variaciones de sus características físico-químicas, morfológicas y topográficas, las que determinan su vocación para usos agropecuarios o forestales, dentro de márgenes de rentabilidad adecuados.

c.2) Factores Limitantes

Los factores que determinan las limitaciones son: condiciones de clima, topografía, riesgos de erosión, deficiencias por suelo y condiciones de drenaje o humedad y riesgos de anegamiento o inundación fluvial.

c.2.1) Condiciones de Clima

De acuerdo con las características ecológicas dominantes, los factores climáticos limitantes están relacionados con el cuadro prevalente, incluyendo sequías prolongadas, temperaturas bajas, excesos de humedad y severas fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche, entre otras.

c.2.2) Riesgos de Erosión

Los factores limitantes dentro de este aspecto están íntimamente relacionados con las condiciones topográficas (pendientes), características físico-químicas del suelo, escorrentía superficial, clima (precipitación) y manejo deficiente del suelo.

c.2.3) Deficiencias por Suelo

Están íntimamente relacionadas con las condiciones edáficas, como textura, estructura, profundidad efectiva, gravosidad, acidez, fertilidad, etc.

c.2.4) Condiciones de Drenaje

Los factores limitantes están relacionados con el sistema natural de drenaje de los suelos tales como presencia de un nivel freático alto, capas masivas muy poco permeables, posición o características fisiográficas y escorrentía de las aguas provenientes de las zonas altas.

c.2.5) Riesgos de Anegamiento o Inundación Fluvial

Los factores relacionados a esta característica están íntimamente ligados a los peligros de anegamiento o inundación fluvial, debido a los desbordes de los ríos principales y cursos menores en épocas de crecientes.

c.3) Esquema de Clasificación

El esquema de clasificación considerado para el presente estudio consta de cinco agrupaciones de capacidad de uso mayor de la tierra, las cuales son enunciadas y descritas a continuación:

Grupo A: Tierras aptas para cultivos en limpio.

Grupo C: Tierras aptas para cultivos permanentes.

Grupo P: Tierras aptas para pastos.

Grupo F: Tierras aptas para producción forestal

Grupo X: Tierras de protección (no aptas para fines agropecuarios ni explotación forestal).

El Grupo A incluye las mejores tierras. En ellas las condiciones ecológicas permiten la remoción periódica a continuada del suelo para el sembrío de plantas herbáceas o semiarborescentes, anuales o de períodos vegetativos aún más cortos, bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad productiva del suelo ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras, por su alta

calidad agrológica, podrán dedicarse a otros fines (cultivos permanentes, pastos, producción forestal y protección) cuando en esta forma se obtenga un rendimiento económico superior al que se obtendría de su utilización con fines de cultivos en limpio.

El Grupo C comprende tierras que presentan mayores limitaciones que el grupo anterior. Por sus condiciones ecológicas, no son adecuadas a la remoción periódica y continuada del suelo, pero permiten la implantación de cultivos perennes o semiperennes, sean estos herbáceos, arbustivos o arbóreos, bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad productiva del suelo ni alteración del regimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras podrán dedicarse a otros fines (pastos, producción forestal y protección) cuando en esta forma se obtenga un rendimiento económico superior al que se obtendría de su utilización con fines de cultivo permanente.

El Grupo P consta de tierras que no reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para cultivos en limpio o permanentes, pero permiten la implantación de pastos cultivados o el uso de pastos naturales bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad productiva del recurso ni alteración del regimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras podrán dedicarse para otros fines (producción forestal o protección) cuando las condiciones climáticas lo permitan, o cuando en esta forma se obtenga un rendimiento económico superior al que se obtendría de su utilización con fines de pastoreo.

El Grupo F está constituido por tierras que no reúnen las condiciones ecológicas requeridas para su cultivo o pastoreo, pero permiten su uso para la producción de maderas y otros productos forestales, siempre que sean manejadas en forma técnica para no causar deterioro en la capacidad productiva del recurso ni alterar el regimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras podrán dedicarse alternativamente a protección.

El Grupo X comprende tierras cuyas limitaciones muy severas no pueden ser corregidas y restringen su uso, derivadas de no reunir las condiciones ecológicas mínimas requeridas para cultivos, pastos o producción forestal. Se incluye dentro de este grupos: Picos, nevados, pantanos, playas, cauces de ríos y otras tierras que, aunque presenten vegetación natural boscosa, arbórea, arbustiva o herbácea, su uso no es económico y deben ser manejados con fines de protección de cuencas hidrográficas, vida silvestre, valores escénicos, científicos, recreativos y otros que impliquen beneficio colectivo o de interés social.

Como resultado de la aplicación de este sistema de clasificación para la Vertiente Cerrada, se ha elaborado el Cuadro 2.3.4 en el cual se muestra la superficie y porcentaje del total que corresponden a grupos o asociaciones de grupos de capacidad de uso mayor.

2.3.6 Conclusiones

Se ha efectuado el diagnóstico del recurso suelo en base a la información existente, implementada con observaciones de campo.

La superficie total evaluada de la Vertiente Cerrada ha sido de 14,923,000 ha., la cual comprende las cuencas de los Lagos Titicaca y Poopó y la de los salares.

En base a la aplicación del sistema de clasificación de las tierras según su aptitud para el riego, se ha obtenido los siguientes resultados:

- Tierras aptas para el riego, 3,714,500 ha. dentro de las cuales la clase 4 es la que ocupa la mayor superficie (3,623,900 ha.) y la que presenta las mayores restricciones de uso.
- Tierras de la clase 5 (aptitud de riego condicionada) con una superficie de 284,100 ha.
- Tierras no aptas para el riego, con una superficie de 10,392,400 ha o el 70% del área total evaluada.

CUADRO N° 2.3.4.SUPERFICIES Y PORCENTAJES DE LOS GRUPOS O ASOCIACIONES DE GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR

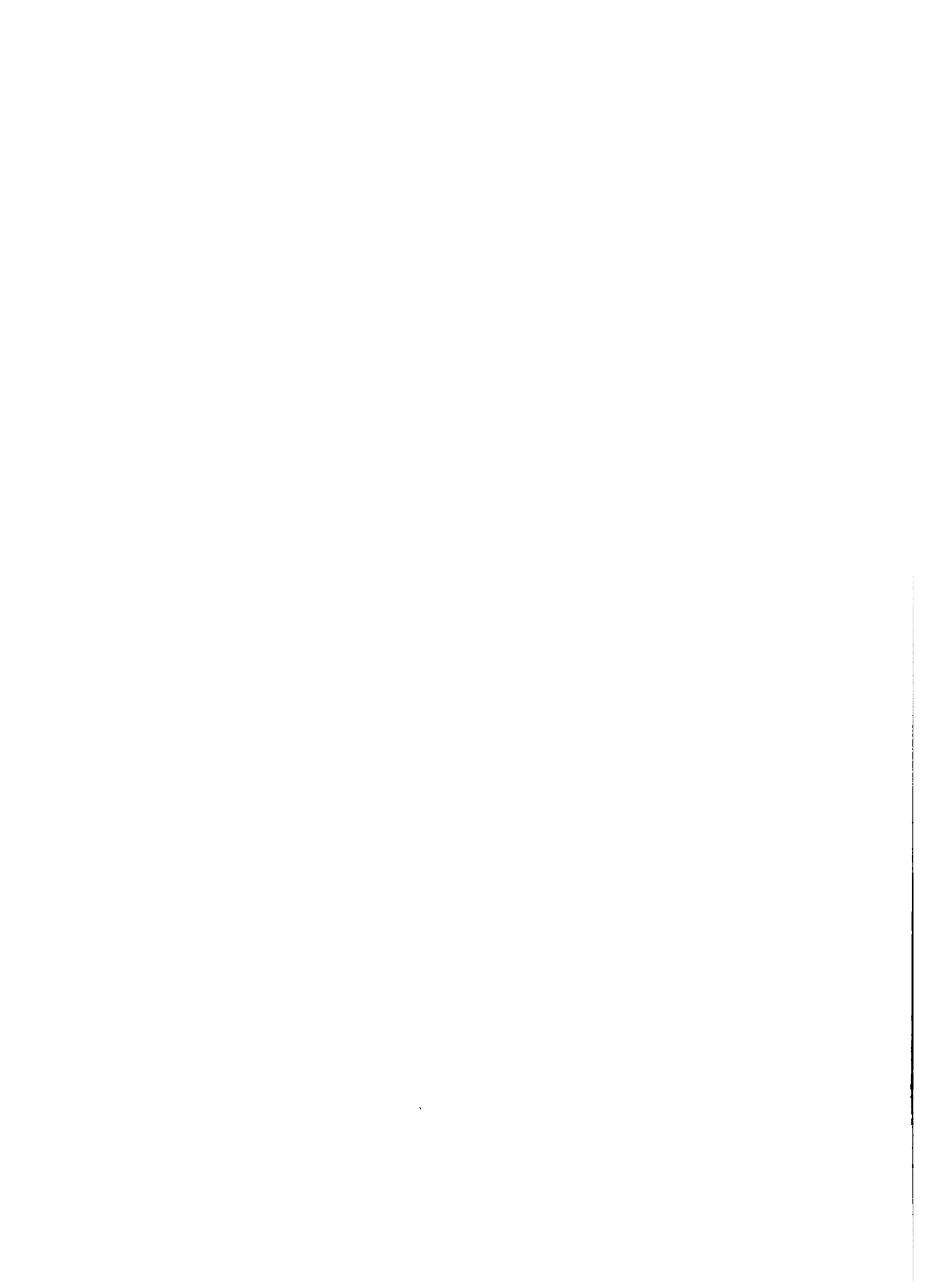
<u>Grupos o Asociaciones</u>	<u>Descripción</u>	<u>Superficie</u>	
		<u>Ha.</u>	<u>%</u>
X	Tierras de protección.	5,735,000	38.4
P	Tierras para producción de pastos.	30,000	0.2
A(60) P(40)	Tierras para cultivos en limpio y producción pastos.	325,000	2.2
A(50) P(20) X (30)	Tierras para cultivos en limpio, producción de pastos y protección.	2,873,000	19.3
A(40) X (60)	Tierras para cultivos en limpio y protección.	830,000	5.6
A(40) A(20) X (40)	Tierras aptas para producción de pastos, cultivos en limpio y protección.	807,000	5.4
X(70) P(30)	Tierras de protección y producción de pastos.	1,052,000	7.0
P(20) X (80)	Tierras para producción de pastos y protección.	682,000	4.6
X(50) F(30) A(20)	Tierras de protección para producción forestal y cultivos en limpio.	97,000	0.6
X(80) A(20)	Tierras de protección y cultivos en limpio.	<u>1,859,000</u>	<u>12.5</u>
Total		14,290,000	95.8
Ríos, lagos y lagunas		<u>633,000</u>	<u>4.2</u>
Total		14,923,000	100.0

En el ámbito de la Vertiente Cerrada se ha aplicado el sistema de clasificación de suelos, según su capacidad de uso mayor, habiéndose delimitado solamente asociaciones de grupos de capacidad de uso mayor y cuyos resultados se muestran en el Cuadro 2.3.4, haciendo la discriminación porcentual por grupo de capacidad de uso mayor, se tiene que en el área evaluada existen: 2,516,100 ha . de tierras aptas para cultivos en limpio, 1,509,400 ha . de tierras aptas para pastoreo, 29,100 ha . de tierras aptas para producción forestal y 10,235,400 ha . de tierras para protección, las cuales se detallan en el Cuadro 2.3.5 y Lámina 2.3.2.

CUADRO N° 2.3.5.

CLASIFICACION DE LOS SUELOS SEGUN SU
CAPACIDAD DE USO MAYOR

<u>Grupos de Capacidad de Uso Mayor</u>	<u>Símbolo</u>	<u>Superficie</u>	
		<u>Ha x 10³</u>	<u>%</u>
Cultivos en limpio	A	2,516.1	16.9
Producción de pastos	P	1,509.4	10.1
Producción forestal	F	29.1	0.2
Protección	X	<u>10,235.4</u>	<u>68.6</u>
Subtotal		14,290.0	95.8
Ríos, lagos y lagunas		<u>633.0</u>	<u>4.2</u>
Total		14,923.0	100.0



CLASIFICACION DE LAS TIERRAS SEGUN SU APTITUD PARA EL RIEGO

DIAGNOSTICO
VERTIENTE CERRADA

GRAFICO Nº 2.3.1

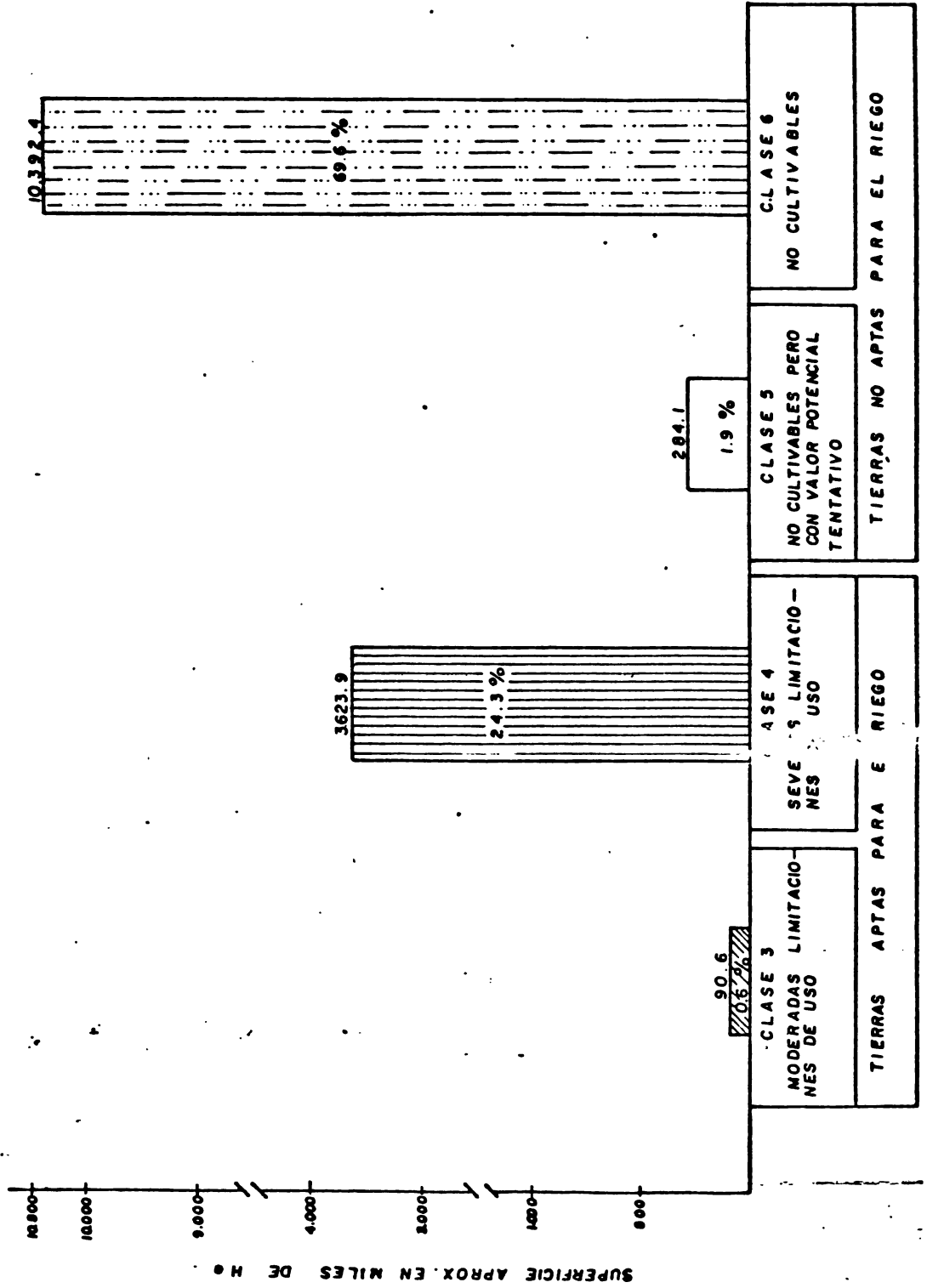
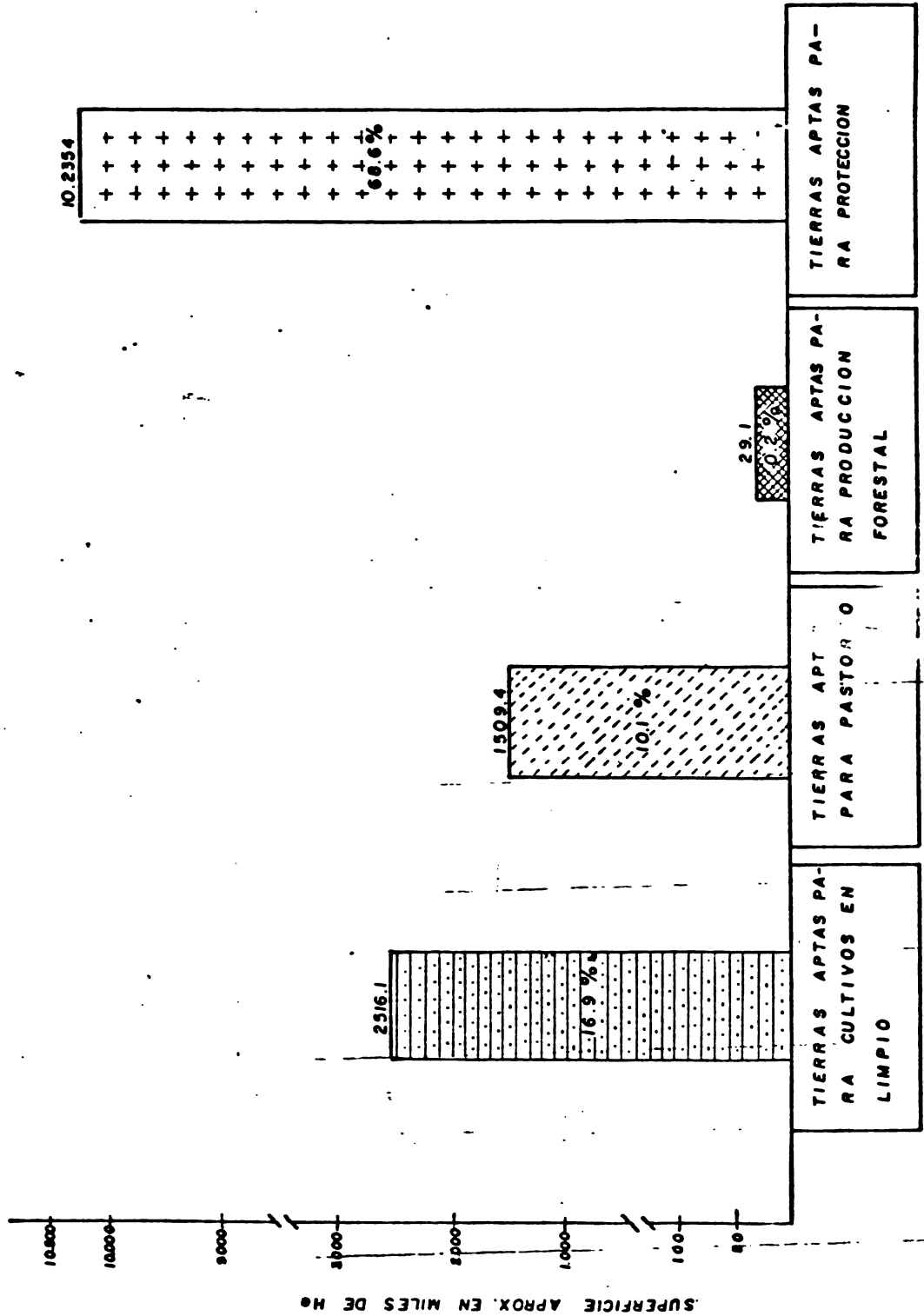


GRAFICO Nº 2.3.2

CLASIFICACION DE LOS SUELOS SEGUN SU CAPACIDAD DE USO MAYOR

DIAGNOSTICO
VERTIENTE CERRADA



2.4 Ecología

2.4.1 Introducción

La Vertiente Cerrada comprende dos regiones latitudinales: Subtropical y templada, caracterizadas, cada una, por su ambiente climático predominante que ha definido caracteres diferenciales entre ellas tanto en el número como en la composición de especies vegetales presentes.

2.4.2 Descripción General de las Zonas de Vida

La descripción de las zonas de vida correspondientes a la Vertiente Cerrada se concreta a aquellas existentes en la región templada y las correspondientes a la región subtropical no descritas en el diagnóstico ecológico de la Vertiente del Amazonas.

a) Región Subtropical.

a.1) e-MST

- i. Ubicación: Corresponde a esta zona gran parte de la región altiplánica de los Departamentos de La Paz y Oruro, ocupando un área aproximada de 23,000 Km².
- ii. Altura: Oscila entre 3,200 y 4,200 m.s.n.m.
- iii. Clima: Se caracteriza por ser frío y abundar las heladas siendo la temperatura media anual entre 6 y 13°C.

La precipitación media anual en la zona varía entre 225 y 550 mm.

- iv. Fisiografía y Suelos: Predominan las planicies ligeramente onduladas y colinas islas.

Los suelos son muy variados en cuanto a su origen siendo muy abundantes los de origen volcánico existiendo, además extensas áreas de salares y suelos salinos.

En las colinas los suelos son superficiales y fuertemente erosionados.

- v. Vegetación: Está compuesta por gramíneas y tholares.
- vi. Potencialidad de Uso: Existen posibilidades de incrementar cultivos temporales bajo riego, entre ellos papa, haba, oca y cebada principalmente.

En cuanto a la explotación de pastos naturales se requiere la racionalización del pastoreo.

a.2) ee-M3STΔ

- i. Ubicación: Abarca una franja a lo largo del Rfo Desaguadero desde la afluencia del Rfo Mauri hasta su desembocadura en el Lago Poopó, con una extensión de aproximadamente 5,800 Km².
- ii. Fisiografía y Suelos: Existen, en la zona, dos paisajes bien diferenciados: terrazas altas disectadas y formadas predominantemente, por rucas terciarias y planicies aluviales de deficiente drenaje que presentan, además, áreas de inundación.

Los suelos son litosóficos y disectados en el primer paisaje y con problemas de influencia salina en el segundo.

- iii. Clima: Abarca un rango de biotemperatura entre 10.5 y 12°C.

La precipitación media anual varía entre 250 y 350 mm., presentándose la mayor precipitación mensual durante dos meses y correspondiendo cinco meses al período efectivamente seco.

- iv. Potencialidad de Uso: La región se presenta apta para el cultivo de trigo bajo riego, con las limitaciones originadas en la salinidad de los suelos.

Para efectos de conservación de suelos pueden introducirse forestales de pinos y eucaliptus.

a.3) bh-MST

i. Ubicación: Ocupa el Altiplano Norte del Departamento de La Paz y áreas fuera de la Vertiente Cerrada, ubicadas en el sector occidental del Departamento de Cochabamba; incluyendo una de las áreas más densamente pobladas del país.

ii. Fisiografía y Suelos: Fisiográficamente la zona presenta dos paisajes: serranías y planicies.

El primero está caracterizado por su topografía abrupta, con pendientes empinadas, valles estrechos y ríos de descarga estacional mientras el segundo presenta topografía suavemente ondulada con valles y cauces fluviales poco profundos y desarrollo de depósitos morrénicos y abanicos aluviales.

Los suelos son normalmente profundos, de permeabilidad moderada a escasa en todo el perfil y débilmente lixiviados.

iii. Clima: La zona presenta una biotemperatura promedio de 8.8°C experimentándose temperaturas críticamente bajas y escarcha durante los meses de invierno.

iv. Potencialidad de Uso: Existen condiciones favorables para la producción de granos y papa en las áreas de suelos planos y drenados.

El clima es, asimismo, favorable al crecimiento de bosques cultivados, especialmente de coníferas y eucaliptus con finalidades de conservación de suelos y explotación forestal.

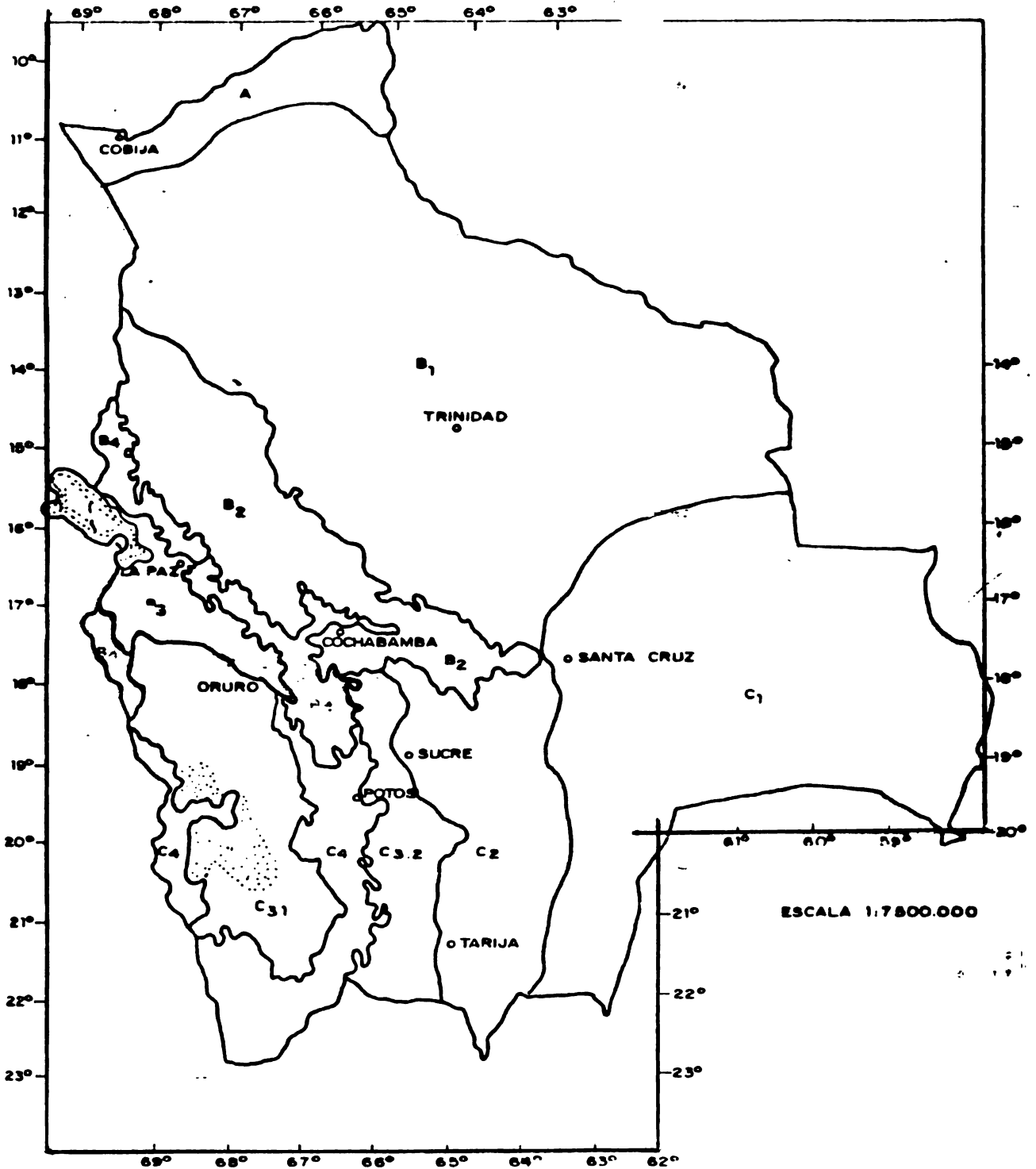
a.4) d-MTE, md-MTE, d-SATE, ms-SATE, bh-SATE, bmh-SATE, bp-SATE, th-ATE, tmh-ATE, tp-ATE y N

- i. **Ubicación:** Comprenden parte del Departamento de Potosí (región suroeste del país) y zonas muy altas del Departamento de Chuquisaca, éstas últimas fuera de los límites de la Vertiente Cerrada, alcanzando una extensión total de aproximadamente 128,000 Km².
- ii. **Altura:** Se encuentran ubicadas por encima de los 4,000 m.s.n.m.
- iii. **Clima:** Las temperaturas máximas se acercan a los 9°C, con marcadas diferencias estacionales y diarias.

La precipitación media oscila entre 100 y 300 mm.
- iv. **Fisiografía y Suelos:** Se presentan principalmente en paisajes volcánicos con abundantes planicies.

Los suelos son volcánicos y sedimentarios, en gran parte salinos, eólicos y mayormente superficiales, presentando en todas las áreas problemas de erosión.
- v. **Vegetación:** La escasa vegetación existente está constituida por algunas gramíneas.
- vi. **Potencialidad de Uso:** Está limitada al pastoreo de camélidos y ovinos en los lugares más favorecidos sin que se aprecien posibilidades de mejora.

MAPA ECOLÓGICO GENERALIZADO DE BOLIVIA



REFERENCIAS

A - REGION TROPICAL

A - Región tropical de tierras bajas

B - REGION SUB TROPICAL

B₁ - Región subtropical de tierras bajas

B₂ - Región subtropical de tierras de valles

B₃ - Región subtropical de tierras altas

B₄ - Región subtropical Andino

C REGION TEMPLADA

C₁ - Región templada de tierras bajas

C₂ - Región templada de tierras de valles

C₃ - Región templada de tierras altas

C₄ - Región templada Andino

3. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

3.1 Estructura Demográfica y Ocupacional

3.1.1 Población Según Area de Residencia y por Sexo

Del Censo Nacional de 1976 se estimó que la población de la Vertiente Cerrada alcanzó a 824,143 habitantes, que representa el 30.5% de la población total del país en dicha época. La población estimada en 1950, para la misma región, fue de 590,830 habitantes; lo que representa una tasa anual de crecimiento de 1.29% en el período 1950-1976.

Pese al tiempo transcurrido, la estructura porcentual de la población urbano-rural no ha tenido modificaciones sustanciales habiéndose, más bien, mantenido como una población netamente rural y con una tendencia hacia una mayor ruralización.

CUADRO N° 3.1.1

POBLACION DE LA VERTIENTE CERRADA SEGUN AREA DE RESIDENCIA - CENSOS 1950-1976

<u>Area de Residencias</u>	<u>1950 (1)</u>		<u>1976 (2)</u>	
	<u>Habitantes</u>	<u>%</u>	<u>Habitantes</u>	<u>%</u>
Urbano	147,208	24.92	191,946	23.29
Rural	<u>443,622</u>	<u>75.08</u>	<u>632,197</u>	<u>76.71</u>
Vertiente Cerrada	590,830	100.00	824,143	100.00

FUENTE: I.N.E.

(1) Censo Demográfico 1950.

(2) Resultado del Censo de Población y Vivienda de 1976.

La distribución de población por sexos se indica en el Cuadro 3.1.2 donde se nota que de la población en la Vertiente Cerrada estimada en 1950 en 590,800 habitantes, correspondió 49.1% a los varones, obteniéndose un índice de masculinidad de 96.5; mientras que en 1976, con una población de 824,200 habitantes, correspondió 48.9% a los varones disminuyendo el índice de masculinidad a 95.8.

CUADRO N° 3.1.2.POBLACION DE LA VERTIENTE CERRADA POR SEXOS
CENSOS 1950-1976

<u>Sexos</u>	<u>1950 (1)</u>		<u>1976 (2)</u>	
	<u>Habitantes</u>	<u>%</u>	<u>Habitantes</u>	<u>%</u>
Varones	290,094	49.10	403,185	48.92
Mujeres	<u>300,736</u>	<u>50.90</u>	<u>420,958</u>	<u>51.08</u>
Ambos Sexos	590,830	100.00	824,143	100.00

FUENTE: I.N.E.

(1) Censo Demográfico 1950

(2) Resultado del Censo de Población y Vivienda de 1976.

3.1.2 Distribución de la Población

a) Por Grupos de Edad.

El análisis de la población por grupos de edad se realizó mediante la utilización de los resultados del Censo Nacional de 1976. Como se muestra en el Cuadro 3.1.3, cerca de 51.6% de la población de la Vertiente Cerrada corresponde a menores de 20 años, y 6.3% de la población a mayores de 60 años, o sea que la población restante comprendida entre los 20 a 59 años de edad participa con 42.1%, de la cual corresponde 47.8% al sexo masculino.

CUADRO N° 3.1.3.POBLACION POR GRUPOS DE EDAD Y SEXOS - CENSO 1976

<u>Grupos de Edad</u>	<u>Población</u>			<u>Estructura Porcentual</u>
	<u>Varones</u>	<u>Mujeres</u>	<u>Total</u>	
0 - 19	213,962	211,010	424,972	51.57
20 - 59	165,953	181,173	347,126	42.12
60 a Más	<u>23,270</u>	<u>28,775</u>	<u>52,045</u>	<u>6.31</u>
Total	403,185	420,958	824,143	100.00

FUENTE: Elaborado del Resultado del Censo de Población y Vivienda de 1976, I.N.E.



La población por grupos quinquenales y por sexo de la Vertiente Cerrada en el año 1976, se señala en el Cuadro 3.1.4, del que se infiere lo siguiente:

- La población que corresponde a menores de 15 años alcanzó a 335,700 habitantes, lo que representa 40.7% de la población total de la vertiente.
- La población en edad activa, o sea, mayores de 15 años y menores de 64 años es del orden de 453,100 habitantes, que representa 55% de la población. Corresponde al sexo masculino 48% de dicha población
- Las mujeres en edad fértil, de 15 a 49 años de edad, alcanzaron, en 1976, a 201,540, cantidad que representa 47.9% de la población femenina de la vertiente y el conjunto total de la población 24.5%.
- La población formada por personas mayores a 64 años llegó a 35,300 habitantes, lo que representó 8.8% de la población de la región, de los cuales debe señalarse que 55.4% correspondió al sexo femenino.

En la Lámina 3.1.1 se grafica la pirámide de edades correspondiente al Cuadro 3.1.4.

3.1.3 Migraciones

Considerando la Vertiente Cerrada como una región se puede dividir el efecto del flujo migratorio interno y reciente del país en dos niveles:

Uno interno dentro de la Vertiente Cerrada, y

Otro hacia el resto del país.

Con relación al segundo nivel notamos en el Cuadro 3.1.5 que el total de inmigrantes recientes alcanzó, en el año 1976 a 53,900, mientras que los emigrantes alcanzaron a 68,200, lo que significa que la Vertiente Cerrada ha tenido una migración neta negativa del orden de 14,300 emigrantes que fluyen hacia los centros de atracción de los Departamentos de La Paz, Cochabamba, Santa Cruz y Tarija.

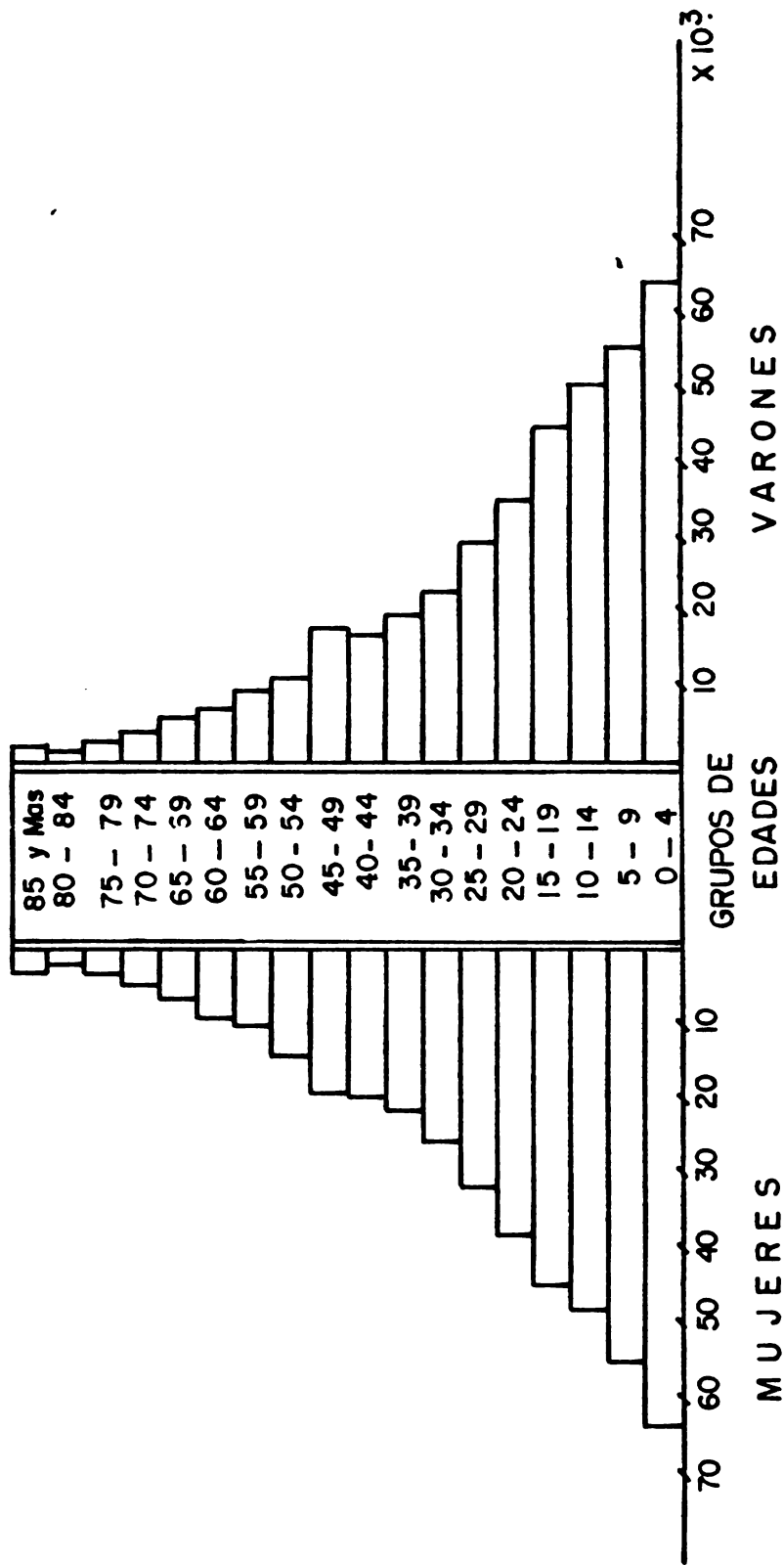
CUADRO N° 3.1.4.POBLACION POR GRUPOS QUINQUENALES DE EDADES SEGUN SEXOS DE LA
VERTIENTE CERRADA - CENSO 1976

<u>Grupos de Edad</u>	<u>Varones</u>		<u>Mujeres</u>	
	<u>Población</u>	<u>%</u>	<u>Población</u>	<u>%</u>
0 - 4	64,072	15.89	62,955	14.95
5 - 9	55,740	13.83	55,043	13.08
10 - 14	50,130	12.43	47,759	11.34
15 - 19	44,020	10.92	45,253	10.75
20 - 24	35,604	8.83	37,853	8.99
25 - 29	29,239	7.25	31,721	7.53
30 - 34	23,542	5.84	25,331	6.02
35 - 39	19,714	4.89	22,547	5.36
40 - 44	17,390	4.31	19,447	4.62
45 - 49	18,085	4.49	19,388	4.61
50 - 54	12,617	3.13	14,047	3.34
55 - 59	9,762	2.42	10,839	2.57
60 - 64	7,503	1.86	9,214	2.19
65 - 69	5,573	1.38	6,825	1.62
70 - 74	3,517	0.87	4,898	1.16
75 - 79	2,748	0.68	3,198	0.76
80 - 84	1,723	0.43	2,253	0.53
85 a Más	<u>2,206</u>	<u>0.55</u>	<u>2,387</u>	<u>0.57</u>
Total	403,185	100.00	420,958	100.00

FUENTE: Elaborado de los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

Lamina 3.1.1

PIRAMIDE DE EDADES POR GRUPOS QUINQUENALES SEGUN SEXOS DE LA
VERTIENTE CERRADA — CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA 1976





CUADRO N° 3.1.5.

**INMIGRANTES, EMIGRANTES, MIGRANTES NETOS Y TASAS NETAS DE MIGRACION RECIENTE EN LA
VERTIENTE CERRADA, POR PROVINCIAS - CENSO 1976**

Departamentos	Provincias	Inmigrantes	Emigrantes	Migrantes Netos M	Población en 1976	Población en 1971	Tasa sm
La Paz	Omasuyos	1,948	5,927	-3,979	70,481	74,460	-0.05491
	Pacajes	3,304	5,045	-1,741	55,341	57,082	-0.3097
	Camacho	2,290	5,707	-3,417	60,062	63,479	-0.5532
	Ingavi	-5,158	6,516	-1,358	73,155	74,513	-0.01839
	Los Andes	1,450	4,056	-2,606	51,886	54,492	-0.04900
	Aroma	3,436	4,438	-1,002	54,579	55,581	-0.01819
	Manco Kapac	1,229	2,296	-1,067	19,832	20,899	-0.05239
	Gualberto Villarroel	729	2,482	-1,753	13,044	14,797	-0.12593
	Cercado	20,316	14,759	5,557	133,769	128,212	0.04242
	Avaroa	1,884	2,259	-375	27,541	27,916	-0.01352
Oruro	Carangas	1,279	1,890	-611	20,736	21,347	-0.02904
	Sajama	844	795	49	11,640	11,591	0.00422
	Litoral	236	258	-22	2,424	2,446	-0.00903
	Poopó	1,972	1,656	316	15,934	15,618	0.02003
	P. Dalence	3,427	4,803	-1,376	28,005	29,382	-0.04795
	Cabrera	708	692	16	8,909	8,893	0.00180
	Atahualpa	362	272	90	4,225	4,135	0.02153
	Saucari	446	580	-134	6,133	6,267	-0.02161
	Nor Lipez	529	790	-261	7,652	7,913	-0.03354
	Sud Lipez (40%)	140	147	-7	1,396	1,403	-0.00500
Potosí	Quijarro (50%)	1,558	2,150	-592	16,274	16,866	-0.03573
	Daniel Campos	613	696	-83	4,787	4,870	-0.01719
	Vertiente Cerrada	53,858	68,214	-14,356	687,806	706,162	-0.02066

FUENTE: Elaborado en base al documento "Migraciones Internas Recientes en Bolivia" Jon Barttema - I.N.E.

En el caso del flujo dentro de la Vertiente Cerrada, cuyo análisis se realizó a nivel de provincia, es interesante acotar que solamente la Provincia del Cercado del Departamento de Oruro presenta un flujo de migrantes neto positivo del orden de 5,500 personas. Las Provincias de Sajama, Poopó, Cabrera y Atahuallpa del Departamento de Oruro y las Provincias Sud Lípez y Daniel Campos del Departamento de Potosí mantienen un balance en términos de inmigrantes y emigrantes. El resto de las provincias que conforman la Vertiente Cerrada son expulsores de población, destacándose notablemente las Provincias de Omasuyos, Camacho y Los Andes del Departamento de La Paz.

3.1.4 Estructura Ocupacional

La fuerza de trabajo o Población Económicamente Activa - PEA -, de la Vertiente Cerrada se estimó en 1976 en 271,300 y la población económicamente no activa - PENA - en 370,200, sobre una población total de edad laboral de 7 años y más de edad de 641,500 habitantes. La tasa refinada de actividad, o sea la PEA con relación a la población en edad laboral, alcanzó a 42.3% y la tasa bruta de actividad, o sea la PEA, respecto a la población total de la vertiente, a 32.9% (Cuadro 3.1.6).

CUADRO N° 3.1.6.

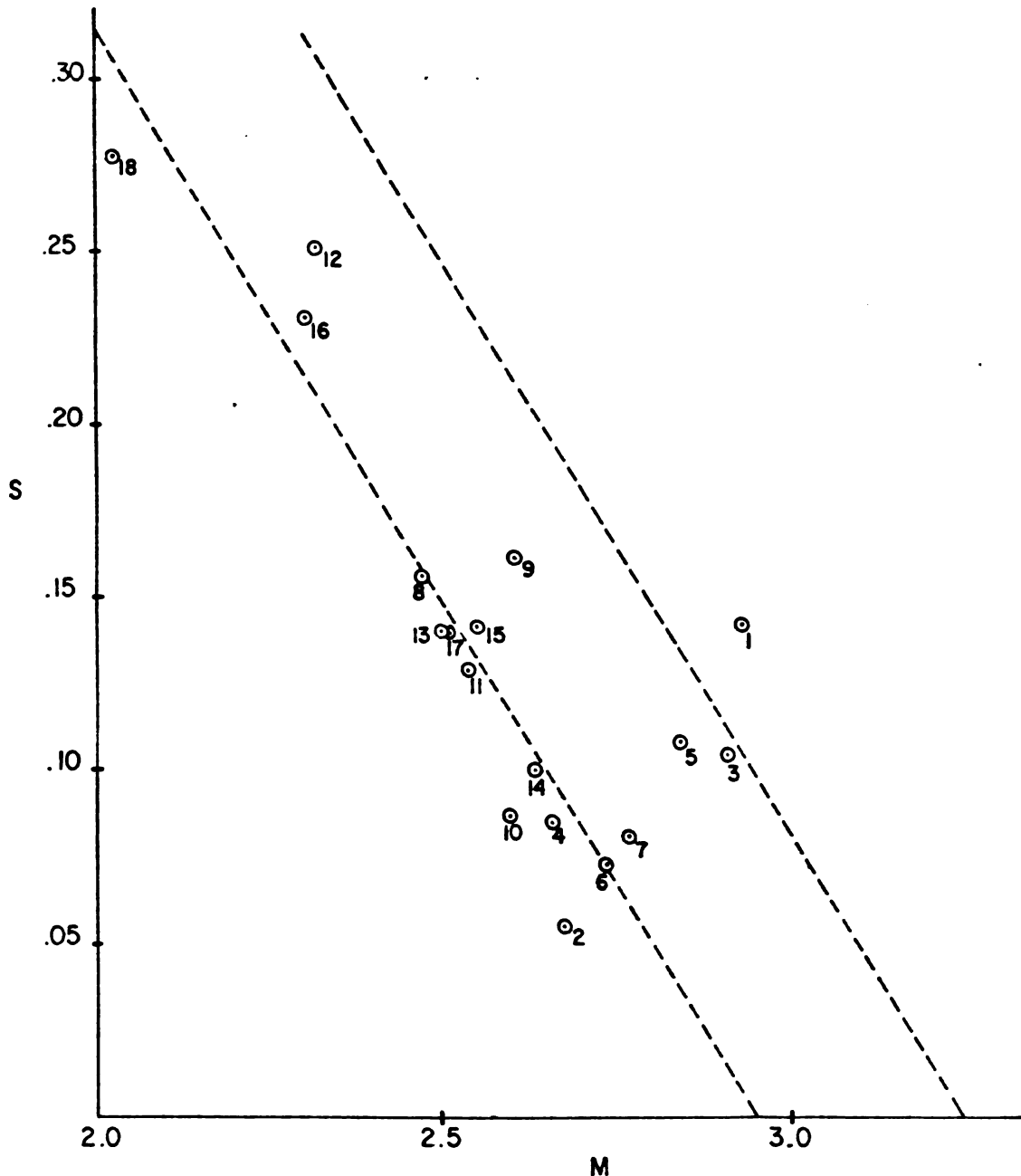
POBLACION DE 7 AÑOS Y MAS DE EDAD DE LA VERTIENTE CERRADA, SEGUN ACTIVIDAD DECLARADA - CENSO 1976

<u>Actividad</u>	<u>Habitantes</u>	<u>Estructura %</u>
Población Económicamente no Activa - PENA	370,182	57.71
Población Económicamente Activa - PEA	<u>271,296</u>	<u>42.29</u>
Población en Edad Laboral	641,478	100.00

FUENTE: Elaborado del resultado del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

ANALISIS REGIONAL DE PRECIPITACIONES

REGRESION ENTRE LOS PARAMETROS DE MEDIA (M) Y
DESVIACION STANDARD (S)

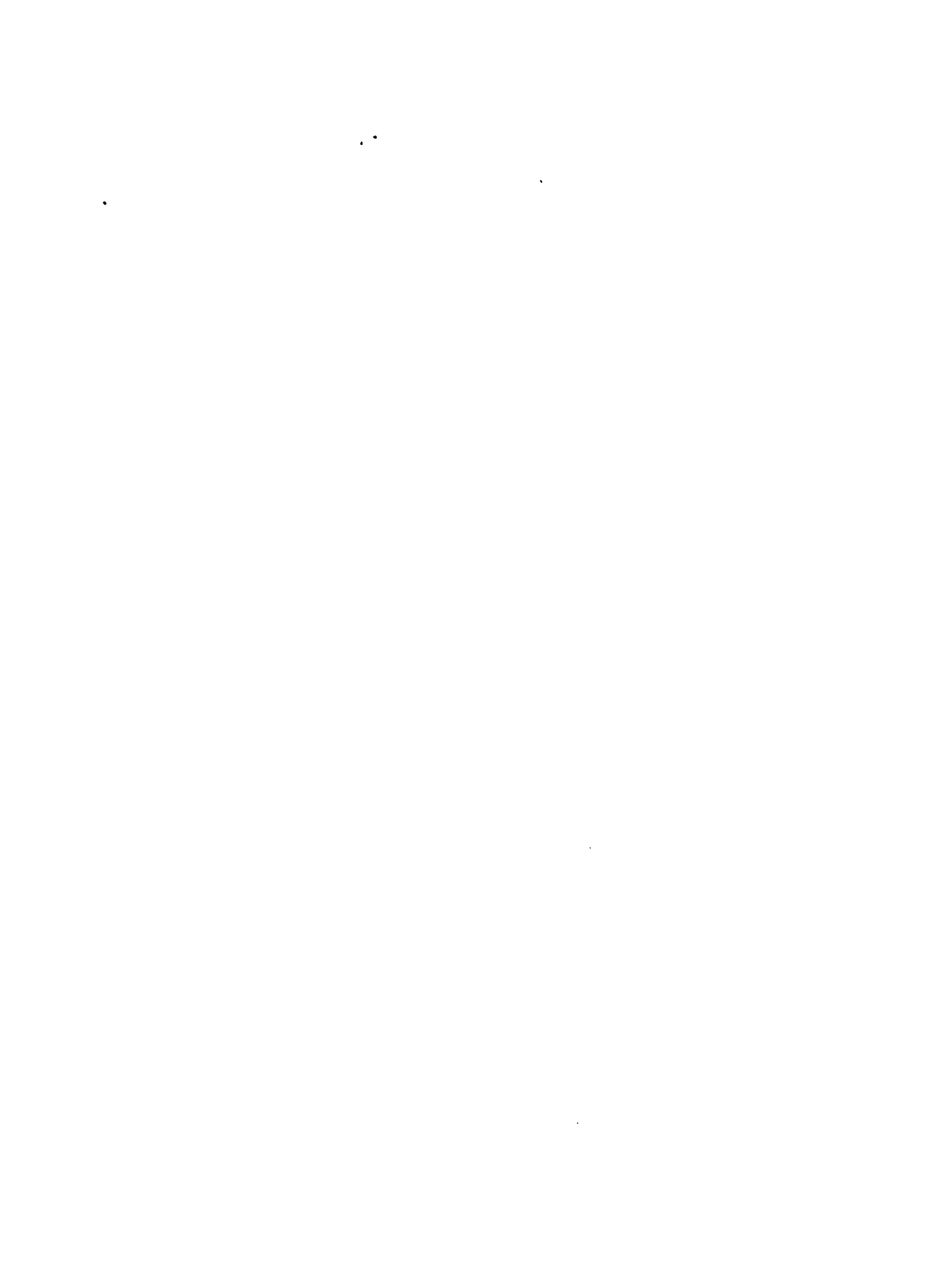


M = MEDIA DE LOGARITMOS DE PRECIPITACION ANUAL

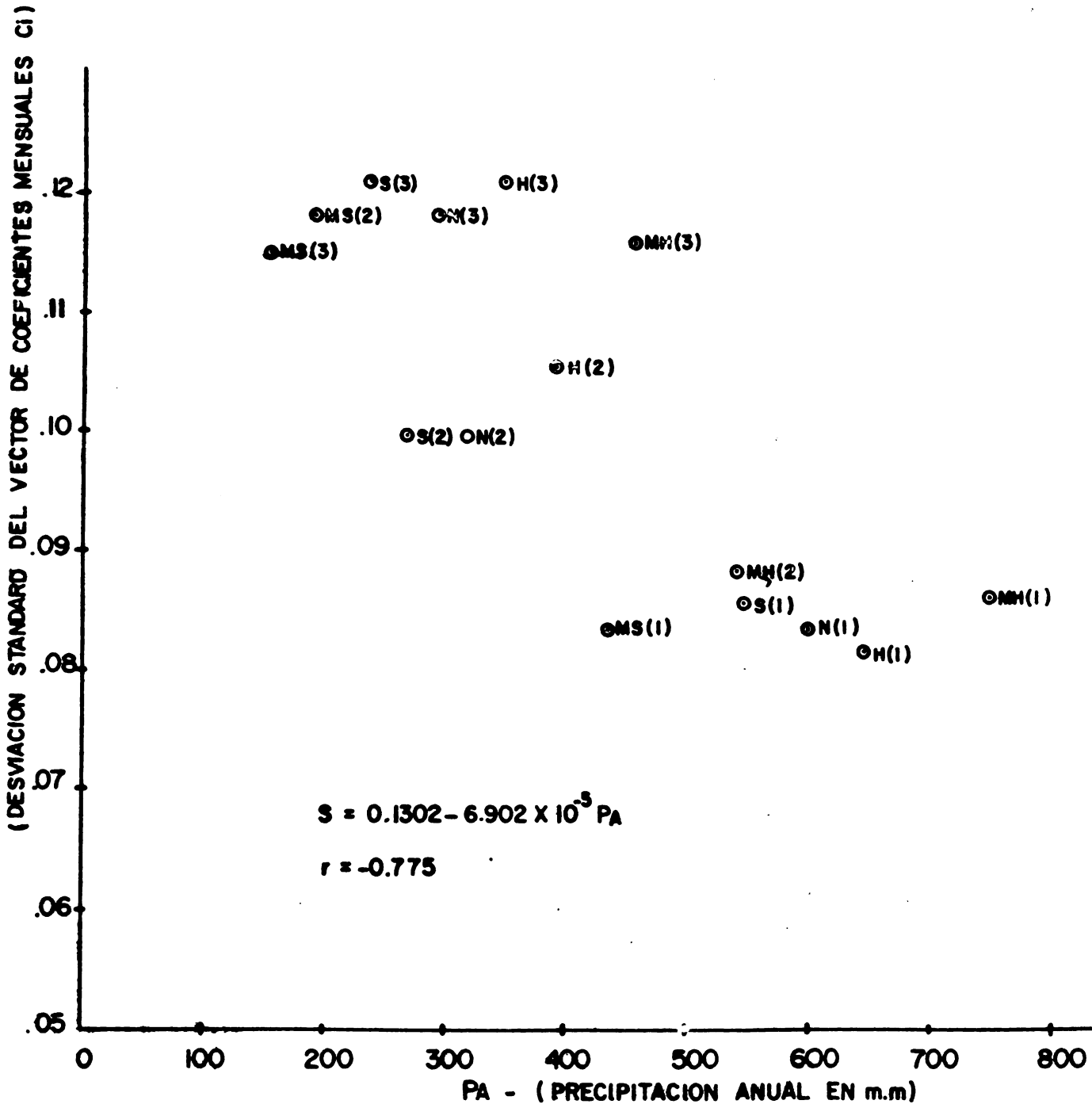
S = DESVIACION STANDARD DE LOGARITMOS DE PRECIPITACION ANUAL

$S = 0.9852 - 0.3339 M$ (EXEPTO ESTACIONES 1, 3 y 5) $r = -0.93$

$S = 1.0842 - 0.3339 M$ (ESTACIONES 1, 3 y 5)



MODELO DE DESCOMPOSICION MENSUAL DE PRECIPITACIONES
ANALISIS DE REGRESION EMPLEADO



ESTACIONES: (1)- EL ALTO
(2)- ORURO
(3)- CHARAÑA

CONDICIONES DE HUMEDAD - MH.- MUY HUMEDO
- H.- HUMEDO
- N.- NORMAL
- S.- SECO
- MS.- MUY SECO



CAPÍTULO III

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

La PEA desagregada por sexos se señala en el Cuadro 3.1.7, donde de un total de 271,300 personas correspondieron al sexo masculino cerca de 102,700; lo que significa que de 4 PEA, 3 corresponden al sexo masculino.

CUADRO N° 3.1.7.

PEA (e) DE LA VERTIENTE CERRADA SEGUN SEXOS - CENSO 1976

<u>Sexos</u>	<u>PEA</u>	<u>%</u>
Varones	201,654	74.33
Mujeres	<u>69,642</u>	<u>25.67</u>
Ambos Sexos	271,296	100.00

FUENTE: Elaborado del resultado del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E. - (e) Estimada.

Según el área de residencia de la PEA, en la Vertiente Cerrada, se destaca que cerca del 78.6%, de la PEA, está distribuída en la zona rural o sea de cada 5 PEA, 4 laboran en el campo (Cuadro 3.1.8).

CUADRO N° 3.1.8.

PEA DE LA VERTIENTE CERRADA SEGUN AREA DE RESIDENCIA
CENSO 1976

<u>Area de Residencia</u>	<u>PEA</u>	<u>%</u>
Urbano	58,005	21.38
Rural	<u>213,291</u>	<u>78.62</u>
Total	271,296	100.00

FUENTE: Elaborado del resultado del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

La población económicamente activa (PEA) según ramas de actividades en la Vertiente Cerrada y correspondiente al año 1976, se indica en el Cuadro 3.1.9, del cual se deduce:

La participación de la PEA en el sector primario es del orden de 65.9%; la sumación de ramas de agricultura, caza, silvicultura y pesca representará cerca del 90% de la PEA del sector.

La industria manufacturera, o sea del sector secundario, participó con 7.3% de la PEA de la región.

El resto, o sea el 26.8% de la PEA regional que corresponden a actividades propias del sector terciario, destacan las ramas de servicios comunales sociales, y de comercio con el 40% y 23% de la PEA del sector, respectivamente.

CUADRO N° 3.1.9.

POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA, DE 7 AÑOS Y MAS DE EDAD, SEGUN
RAMAS DE ACTIVIDAD DE LA VERTIENTE CERRADA - CENSO 1976

<u>Ramas de Actividad</u>	<u>PEA</u>	<u>%</u>
1. Agricultura, caza, silvicultura y pesca	160,054	59.00
2. Explotación de minas y canteras	18,765	6.92
3. Industrias manufactureras	19,792	7.30
4. Electricidad, gas y agua	326	0.12
5. Construcción	9,573	3.53
6. Comercio, restaurantes y hoteles	17,004	6.27
7. Transporte, almacenamiento y comunicaciones	7,147	2.63
8. Estab. financieros, seguros, inmuebles y servicios	901	0.33
9. Servicios comunales, sociales y personales	28,946	10.66
10. Actividades no especificadas	7,837	2.89
* Buscan trabajos por primera vez	<u>950</u>	<u>0.35</u>
Total	271,296	100.00

FUENTE: Elaborado de los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

3.2 Economía

3.2.1 Producto Interno Bruto Regional

El Producto Interno Bruto (PIB) de la Vertiente Cerrada, a pesos corrientes, alcanzó en el año 1976 la cantidad de 9,637 millones de pesos, que equivalen al 16.4% del PIB del país.

La relación PIB por habitante correspondió a 11,700 pesos per cápita a nivel regional, que comparado al nivel nacional representa el 92%.

La participación del PIB por sectores económicos se estimó conforme al Cuadro 3.2.1, donde el sector primario y el sector terciario representaron 44.5% y 44.4% del PIB regional, siendo la participación secundaria del orden de 10.1%.

De la participación relativa por sectores económicos con relación al total del país, se establece que, en términos relativos la Vertiente Cerrada solamente es superada por el promedio nacional en el sector terciario, manteniéndose en términos relativos el sector secundario.

CUADRO N° 3.2.1

ESTRUCTURA DE PARTICIPACION DEL PIB POR SECTORES ECONOMICOS DE LA VERTIENTE CERRADA - CENSO 1976

<u>Sector Económico</u>	<u>Millones \$b. a Pesos Corrientes</u>	<u>% Vertiente</u>	<u>% Nacional</u>
Primario	4,292	44.54	27.98
Secundario	1,065	11.05	10.85
Terciario	4,280	44.41	61.17
Total	9,637	100.00	100.00

FUENTE: Elaborado en base a las Cuentas Nacionales 1970 - 1977 del Banco Central de Bolivia y del resultado del Censo de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

3.2.2 Participación PIB Regional por Ramas de Actividad

En el Cuadro 3.2.2 se indicó la participación del PIB de la Vertiente Cerrada en las diferentes ramas de actividad durante el año 1976.

Al respecto, conviene destacar que la mayor participación del PIB regional corresponde a las ramas agropecuaria, explotación de minas y canteras y comercio, alcanzando participaciones de 24.1%, 20.5% y 18.3% respectivamente; o sea que en conjunto representan el 62.8% del PIB regional.

En términos relativos las ramas agropecuaria y de explotación de minas y canteras superan ampliamente al promedio nacional, lo que muestra su condición de actividades básicas en la región.

CUADRO N° 3.2.2.

PIB POR RAMA DE ACTIVIDAD EN LA VERTIENTE CERRADA EN MILLONES DE PESOS CORRIENTES - CENSO 1976

<u>Ramas de Actividad</u>	<u>Millones Pesos</u>	<u>Estructura %</u>	
		<u>Vertiente Cerrada</u>	<u>A Nivel Nacional</u>
- Agropecuario	2,321	24.09	17.13
- Explotación minas y canteras	1,971	20.45	10.85
- Industrias manufactureras	1,065	11.05	13.33
- Electricidad, gas y agua	88	0.91	0.99
- Construcción	313	3.25	4.59
- Comercio, restaurantes y hoteles	1,763	18.30	18.88
- Transporte, almacén y comunicaciones	556	5.77	7.42
- Establecimientos financieros	118	1.22	2.88
- Servicios comunales, sociales y personales	<u>1,442</u>	<u>14.96</u>	<u>23.93</u>
Total	9,637	100.00	100.00

FUENTE: Elaborado en base a Cuentas Nacionales 1970 - 1977 Banco Central de Bolivia y resultado del Censo de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

3.3 Educación

3.3.1 Condición de Alfabetismo

La población correspondiente a mayores de 15 años de edad, en la Vertiente Cerrada, según el Censo Nacional de 1976 alcanzó a 475,000 habitantes, de los cuales 187,500, o sea cerca del 40%, son analfabetos.

Esta condición de analfabetismo incide dramáticamente con relación al sexo femenino que alcanzó el 72%, o sea que de cada 4 personas analfabetas en la vertiente, 3 de ellas pertenecen al sexo femenino.

CUADRO N° 3.3.1

POBLACION MAYOR DE 15 AÑOS DE EDAD, EN LA VERTIENTE CERRADA,
SEGUN CONDICION DE ALFABETISMO - 1976 (e)

<u>Sexos</u>	<u>Alfabetos</u>	<u>Analfabetos</u>	<u>Total</u>
Varones	175,681	52,025	227,706
Mujeres	<u>111,819</u>	<u>135,434</u>	<u>247,253</u>
Ambos Sexos	287,500	187,459	474,959
Porcentaje	60.5	39.5	100.00

FUENTE: Elaborado de los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976/I.N.E.

(e) Estimada.

La distribución por área de residencia y por sexo de la población analfabeta de la Vertiente Cerrada, se señala en el Cuadro 3.3.2. Al respecto se deduce que, en la zona urbana, alcanzó, en 1976, a 19,300 analfabetos o sea el 10.35% del total de analfabetos de la Vertiente y su distribución por sexos correspondió al sexo masculino, con 14.5%, y en mayor proporción al sexo femenino con 85.5%.

En la zona rural, con una población analfabeta de 168,200 habitantes, en la clasificación por sexos correspondió la mayor incidencia al sexo femenino con una participación del 70.7% del total de analfabetos del área rural.

CUADRO N° 3.3.2.

POBLACION MAYOR DE 15 AÑOS DE EDAD DE LA VERTIENTE CERRADA,
EN CONDICION DE ANALFABETISMO SEGUN AREA DE RESIDENCIA,
POR SEXOS - 1976 (e)

<u>Sexos</u>	<u>Urbano</u>	<u>Rural</u>	<u>Total</u>
Varones	2,792	49,232	52,025
Mujeres	<u>16,493</u>	<u>118,942</u>	<u>135,434</u>
Ambos Sexos	19,285	168,174	187,459
%	10.29	87.91	100.00

FUENTE: Elaborado de los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

3.3.2 Asistencia Escolar

La población en edad escolar o sea la comprendida entre los 5 y 24 años de edad, en el año 1976, correspondiente a la Vertiente Cerrada, alcanzó a cerca de 363,700 habitantes; de los cuales concurren a centros educacionales 186,500 o sea el 51.3% de la población en edad escolar; mientras que los restantes 177,300 habitantes constitutivos del 48.7% restante no asisten a ningún centro educacional (Cuadro 3.3.3).

Respecto a la población en edad escolar que asiste a centros educacionales, corresponden al sexo masculino el 57.2% y 42.8% a la que no asiste.

CUADRO N° 3.3.3.

POBLACION DE 5 A 24 AÑOS DE EDAD, SEGUN ASISTENCIA ESCOLAR,
POR SEXOS - 1976

<u>Sexos</u>	<u>Asisten</u>	<u>No Asisten</u>	<u>Total</u>
Varones	106,740	75,797	182,537
Mujeres	<u>79,732</u>	<u>101,447</u>	<u>181,179</u>
Ambos Sexos	186,472	177,244	363,716
%	51.27	48.73	100.00

FUENTE: Elaborado de los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

En el Cuadro 3.3.4 se indica la población, comprendida entre los 5 y 24 años de edad, por grupos de edad, según el nivel de escolaridad correlacionado por sexos y según asistencia escolar elaborada en base de los resultados del Censo Nacional realizado en Septiembre de 1976. Al respecto cabe señalar lo siguiente:

- De la población comprendida por ambos sexos, el nivel básico (7-11 años de edad) corresponde a una población de 106,100 personas, de las cuales asisten el 81.2%, mientras el grupo de edad de 20 a 24 años con una población de 65,000, solamente asisten el 12.0%.
- La participación en términos de asistencia se da marcadamente favorable al sexo masculino. De una población asistente a centros educacionales de 186,500; corresponden al sexo masculino 106,700 o sea 57.2%. Conforme van aumentando los niveles de escolaridad la concurrencia femenina se hace menos relevante.

En la Lámina 3.3.1 se grafica la información contenida en el Cuadro 3.3.4, detallándose el porcentaje de asistencia por grupos de edad, diferenciado por sexos.

3.4 Vivienda

3.4.1 Viviendas y Habitantes

La cantidad de viviendas estimada en la Vertiente Cerrada, en el año 1976, alcanzó a cerca de 238,000 unidades, siendo habitadas por una población de 824,000 personas*, con lo que se obtiene una relación de 3.5 habitantes por vivienda (Cuadro 3.4.1).

Respecto a la distribución de la vivienda por área de residencia, conviene destacar que cerca de 189,200 unidades, o sea cerca al 80% del total de la región, están localizadas en la zona rural. Similarmen-te el porcentaje de personas que habitan dichas viviendas corresponde a 75.6% en la zona rural; obteniéndose relaciones de 4.1 y 3.3 habi-tantes por vivienda en zona urbana y rural, respectivamente.

* No se incluyen las personas censadas que declararon no tener vivienda.

CUADRO Nº 3.4.2.

CANTIDAD DE VIVIENDAS PARTICULARES Y COLECTIVAS, DE LA VERTIENTE CERRADA, POR TIPO DE VIVIENDA,
SEGUN NUMERO DE HABITANTES POR AREA DE LOCALIZACION - 1976 (e)

Tipo de Vivienda	Urbana		Rural		Total		Viviendas % Total
	Habitantes	Viviendas	Habitantes	Viviendas	Habitantes	Viviendas	
- Particular	195,369	48,580	618,943	188,950	814,312	237,530	99.8
- Casa Independiente	108,156	24,558	213,452	64,743	321,608	89,301	37.5
- Departamento y Habitación en Casa de Vecindad	72,685	19,484	14,778	5,434	87,463	24,918	10.5
- Choza - Pahuichi	13,409	4,092	387,444	116,404	400,853	120,496	50.6
- Vivienda Improvisada, no Destinada y Otro Colectiva	1,119	446	3,269	2,369	4,388	2,815	1.2
	5,736	192	3,907	230	9,643	422	0.2
Total	201,105	48,772	622,850	189,180	823,312	237,952	100.00

FUENTE: Elaborado del resultado del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

CUADRO N° 3.4.1.VIVIENDAS SEGUN EL NUMERO DE HABITANTES Y CANTIDAD DE VIVIENDAS URBANAS Y RURALES (e) 1976

<u>Area</u>	<u>Habitantes</u>	<u>Viviendas</u>		<u>Habitantes/Vivienda</u>
		<u>Número</u>	<u>%</u>	
Urbano	201,105	48,772	20.5	4.1
Rural	<u>622,850</u>	<u>189,180</u>	<u>79.5</u>	<u>3.3</u>
Total	823,955	237,952	100.0	3.5

FUENTE: Elaborado de los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

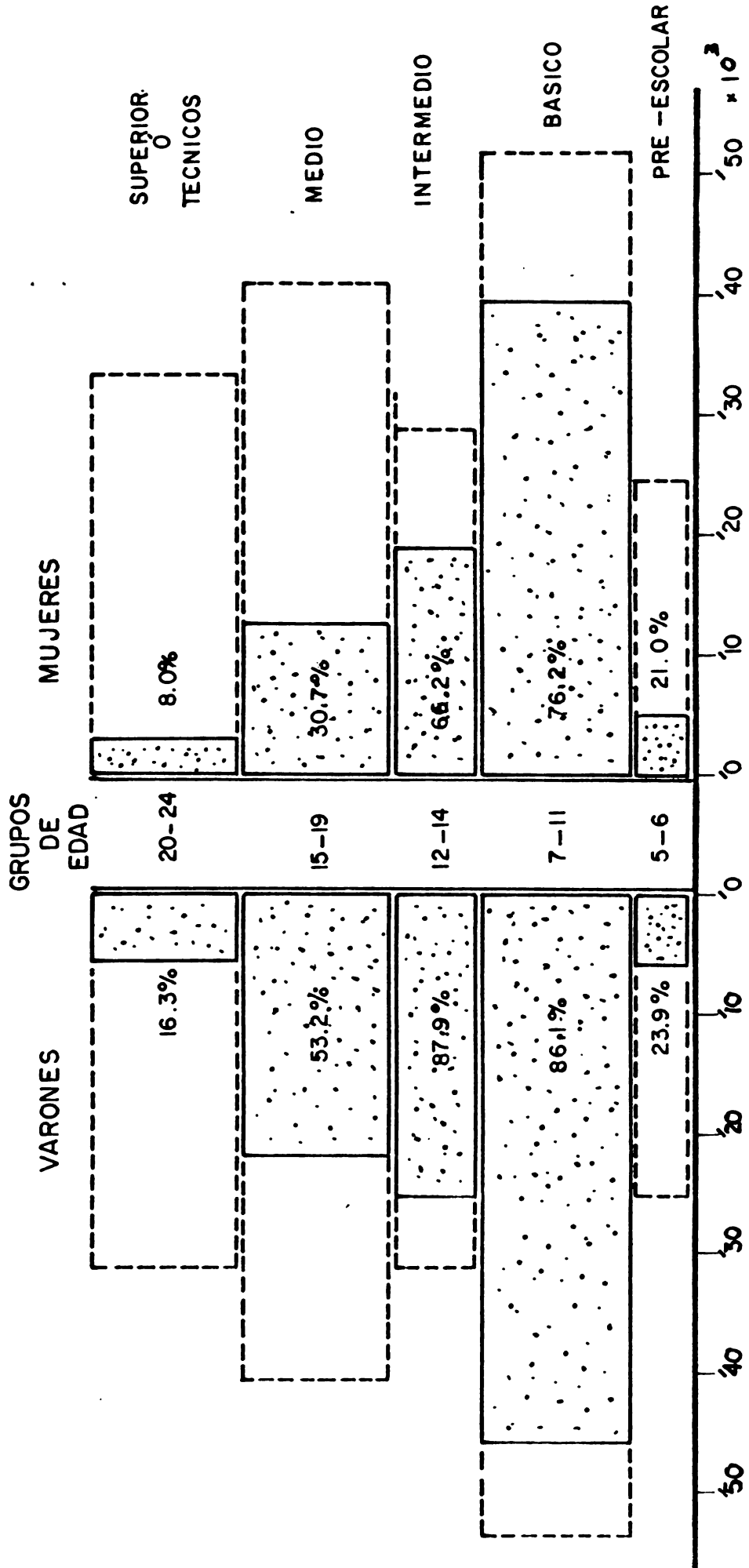
Del Cuadro 3.4.2 se infiere que, las viviendas particulares, representan casi la totalidad de las existentes de la Vertiente Cerrada, en el año de 1976.

Dentro de las viviendas particulares el tipo de choza y pahuichi, alcanzó a 120,500 unidades que representan el 50.6% del total de la región, habitados por 400,850 personas, obteniéndose un índice de 3.3 habitantes por vivienda. En segundo lugar corresponden a viviendas del tipo casa independiente, que alcanzaron a 89,300 unidades, habitadas por 321,600 personas, con un índice de 3.6 habitantes por vivienda.

En las áreas urbanas las casas independientes representan el 50% del total de viviendas localizadas en dicha área geográfica, siguiendo en orden los departamentos y habitaciones en casas de vecindad que participan en conjunto con un 40% del total. Los índices de habitantes por vivienda alcanzaron a 4.4 y 3.7 habitantes/vivienda, respectivamente.

En las áreas rurales destacan las chozas y pahuichis que representaron el 61.5% de las viviendas rurales de la vertiente, siguiendo en orden las casas independientes con 34.2%. La relación de habitantes/vivienda, en ambos tipos de viviendas indicadas fue de 3.3.

PIRAMIDE DE POBLACION TOTAL Y ASISTENCIA A CENTROS EDUCACIONALES DE 5 ó 24 AÑOS DE EDAD, SEGUN NIVEL Y SEXOS



CUADRO N° 3.3.4.

POBLACION, DE 5 A 24 AÑOS, POR GRUPOS DE EDADES, SEGUN NIVEL ESCOLAR,
POR SEXOS, SEGUN ASISTENCIA ESCOLAR (e) 1976

Nivel Escolar Grupo de Edades	Población (5 a 24 Años)		Varones		Mujeres				
	Total	Asisten	No Asisten	Total	Asisten	No Asisten			
Pre-Escolar (5 - 6 Años)	50,054	11,239	38,815	25,238	6,032	19,206	24,816	5,207	19,609
P Básico R (7 a 11 Años)	106,128	86,204	19,924	53,783	46,305	7,478	52,345	39,899	12,446
I M A R									
I Intermedio A (12 a 14 Años)	60,385	46,788	13,597	31,339	27,560	3,779	29,046	19,228	9,818
Medios (15 - 19 Años)	82,179	34,418	47,761	40,868	21,726	19,142	41,311	12,693	28,618
Superior y/o Téc- nicos (20 - 24 Años)	64,970	7,823	57,147	31,309	5,117	26,192	33,661	2,705	30,956
Total (5 - 24 Años)	363,716	186,742	177,244	182,537	106,740	75,797	181,179	79,732	101,447

FUENTE: Elaborado de los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

Según el régimen de tenencia de las viviendas particulares, en la región, sobre un total de 202,770 unidades declaradas en el Censo Nacional de 1976, cerca de 157,200 son de propiedad privada, cantidad que representa el 77.5% del total de la región. En relación a viviendas en condición de alquiler y/o contrato anticrético su número alcanzó a 23,250 unidades, que representa 11.5% del total de la vertiente.

A nivel urbano, en el Cuadro 3.4.3, se indica que, sobre un total de 45,600 unidades, corresponden 19,600 a régimen de propiedad privada; y en alquiler y/o anticrético cerca de 17,100 viviendas; que en términos relativos representan el 43.1% y 37.5% de las viviendas urbanas de la región.

A nivel rural de 157,200 viviendas, el 87.5% de ellas o sea 137,600 corresponden a propiedad privada.

Correlacionando los tipos de viviendas particulares con el régimen de tenencia, conforme se destaca en el Cuadro 3.4.4, de un total de 157,200 viviendas en propiedad privada, 94,300 corresponden a chozas y pahuichis; y 55,600 a casas independientes o sea 60.2% y 35.4%, respectivamente del total de viviendas en propiedad.

CUADRO N° 3.4.3.

VIVIENDAS PARTICULARES DE LA VERTIENTE CERRADA, SEGUN REGIMEN DE TENENCIA, URBANAS Y RURALES (e) 1976

Regimen de Tenencia	Urbanas		Rurales		Total	
	Viviendas	%	Viviendas	%	Viviendas	%
En Propiedad	19,635	43.06	137,580	87.54	157,215	77.53
En Alquiler o Contrato Anticrético	17,096	37.49	6,158	3.92	23,254	11.47
Cedida por Servicio	7,760	17.02	11,830	7.52	19,590	9.66
Otra Forma	<u>1,110</u>	<u>2.43</u>	<u>1,601</u>	<u>1.02</u>	<u>2,711</u>	<u>1.34</u>
Vertiente	45,601	100.00	157,169	100.00	202,770	100.00

FUENTE: Elaborado en base de los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976, I.N.E.

CUADRO N° 3.4.4.

VIVIENDAS PARTICULARES, DE LA VERTIENTE CERRADA, POR TIPO DE VIVIENDA, SEGUN REGIMEN DE TENENCIA DIFERENCIADO POR AREA URBANA Y RURAL - 1976 (e)

Tipo de Vivienda Particular	Regimen de Tenencia										Total			
	Urbano					Rural								
	Propiedad	Alquiler Anticrético	Servicios	Otros	Alquiler Anticrético	Propiedad	Alquiler Anticrético	Servicios	Otros	Propiedad		Alquiler Anticrético	Serv.	Otro
Casa Independiente	11,854	4,496	5,770	335	335	43,780	2,056	5,818	471	471	55,634	6,552	11,588	80
Departamento y Habitación en Casa Vecindad	5,550	11,554	1,419	684	684	1,437	1,604	1,580	117	117	6,987	13,158	2,999	80
Choza - Pahui-chi	2,151	972	398	77	77	92,119	2,462	3,512	941	941	94,270	3,434	3,910	1,011
Vivienda Improvisada, no Destinada y Otros	80	74	173	14	14	244	36	920	72	72	324	110	1,093	80
Vertiente	19,635	17,096	7,760	1,110	1,110	137,580	6,158	11,830	1,601	1,601	157,215	23,254	19,590	2,711

FUENTE: Elaborado del resultado nacional del Censo de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

En el caso de las viviendas, con regimen de tenencia, en forma de alquiler y/o contrato anticrético, sobre un total de 23,250 viviendas censadas, corresponden 13,150 al tipo de departamento o habitación en casa de vecindad, cantidad que representa 56.6% y a casas independientes 6,550 unidades que representan el 28.2% del total.

En el área urbana, sobre el total de viviendas disponibles, en 1976, el 25.3% están en condición de alquiler o contrato anticrético y corresponden al tipo de departamento o habitación, conviene señalar que otros 26.0% de las viviendas urbanas corresponde a casa independiente en propiedad privada.

En el área rural, el 58.6% de las viviendas están en regimen de propiedad privada, que corresponden, fundamentalmente, a vivienda del tipo de choza o pahuichi, y cerca del 27.8% de las viviendas rurales a casa independiente en propiedad privada.

Con relación al número de habitantes por hogar, según el número de dormitorios, de un total de 814,300 personas, cerca de 661,700 o sea 81.2% de las personas viven en hogares de 0 a 1 dormitorios. Por otro lado, el 14% del total de las personas habita en hogares de 2 dormitorios y solamente el 4.8% del total en hogares de 3 y más dormitorios.

Considerando la zona urbana, cerca del 30.1% de la población urbana habita en hogares sin dormitorio, 35.7% en hogares de un dormitorio, y 22.1% en hogares de 2 dormitorios y solamente 12.1%, de la población urbana, en hogares con 3 o más dormitorios.

En relación a la vivienda rural, el 86.1% de la población de la Vertiente Cerrada habita en hogares de 0 a 1 dormitorios; correspondiendo 11.5% a hogares de 2 dormitorios, y solamente el 2.3% en hogares de 3 o más dormitorios.

La concentración de habitantes en hogares con número infimo de dormitorios señala el grado de hacinamiento en que se encuentra la población de la vertiente.

CUADRO N° 3.4.5.

HABITANTES POR HOGAR SEGUN NUMERO DE DORMITORIOS,
 EN AREAS URBANA Y RURAL, EN LA VERTIENTE CERRADA (e) 1976

Número de Dormitorios en el Hogar	Urbano		Rural		Total	
	Habitantes	%	Habitantes	%	Habitantes	%
0	58,773	30.08	201,852	32.61	260,625	32.01
1	69,783	35.72	331,317	53.53	401,100	49.25
2	43,130	22.08	71,346	11.53	114,476	14.06
3	16,464	8.43	10,591	1.71	27,055	3.32
4	5,185	2.65	2,878	0.46	8,063	0.99
5	1,250	0.64	542	0.09	1,792	0.22
6 o Más	<u>784</u>	<u>0.40</u>	<u>417</u>	<u>0.07</u>	<u>1,201</u>	<u>0.15</u>
Total	195,369	100.00	618,943	100.00	814,312	100.00

FUENTE: Elaborado en base de los resultados del Censo Nacional de Po
blación y Vivienda de 1976 - I.N.E.

3.4.2 Materiales de Construcción

Las características generales de los materiales utilizados en la cons
trucción de viviendas, en la Vertiente Cerrada, están señalados en
 los Cuadros 3.4.6, 3.4.7 y 3.4.8.

Según el tipo de techo utilizado en las viviendas, en líneas genera-
 les, de un total de 198,100 viviendas, corresponde casi un 50% a pa-
 ja, caña o palma, y 47.7% a calamina o tejas. Con relación a las vi-
 viviendas urbanas, de un total de 45,000 unidades cerca del 88.0% co-
 rresponde a techo de calamina y tejas; mientras que en las viviendas
 rurales, de un total de 153,100, corresponden 61.7% al tipo de techo
 de paja, caña, palma y 35.8% a calamina y tejas.

La construcción de vivienda con techo de losa de hormigón armado care-
ce de significación.

CUADRO N° 3.4.6.VIVIENDAS PARTICULARES POR TIPO DE TECHO, SEGUN AREAS GEOGRAFICAS DE LA VERTIENTE CERRADA (e) - 1976

<u>Tipo de Techo</u>	<u>Urbano</u>		<u>Rural</u>		<u>Total</u>	
	<u>Vivienda</u>	<u>%</u>	<u>Vivienda</u>	<u>%</u>	<u>Vivienda</u>	<u>%</u>
Calamina, Tejas	39,587	88.02	54,817	35.80	94,404	47.66
Losa de Hormigón	42	0.09	17	0.01	59	0.03
Paja, Caña, Palma	4,914	10.93	94,473	61.71	99,387	50.18
Sin Especificar	<u>431</u>	<u>0.96</u>	<u>3,793</u>	<u>2.48</u>	<u>4,224</u>	<u>2.13</u>
Total	44,974	100.00	153,100	100.00	198,074	100.00

FUENTE: Elaborado en base del resultado del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

CUADRO N° 3.4.7.VIVIENDAS PARTICULARES POR TIPO DE PAREDES, SEGUN AREAS GEOGRAFICAS DE LA VERTIENTE CERRADA (e) - 1976

<u>Tipo de Paredes</u>	<u>Urbano</u>		<u>Rural</u>		<u>Total</u>	
	<u>Vivienda</u>	<u>%</u>	<u>Vivienda</u>	<u>%</u>	<u>Vivienda</u>	<u>%</u>
Ladrillo, Bloques de Cemento, Piedra.	1,901	4.23	11,287	7.37	13,188	6.66
Adobe con/sin Reboque y Tapial	42,455	94.40	132,300	86.41	174,755	88.23
Madera	153	0.34	1,393	0.91	1,546	0.78
Caña, Palma, Troncos	32	0.07	4,329	2.83	4,361	2.20
Sin Especificar	<u>431</u>	<u>0.96</u>	<u>3,793</u>	<u>2.48</u>	<u>4,224</u>	<u>2.13</u>
Total	44,972	100.00	153,102	100.00	198,074	100.00

FUENTE: Elaborado en base del resultado del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

CUADRO N° 3.4.8.VIVIENDAS PARTICULARES POR TIPO DE PISOS SEGUN AREAS
GEOGRAFICAS DE LA VERTIENTE CERRADA - (e) 1976

<u>Tipo de Pisos</u>	<u>Urbano</u>		<u>Rural</u>		<u>Total</u>	
	<u>Vivienda</u>	<u>%</u>	<u>Vivienda</u>	<u>%</u>	<u>Vivienda</u>	<u>%</u>
- Madera, Mosaico, Baldosas, Cemen- to o Ladrillos	36,733	81.68	19,724	12.88	56,457	28.50
- Tierra	7,810	17.36	129,583	84.64	137,393	69.36
- Sin Especificar	<u>431</u>	<u>0.96</u>	<u>3,793</u>	<u>2.48</u>	<u>4,224</u>	<u>2.14</u>
Total	44,974	100.00	153,100	100.00	198,074	100.00

FUENTE: Elaborado en base al Resultado del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

Según el tipo de paredes utilizados se puede señalar que el 88.2% utiliza paredes de adobe con o sin reboque y tapial. La utilización de este material, representa el 94.4% de las viviendas urbanas y el 86.4% de las viviendas rurales, siendo insignificante el uso de paredes de madera, caña, palma y troncos.

En relación al tipo de piso utilizado, casi el 70% de las viviendas de la vertiente posee pisos de tierra, destacándose, en la zona urbana, que el 81.7% de las viviendas tienen pisos de madera, mosaico, cemento o ladrillos y solamente el 7.8% piso de tierra. Lo contrario sucede con las viviendas rurales en que el 84.6% poseen piso de tierra y que el 12.9% tienen pisos de mejor calidad.

3.4.3 Sistemas Sanitarios y Energía

a) Sistema de Abastecimiento de Agua.

Del Cuadro 3.4.9 se desprende que, de 202,770 viviendas, solamente 54,100 reciben suministro de agua por cañería sea dentro o fuera de la vivienda. Es interesante acotar que el 88.8% de las viviendas urbanas reciben suministro de agua por cañería ocurriendo lo contrario en la zona rural, en que el 91.3% de las viviendas rurales no reciben agua por cañerías.

b) Sistema de Eliminación de Aguas Servidas.

La situación de la población que habita en la Vertiente Cerrada es más dramática, en términos de disponer sistema de eliminación de aguas servidas en las viviendas (Cuadro 3.4.10).

Al respecto se debe indicar que solamente 7.6% de las viviendas disponen de sistema de eliminación de aguas servidas.

En el ámbito urbano, solamente el 25.7% de las viviendas disfrutan de dicho servicio, sea en forma de alcantarillado público, cámara séptica, letrina o pozo ciego; mientras que solamente el 23% de las viviendas rurales disponen de dicho servicio.

CUADRO N° 3.4.9.

HOGARES PARTICULARES, SEGUN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUAS,
EN LA VERTIENTE CERRADA (e) - 1976

Sistema de Abastecimiento de Aguas	Urbano		Rural		Total	
	Vivienda	%	Vivienda	%	Vivienda	%
Suministro por Cañerías	40,492	88.79	13,636	8.68	54,128	26.69
a) Dentro de la Vivienda	8,477	18.59	1,386	0.88	9,863	4.86
b) Fuera de la Vivienda	32,015	70.20	12,250	7.70	44,265	21.83
No reciben aguas por Cañerías	5,110	11.21	143,534	91.32	148,644	73.31
Total	45,602	100.00	157,170	100.00	202,772	100.00

FUENTE: Elaborado en base a los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

CUADRO N° 3.4.10.

HOGARES PARTICULARES, SEGUN SISTEMA DE ELIMINACION DE AGUAS
SERVIDAS EN LA VERTIENTE CERRADA (e) - 1976

Sistema de Eliminación de Aguas Servidas	Urbano		Rural		Total	
	Vivienda	%	Vivienda	%	Vivienda	%
Sistema Eliminación	11,721	25.70	3,625	2.31	15,346	7.57
a) Alcantarillado Público	9,911	21.73	923	0.59	10,834	5.34
b) Cámara Séptica, Letrina o Pozo Ciego	1,810	3.97	2,702	1.72	4,512	2.23
No tiene	33,880	74.30	153,546	97.69	187,426	92.43
Total	45,601	100.00	157,171	100.00	202,772	100.00

FUENTE: Elaborado en base de los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

c) Sistema de Suministro de Energía Eléctrica.

La disponibilidad de energía eléctrica en los hogares particulares se señala en el Cuadro 3.4.11. En términos generales se observa que el 78.9% de las viviendas de la vertiente no disponen de energía eléctrica. Conviene diferenciar que en la zona urbana, el 77.5% de los hogares disfrutan de dichos servicios; mientras que en la zona rural solamente el 4.8% de las viviendas rurales cuentan con el servicio.

CUADRO N° 3.4.11.

HOGARES PARTICULARES, SEGUN SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA
EN LA VERTIENTE CERRADA (e) - 1976

Suministro de Energía Eléctrica	Urbano		Rural		Total	
	Vivienda	%	Vivienda	%	Vivienda	%
Tienen	35,311	77.44	7,493	4.77	42,804	21.11
No Tienen	<u>10,290</u>	<u>22.56</u>	<u>149,678</u>	<u>95.23</u>	<u>159,968</u>	<u>78.89</u>
Total	45,601	100.00	157,171	100.00	202,772	100.00

FUENTE: Elaborado en base de los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1976 - I.N.E.

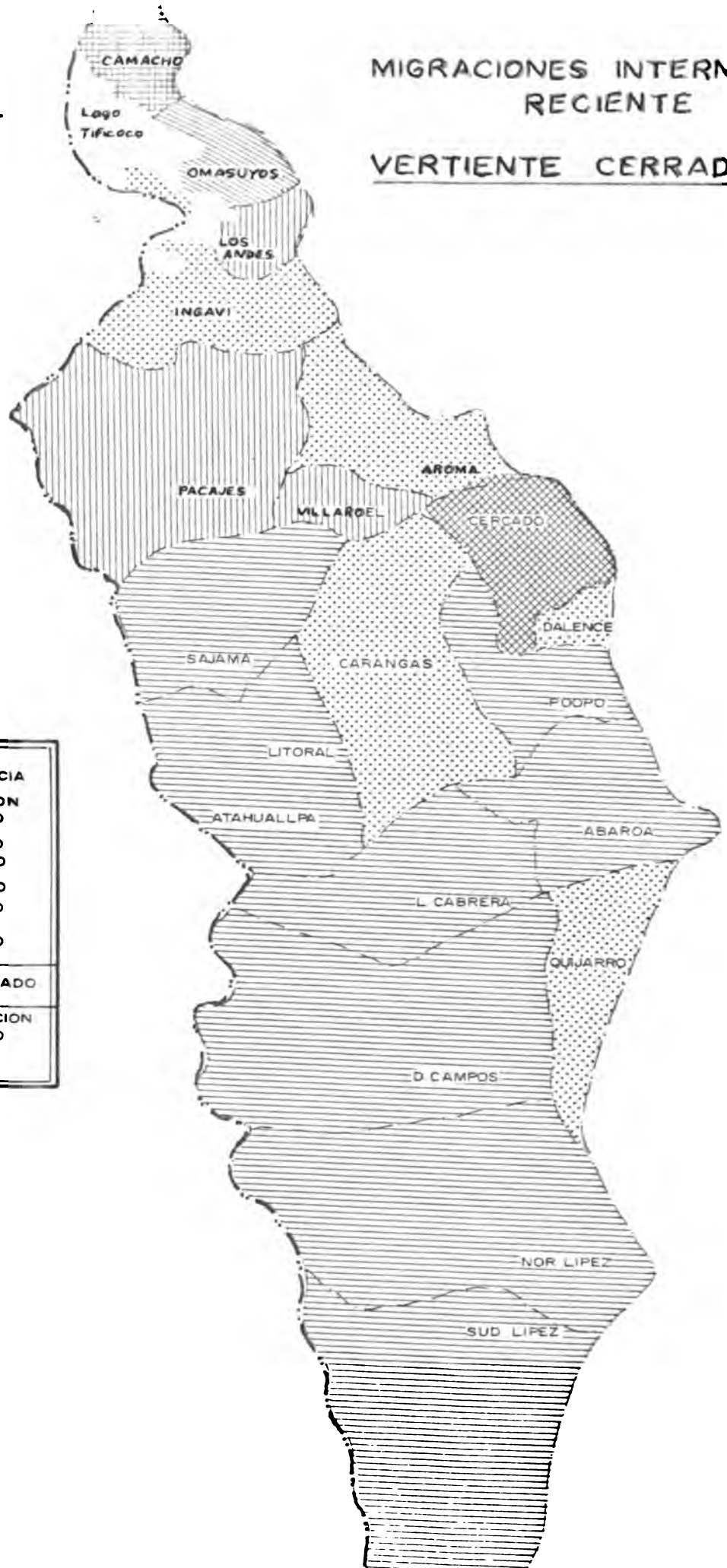
4. ASPECTOS AGROPECUARIOS

En relación a la estructura agraria y las organizaciones campesinas para la producción y comercialización no se dispone para éstas de información desagregada que permita elaborar un diagnóstico a nivel de vertiente. Lo mismo sucede en cuanto al uso de la tierra y su potencial, razón por la cual estos aspectos se han tratado a nivel global, los que son válidos para las vertientes, con carácter general, sobre todo en lo que se refiere a Valles y Altiplano que ocupan la mayor superficie dentro del ámbito delimitado para fines del estudio. Por lo anteriormente señalado, se ha tratado de concentrar el análisis en la parte de producción agrícola por vertientes, el mismo que se presenta con mayor detalle para los productos más importantes de cada vertiente en el Capítulo de Comercialización, sobre la base de la información disponible a 1978 proveniente del Departamento de Estadística del Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. Por otro lado, no se ha podido elaborar la parte correspondiente a ganadería por cuanto la información estadística respectiva aún se encuentra en revisión por el departamento antes mencionado y además por no ser particularmente relevante para los fines del estudio.

La Vertiente Cerrada, tal como se ha delimitado en el mapa de vertientes, está formada por la región altiplánica de los Departamentos de La Paz, Oruro y Potosí, cuyas corrientes de agua desembocan en los Lagos Titicaca y Poopó y en los Salares de Uyuni y Coipasa. La superficie cultivada en 1980, tal como se muestra en el Cuadro 4.1, alcanza a 137,798 ha., de las cuales el 26.4% corresponde a cereales; el 37% a tubérculos y raíces; el 30.8% a forrajes y el 5.8% a hortalizas. Los rendimientos son considerablemente bajos; así el principal cultivo, la papa, alcanza una producción de 3,885 Kg/ha., que bajo riego y mejor nivel tecnológico se podría duplicar fácilmente; del mismo modo, los rendimientos de los otros cultivos podrían mejorar sustancialmente al establecerse sistemas de riego acompañado de otros componentes que conforman un paquete tecnológico adecuado a la realidad del Altiplano.

MIGRACIONES INTERNA RECIENTE

VERTIENTE CERRADA



CLAVE	PROVINCIA
	EXPULSION < 1.500
	> 1.500 < 2.500
	> 2.500 < 3.500
	> 3.500
	EQUILIBRADO
	ATRACCION 5.500

CAPÍTULO IV

ASPECTOS AGROPECUARIOS

Las causas fundamentales de la reducida superficie cultivada y los bajos rendimientos logrados en esta vertiente son las condiciones restrictivas del medio ecológico, la poca atención del Sector Público Agropecuario en obras de infraestructura de producción, de comercialización, política de precios y una fuerte rigidez del mercado interno, todo lo cual incide en los productos de la vertiente destinados al consumo interno.

En esta vertiente, prácticamente no se tiene agroindustria que podría dinamizar la producción agrícola. Si bien al presente se ejecutan los proyectos de Ulla-Ulla, para el desarrollo de camélidos e industrialización de su pelo y lana de ovinos, de Ingavi y Omasuyos - Los Andes para el desarrollo rural integrado; aún faltan acciones que tengan impacto en la producción de papa y otros tubérculos, en los cereales y en la producción de forrajes para mejorar la ganadería; sobre todo teniendo en cuenta las pocas alternativas de producción de esta región, se deben utilizar tecnologías agropecuarias que permitan incorporar las superficies en descanso y elevar la productividad por hectárea.

CUADRO No 4.1.1 - PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, AÑO 1980

Productos	Vertiente Cerrada											
	Departamento La Paz			Departamento Oruro			Departamento Potosí			Total Vertiente		
	Sup/Has	Rendimiento Kg/Ha	Producción TM	Sup/Has	Rendimiento Kg/Ha	Producción TM	Sup/Has	Rendimiento Kg/Ha	Producción TM	Sup/Has	Rendimiento Kg/Ha	Producción TM
Cereales:	21,338		11,300	12,435		6,590	2,670	1,470	36,443			19,360
cebada en Grano	16,748	515	8,630	4,090	600	2,455	-	-	20,838	532		11,085
Maíz Blando	110	1,409	155	-	-	-	-	-	110	1,409		155
Trigo	510	353	180	830	452	375	-	-	1,340	414		555
Avena	3,760	590	2,220	7,470	500	3,735	2,670	1,470	13,900	534		7,425
Avena Grano	210	548	115	45	556	25	-	-	255	549		140
Forrajes:	29,350		101,210	13,095		63,090	-	-	42,445			164,300
cebada Berza	26,860	2,991	80,340	8,995	2,000	17,990	-	-	35,855	2,742		98,330
alfalfa Verde	2,490	8,381	20,870	4,100	11,000	45,100	-	-	6,590	10,010		65,970
Verduras y Raíces:	26,630		114,705	24,330		81,530	-	-	50,960			196,235
papa	26,630	4,307	114,705	23,170	3,400	78,780	-	-	49,800	3,885		193,485
cañahuate	-	-	-	855	2,503	2,140	-	-	855	2,503		2,140
pataliza	-	-	-	305	2,000	610	-	-	305	2,000		610
Ortizas:	5,010		8,790	2,940		6,825	-	-	7,950			15,616
cebada Frescas	4,095	1,262	5,170	2,210	1,749	3,865	-	-	6,305	1,433		9,035
aveja Fresca	615	2,569	1,580	120	1,292	155	-	-	735	2,360		1,735
cebolla	300	6,800	2,040	610	4,598	2,805	-	-	910	5,324		4,845
Total	82,328		236,005	52,800		158,035	2,670	1,470	137,798			395,510

FUENTE: Elaborado en base a datos del Departamento de Estadísticas del MACA.

DOCUMENTO
MICROFILMADO

8 JUN 1983

Fecha: