

ORSTOM

IHH - UMSA

PHICAB

SENAMHI

CONAPHI

**BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL
DE LA CUENCA DE LOS RIOS
BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA**

RIO DE LA PLATA - BOLIVIA



RICARDO FRIAS CORNEJO

O R S T O M

I H H - U M S A

P H I C A B

S E N A M H I

C O N A P H I

**BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL
DE LA CUENCA DE LOS RIOS
BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA**

RIO DE LA PLATA - BOLIVIA

RICARDO FRIAS CORNEJO

CO-DIRECTOR PHICAB	: MICHEL-ALAIN ROCHE
DIRECTOR IHH	: ROGER MATTOS
DIRECTOR SENAMHI	: MARIO CANEDO
ASSESOR IHH	: JORGE PENA

1989

P R O L O G O

El presente trabajo, constituye un estudio preliminar, como parte integrante de la investigación de los Recursos Hídricos en la región de la Cuenca de los ríos Bermejo y Grande de Tarija, que abarca a territorio de Bolivia y Argentina. Su objetivo principal, es la evaluación cuantitativa, espacial y temporal, del equilibrio de las entradas y salidas de agua en el sistema físico que representa la cuenca.

Los resultados de esta evaluación, permitirán inferir criterios que sirvan para futuros estudios de aprovechamiento de los recursos hídricos.

El contenido de este estudio, en su primera parte, describe las características físicas del sistema, dando énfasis al aspecto de la clasificación climática de la región. En el capítulo 2, se presenta el desarrollo de las interrelaciones existentes entre las variables hidrometeorológicas, en base al análisis estadístico. En el capítulo 3, se presenta el resultado del trabajo, en la formulación del Balance Hídrico Superficial de la cuenca en estudio, para el período 1968-1982. Las consideraciones generales sobre este resultado, se exponen en el capítulo 4. Los anexos, cuadros y figuras, se han elaborado con el propósito de facilitar la comprensión de los temas analizados.

La "Guía Metodológica para la elaboración del Balance Hídrico de América del Sur" ha servido de instrumento metodológico para la elaboración de este estudio. La Bibliografía consultada, en especial la referida a Bolivia, ha significado una ayuda importante para el desarrollo de los temas.

INDICE GENERAL

	<u>Página</u>
PROLOGO	IV
TERMINOLOGIA DE SIGLAS, SIMBOLOS Y ABREVIATURAS.	XIX
CAPITULO 1	
INTRODUCCION	
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 OBJETIVOS	1
1.2.1 OBJETIVOS GENERALES	1
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
1.3 EL CICLO HIDROLOGICO Y LA ECUACION DE BALANCE	3
1.4 AMBITO GEOGRAFICO	5
1.4.1 UBICACION GEOGRAFICA	5
1.4.2 HIDROGRAFIA	6
1.4.3 DIVISION DE UNIDADES HIDROLOGICAS	10
1.4.4 CLIMA	14
1.4.4.1 LIMITES DE LAS AREAS CLIMATOLOGICAS	19
1.4.4.1.1 PISO BASAL	21
1.4.4.1.2 PISO MONTANO TEMPLADO	25
1.4.4.1.3 PISOS SUBALPINO Y ALPINO	28
1.4.4.2 CLASIFICACION DE LAS REGIONES CLIMATICAS SEGUN KÖPPEN	28
1.4.4.3 CLASIFICACION CLIMATICA SEGUN MEIGS	29
1.4.4.4 CLASIFICACION CLIMATICA SEGUN TREWARTHA-ROBINSON	30
1.4.4.5 CLASIFICACION CLIMATICA SEGUN THORNTWHAITE	30
1.4.4.6 CLASIFICACION CLIMATICA SEGUN GARCIA-VIPARELLI	34
1.4.5 FISIOGRAFIA, GEOLOGIA, TOPOGRAFIA, EDAFOLOGIA, COBERTURA Y USO DEL SUELO	37
1.4.5.1 FISIOGRAFIA	37
1.4.5.2 GEOLOGIA	39
1.4.5.2.1 TIPOS DE ROCAS	43
1.4.5.3 TOPOGRAFIA	44
1.4.5.4 EDAFOLOGIA	44
1.4.5.5 COBERTURA Y USO DEL SUELO	49
1.4.6 UBICACION DE LOS PUNTOS DE INTERES SIGNIFICATIVO	55

- VII -
I N D I C E G E N E R A L

	<u>Página</u>
1.4.7 ACTIVIDAD ECONOMICA	59
 CAPITULO 2	
ESTUDIO DE LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL	
2.1 GENERALIDADES	63
2.2 PERIODO CONSIDERADO PARA EL ESTUDIO DEL BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL.	64 64
2.3 INVENTARIO DE LA RED DE INFORMACION HIDRICA	65
2.4 PRECIPITACION	65
2.4.1 ERRORES EN LA MEDICION DE LA PRECIPITACION	65
2.4.2 ANALISIS DE CONSISTENCIA DE LA ESTADISTICA PLUVIOMETRICA	66
2.4.2.1 AJUSTE DE LA ESTADISTICA POR CDA	68
2.4.3 AMPLIACION Y RELLENO DE ESTADISTICAS PLUVIOMETRICAS	76
2.4.3.1 ZONA CENTRAL OESTE	77
2.4.3.2 ZONA CENTRAL NORTE	83
2.4.3.3 ZONA CENTRAL SUD OESTE	91
2.4.3.4 ZONA CENTRAL SUD	94
2.4.3.5 ZONA SUR	101
2.4.3.6 ZONA ESTE	103
2.4.4 EVALUACION DE LA PRECIPITACION ESPACIAL	109
2.4.5 PRESENTACION DE RESULTADOS	121
2.5 EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION	132
2.5.1 ESTIMACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION	132
2.5.1.1 TEMPERATURA MEDIA ANUAL Y SU ESTIMACION	133
2.5.1.2 FORMULA DE TURC	134
2.5.1.3 FORMULA DE COUTAGNE	134
2.5.1.4 FORMULA DE THORNTHWAITE-MATHER	137
2.5.2 EVALUACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION ESPACIAL	153
2.5.3 PRESENTACION DE RESULTADOS	153
2.6 ESCORRENTIA	163
2.6.1 GENERALIDADES	163
2.6.2 ANALISIS DE CONSISTENCIA Y CORRECCION DE ESTADISTICAS FLUVIOMETRICAS	163

INDICE GENERAL

	<u>Página</u>
2.6.2.1 AMPLIACION DE ESTADISTICAS FLUVIOMETRICAS	164
2.6.3 ESTIMACION DE CAUDALES EN LUGARES CON INFORMACION INSUFICIENTE	167
2.6.3.1 METODO DE SEMEJANZA DE AREAS	167
2.6.3.2 METODO DE CORRELACION ESTADISTICA	172
2.6.3.3 METODO DE W. B. LANGBEIN	172
2.6.3.4 FORMULA DE BECERRIL	173
2.6.3.5 FORMULA DE HERAS	173
2.6.4 PRESENTACION DE RESULTADOS	174
2.6.4.1 SUBCUENCA C1 RIO CHAMATA	179
2.6.4.2 id. C2* RIO ALTO GUADALQUIVIR	179
2.6.4.3 id. (C1+C2*) RIO ALTO GUADALQUIVIR	180
2.6.4.4 id. C3 RIO TOLOMOSA	181
2.6.4.5 id. C4 RIO SANTA ANA	181
2.6.4.6 id. C5 RIO CAMACHO	182
2.6.4.7 id. C6* RIO GUADALQUIVIR	182
2.6.4.8 id. (C1 a C6*) RIO GUADALQUIVIR	183
2.6.4.9 id. C8 RIO PAJONAL	184
2.6.4.10 id. C9 RIO SANTA ANA	185
2.6.4.11 id. C10* RIO SALINAS	185
2.6.4.12 id. (C8 a C10*) RIO SALINAS	186
2.6.4.13 id. C7* RIO TARIJA SUPERIOR	187
2.6.4.14 id. (C1 a C10*) RIO TARIJA SUPERIOR	187
2.6.4.15 id. C11' RIO PAMPA GRANDE	188
2.6.4.16 id. C12 RIO CHIQUIACA	189
2.6.4.17 id. C13 RIO ITAU	190
2.6.4.18 id. C14* RIO TARIJA INFERIOR	190
2.6.4.19 id. (C1 a C14*) RIO TARIJA	191
2.6.4.20 id. C15* RIO GRANDE DE TARIJA	191
2.6.4.21 id. (C1 a C15*) RIO GRANDE DE TARIJA	192
2.6.4.22 id. C16 RIO OROSAS	193
2.6.4.23 id. C17 RIO EMBOROZU	193
2.6.4.24 id. C18 RIO SALADO	194
2.6.4.25 id. C19* RIO ALTO BERMEJO	195
2.6.4.26 id. (C16 a C19*) RIO ALTO BERMEJO	195

INDICE GENERAL

	<u>Página</u>
2.6.4.27 Subcuenca C20* RIO BAJO BERMEJO	196
2.6.4.28 id. (C16 a C20*) RIO BERMEJO	197
2.6.4.29 CUENCA (C1 a C20*) RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA	198

CAPITULO 3

BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL

3.1	METODOLOGIA PARA LA APLICACION DE LA ECUACION DE BALANCE	199
3.2	ANALISIS DE LOS COMPONENTES DEL BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL	200
3.2.1	CUENCAS CON CONTROL FLUVIOMETRICO	202
3.2.1.1	CUENCAS CON ANTECEDENTES DE R, P y ETR (1)	202
3.2.1.2	CUENCAS CON ANTECEDENTES DE R y P (2)	203
3.2.1.3	CUENCAS CON ANTECEDENTES DE R (3)	203
3.2.2	CUENCAS SIN CONTROL FLUVIOMETRICO R	203
3.2.2.1	CUENCAS CON ANTECEDENTES DE P y ETR (4)	203
3.2.2.2	CUENCAS CON ANTECEDENTES DE P (5)	204
3.2.2.3	CUENCAS SIN ANTECEDENTES DE R, P y ETR (6)	204
3.3	BALANCE HIDRICO EN LAS UNIDADES HIDROLOGICAS	205

CAPITULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	CONCLUSIONES	208
4.2	RECOMENDACIONES	211

A N E X O S

ANEXO 1	ECUACION DEL BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL	214
ANEXO 2	BIOTEMPERATURA MEDIA ANUAL	216
ANEXO 3	SISTEMAS DE CLASIFICACION DE CLIMAS (THORNTWHAITE)	217
ANEXO 4	ERRORES EN LA DETERMINACION DE LA PRECIPITACION	219
ANEXO 5	REGRESION POR MINIMOS CUADRADOS E INDICES DE DISPERSION	222

INDICE GENERAL

	<u>Página</u>
ANEXO 5 REGRESION POR MINIMOS CUADRADOS E INDICES DE DISPERSION	222
ANEXO 6 PRECIPITACION MEDIA DE LA CUENCA DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA DETERMINADA POR EL METODO DE LOS POLIGONOS DE THIESSEN.	225
ANEXO 7 COORDENADAS DE PUNTOS AUXILIARES SITUADOS EN TERRITORIO DE ARGENTINA	228
ANEXO 8 AMPLIACION Y RELLENO DE ESTADISTICAS FLUVIOMETRICAS	229
ANEXO 9 MORFOLOGIA E INDICES FISICOS DE CUENCAS	239
ANEXO 10 FISIOGRAFIA Y SUELOS DE LA CUENCA DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA SEGUN LA CLASIFICACION DE SISTEMAS DE TIERRA (COCHRANE)	242
GLOSARIO	251
BIBLIOGRAFIA	262

INDICE DE CUADROS

	<u>Página</u>
1-1 OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL BALANCE HIDRICO	2
1-2 DIVISION EN SUBCUENCAS Y AREA COMPRENDIDA	11
1-3 CLASIFICACION DE CLIMAS SEGUN EL INDICE CLIMATICO	36
1-4 CLASIFICACION CLIMATICA SEGUN THORNTHWAITE, MEIGS Y GARCIA-VIPARELLI	38
2-1 INVENTARIO DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS	69-70
2-2 INVENTARIO DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS DE APOYO (BOLIVIA)	70
2-3 INVENTARIO DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS DE APOYO (ARGENTINA)	70
2-4 INVENTARIO DE ESTACIONES TERMOMETRICAS	71
2-5 INVENTARIO DE ESTACIONES FLUVIOMETRICAS	71
2-6 PRECIPITACIONES DOBLE ACUMULADAS DE TOLOMOSA GRANDE, SAN JACINTO, PAMPA REDONDA Y SAN ANDRES	80
2-7 PREC. DOB. ACUM. DE PINOS SUD Y CALDERILLAS.	81
2-8 PREC. DOB. ACUM. de TARIJA AASANA, SAN LORENZO, TARIJA SENAMHI Y CANASMORO	86
2-9 PREC. DOBL. ACUM. DE TOMATAS GRANDE, SELLA, YESERA NORTE, PUENTE SANTA ANA Y JUNACAS	87
2-10 PREC. DOBL. ACUM. DE OBRAJES, SAN MATEO, RINCON LA VICTORIA, TUCUMILLA Y CUMBRE DE SAMA	88
2-11 PREC. DOBL. ACUM. DE TARIJA AASANA, JUNTAS, CHOCLOCA Y ALIZOS	95
2-12 PREC. DOBL. ACUM. DE CANCHAS MAYU, CONCEPCION Y RINCON CAÑAS	96
2-13 PREC. DOBL. ACUM. DE CAÑAS, COLON SUD Y PADCAYA	97
2-14 PREC. DOBL. ACUM. DE CALAMUCHITA, LA ANGOSTURA Y COLON SUD	98
2-15 PREC. DOBL. ACUM. DE BERMEJO, FORTIN CAMPERO, ORAN ORAN METEOROLOGICA Y EL SALADO	104
2-16 PREC. DOBL. ACUM. DE GUANDACAY, EMBOROZU Y RIO CONCHAS	105
2-17 PREC. DOBL. ACUM. DE ENTRE RIOS, CHIQUIACA, ITAU Y TARIQUIA	110
2-18 PREC. DOBL. ACUM. DE LA CUEVA Y SALINAS	111
2-19 METODO DE ISOYETAS: PRECIPIT. MEDIA SUBCUENCA C1	121

INDICE DE CUADROS

					<u>Página</u>
2-20	METODO DE ISOYETAS: PRECIP. MEDIA SUBCUENCA	C2*			122
2-21	id.	id.	id.	C3	122
2-22	id.	id.	id.	C4	123
2-23	id.	id.	id.	C5	123
2-24	id.	id.	id.	C6*	124
2-25	id.	id.	id.	C8	124
2-26	id.	id.	id.	C9	125
2-27	id.	id.	id.	C10*	125
2-28	id.	id.	id.	C7*	126
2-29	id.	id.	id.	C11	126
2-30	id.	id.	id.	C12	127
2-31	id.	id.	id.	C13	127
2-32	id.	id.	id.	C14*	127
2-33	id.	id.	id.	C15*	128
2-34	id.	id.	id.	C16	128
2-35	id.	id.	id.	C17	129
2-36	id.	id.	id.	C18	129
2-37	id.	id.	id.	C19*	130
2-38	id.	id.	id.	C20*	130
2-39	RESUMEN DE PRECIPITACIONES MEDIAS ANUALES DE LAS SUBCUENCAS DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA DETERMINADAS POR LOS METODOS DE ISOYETAS Y DE THIESSEN				131-132
2-40	ECUACIONES DE REGRESION PARA AMPLIACION DE DATOS TERMOMETRICOS				135
2-41	PROMEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA PARA EL PERIODO 1968-82				135
2-42	BALANCE HIDRICO (THORNTHWAITE-MATHER):	BERMEJO			140
2-43	idem	CANASMORO			141
2-44	idem	ENTRE RIOS			142
2-45	idem	PADCAYA			143
2-46	idem	SAN ANDRES			144
2-47	idem	SAN JACINTO			145
2-48	idem	TARIJA AASANA			146
2-49	idem	TARIJA SENAMHI			147
2-50	idem	TARIQUIA			148
2-51	idem	ORAN METEOROLOGICA			149
2-52	DURACION MAXIMA DE LA INSOLACION DIARIA				150

INDICE DE CUADROS

Página

2-53	VALORES ESTIMADOS DE ETR POR FORMULAS EMPIRICAS			152
2-54	METODO DE ISOLINEAS: EVAPOTRANSPIRAC. MEDIA SUBCUENCA	C1		153
2-55	id.	id.	id.	C2* 154
2-56	id.	id.	id.	C3 154
2-57	id.	id.	id.	C4 154
2-58	id.	id.	id.	C5 155
2-59	id.	id.	id.	C6* 155
2-60	id.	id.	id.	C8 156
2-61	id.	id.	id.	C9 156
2-62	id.	id.	id.	C10* 156
2-63	id.	id.	id.	C7* 157
2-64	id.	id.	id.	C11 157
2-65	id.	id.	id.	C12 158
2-66	id.	id.	id.	C13 158
2-67	id.	id.	id.	C14* 158
2-68	id.	id.	id.	C15* 159
2-69	id.	id.	id.	C16 159
2-70	id.	id.	id.	C17 160
2-71	id.	id.	id.	C18 160
2-72	id.	id.	id.	C19* 161
2-73	id.	id.	id.	C20* 161
2-74	RESUMEN DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL DE LAS SUBCUENCAS DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA			162
2-75	ESCORRENTIAS DOBLE ACUMULADAS DE CANASMORO, OBRAJES, Y ENTRE RIOS			168
2-76	ESCORRENTIAS DOBLE ACUMULADAS DE AGUAS BLANCAS, ZANJA DEL TIGRE, JUNTAS DE SAN ANTONIO Y SAN JACINTO			169
2-77	DATOS Y COEFICIENTES PARA LA ESTIMACION DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA			175
2-78	ESCORRENTIA ESTIMADA PARA LAS SUBCUENCAS DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA			176
2-79	CARACTERIST. FISICAS E INDICES MORFOLOGICOS: SUBCUENCA	C1		179
2-80	id.	id.	id.	C2* 180
2-81	id.	id.	id.	(C1+C2*) 180
2-82	id.	id.	id.	C3 181
2-83	id.	id.	id.	C4 182

INDICE DE CUADROS

				<u>Página</u>
2-84	CARACT. FISICAS E INDICES MORFOLOG.:	SUBCUENCA	C5	182
2-85	id.	id.	C6*	183
2-86	id.	id.	(C1 a C6*)	184
2-87	id.	id.	C8	184
2-88	id.	id.	C9	185
2-89	id.	id.	C10*	186
2-90	id.	id.	(C8 a C10*)	186
2-91	id.	id.	C7*	187
2-92	id.	id.	(C1 a C10*)	188
2-93	id.	id.	C11	188
2-94	id.	id.	C12	189
2-95	id.	id.	C13	190
2-96	id.	id.	C14*	190
2-97	id.	id.	(C1 a C14*)	191
2-98	id.	id.	C15*	192
2-99	id.	id.	(C1 a C15*)	192
2-100	id.	id.	C16	193
2-101	id.	id.	C17	194
2-102	id.	id.	C18	194
2-103	id.	id.	C19*	195
2-104	id.	id.	(C16 a C19*)	196
2-105	id.	id.	C20*	196-197
2-106	id.	id.	(C16 a C20*)	197
2-107	id.	id.	CUENCA (C1 a C20*)	198
3-1	CLASES DE CUENCAS SEGUN LOS CONTROLES Y ANTECEDENTES EXISTENTES			202
3-2	ANTECEDENTES DE R, P Y ETR EN LAS SUBCUENCAS DE LA CUENCA DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA			205
3-3	BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL DE LA CUENCA DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA (1968-82)			207
III-1	VARIACIONES ESTACIONALES DE HUMEDAD EFECTIVA			217
III-2	REGIONES DE HUMEDAD Y EFICIENCIA TERMICA			218
VI-1	PRECIPITACION MEDIA ANUAL DE LA CUENCA DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA, DETERMINADA POR EL METODO DE LOS POLIGONOS DE THIESSEN			225

INDICE DE CUADROS

	<u>Página</u>
VII-1 COORDENADAS DE PUNTOS AUXILIARES SITUADOS EN TERRITORIO DE ARGENTINA	228
VIII-1 ESTADISTICA FLUVIOMETRICA DE CANASMORO OBSERVADA Y AMPLIADA	230
VIII-2 ESTADISTICA PLUVIOMETRICA DE TARIJA AASANA	231
VIII-3 ESTADISTICA PLUVIOMETRICA DE SAN LORENZO	231
VIII-4 ESTADISTICA FLUVIOMETRICA OBSERVADA DE OBRAJES	232
VIII-5 ESTADIST. FLUVIOM. OBSERVADA Y AMPLIADA DE OBRAJES	232
VIII-6 ESTADIST. FLUVIOM. OBSERVADA Y AMPLIADA DE SAN JACINTO	233
VIII-7 ESTADISTICA PLUVIOMETRICA DE SAN JACINTO	234
VIII-8 ESTADIST. FLUVIOM. OBSERVADA Y AMPLIADA DE ENTRE RIOS (RIO SANTA ANA)	235
VIII-9 ESTADISTICA PLUVIOMETRICA DE ENTRE RIOS	235
VIII-10 ESTADIST. FLUVIOM. OBSERVADA Y AMPLIADA DE ENTRE RIOS (RIO PAJONAL)	236
VIII-11 ESTADIST. FLUVIOMET. UTILIZADA PARA LA AMPLIACION DE LA ESTACION JUNTAS DE SAN ANTONIO	237

INDICE DE FIGURAS

	<u>Página</u>
1-1 EL CICLO HIDROLOGICO	4
1-2 UBICACION CONTINENTAL DE LA CUENCA DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA	7
1-3 UBICACION DE LA CUENCA EN BOLIVIA Y ARGENTINA	8
1-4 UBICACION DE LA CUENCA EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA	9
1-5 RED HIDROGRAFICA DE BOLIVIA	12
1-6 MAPA DE UNIDADES HIDROLOGICAS	13
1-7 VIENTOS - VARIACIONES ESTACIONALES	16
1-8 PERFIL DE LA CUENCA EN EL PARALELO DE LATITUD 21°41'	18
1-9 MAPA ECOLOGICO GENERALIZADO DE BOLIVIA	20
1-10 REGIONES, PISOS Y FORMACIONES VEGETALES DE LA CUENCA	26
1-11 MAPA DE CLIMAS DE BOLIVIA SEGUN KÖPPEN	31
1-12 MAPA CLIMATICO DE BOLIVIA. MEIGS	32
1-13 MAPA DE REGIONES CLIMATICAS DE BOLIVIA. TREWARTHA-ROBINSON	33
1-14 MAPA CLIMATICO DE BOLIVIA. GARCIA-VIPARELLI	35
1-15 MAPA DE UNIDADES MORFOESTRUCTURALES DE BOLIVIA	40
1-16 MAPA DE UNIDADES FISIOGRAFICAS DE BOLIVIA	41
1-17 MAPA FISIOGRAFICO DE BOLIVIA	42
1-18 MAPA GEOLOGICO DE LA CUENCA	45
1-19 MAPA DE TIPOS DE ROCAS EN BOLIVIA	46
1-20 MAPA DE CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE BOLIVIA	47
1-21 MAPA DE SUELOS DE LA CUENCA	50
1-22 MAPA DE COBERTURA Y USO ACTUAL DE LA TIERRA EN LA CUENCA	52
1-23 MAPA DE VEGETACION DE LA CUENCA	53
1-24 MAPA DE USO AGRICOLA ACTUAL EN LA CUENCA	54
2-1 DIAGRAMA DE BARRAS DE LA INFORMACION PLUVIOMETRICA	72
2-2 DIAGRAMA DE BARRAS DE LA INFORMACION TERMOMETRICA	73
2-3 DIAGRAMA DE BARRAS DE LA INFORMACION FLUVIOMETRICA	74
2-4 CURVAS DOBLE ACUMULADAS CDA	67
2-5 AJUSTE POR CURVA DOBLE ACUMULADA	75
2-6 CURVA DOBLE ACUMULADAS DE PINOS SUD, TOLOMOSA GRANDE Y SAN JACINTO	82

INDICE DE FIGURAS

	<u>Página</u>
2-7 CURVAS DOBLE ACUMULADAS DE CALDERILLAS, SAN ANDRES Y PAMPA REDONDA	82
2-8 CDA DE TOMATAS GRANDE, TARIJA AASANA Y SAN LORENZO	89
2-9 CDA DE TARIJA SENAMHI, YESERA NORTE Y CUMBRE DE SAMA	89
2-10 CDA DE CANASMORO Y RINCON LA VICTORIA	90
2-11 CDA DE OBRAJES, SAN MATEO Y SELLA	90
2-12 CDA DE TUCUMILLA, JUNACAS Y PUENTE SANTA ANA	90
2-13 CDA DE TARIJA AASANA, JUNTAS Y CANCHAS MAYU	99
2-14 CDA DE CHOCLOCA, ALIZOS, RINCON CAÑAS Y CAÑAS	99
2-15 CDA DE CALAMUCHITA Y LA ANGOSTURA	100
2-16 CDA DE PADCAYA, COLON SUD Y CONCEPCION	100
2-17 CDA DE EL SALADO, FORTIN CAMPERO Y ORAN METEOROLOGICA	106
2-18 CDA DE EMBOROZU Y GUANDACAY	106
2-19 CDA DE TARIQUIA Y LA CUEVA	112
2-20 CDA DE SALINAS, CHIQUIACA E ITAU	112
2-21 HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION DE ESTACIONES DE ESTACIONES SITUADAS DENTRO DE LA CUENCA	114
2-22 PERFILES PLUVIOMETRICOS: GRUPOS 1 Y 2	115
2-23 idem GRUPOS 3 Y 4	116
2-24 idem GRUPOS 5 Y 6	117
2-25 idem GRUPO 7	118
2-26 idem GRUPO 8	119
2-27 PERFILES PLUVIOMETRICOS DE LA PRECIPITACION EN FUNCION DE DE LA DISTANCIA A LA DIVISORIA OESTE DE LA CUENCA	120
2-28 HISTOGRAMAS DE TEMPERATURAS	136
2-29 PERFIL TERMICO DE LA CUENCA	136
2-30 BALANCE HIDRICO (THORNTHWAIT-MATHER) DE TARIJA AASANA, ENTRE RIOS Y BERMEJO	151
2-31 CURVAS DE EVAPOTRANSPIRACION REAL EN FUNCION DE LA PRECIPITACION EN UN PUNTO	152
2-32 DETERMINACION DE LA ETR PUNTUAL EN BASE A LA PRECIPITACION Y TEMPERATURA CON LAS FORMULAS DE TURC Y COUTAGNE	152
2-33 CDA DE AGUAS BLANCAS Y JUNTAS DE SAN ANTONIO	170
2-34 CDA DE AGUAS BLANCAS, ZANJA DEL TIG. y JUNT. DE S. ANTONIO	170
2-35 CDA DE CANASMORO Y OBRAJES	171
	171

INDICE DE FIGURAS

	<u>Página</u>
2-36 CDA DE SAN JACINTO	171
2-37 CDA DE ENTRE RIOS (RIOS PAJONAL Y SANTA ANA)	171
3-1 ESQUEMA DE LA ECUACION DEL BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL	200
VIII-1 CURVA DE DESCARGA DE LA ESTACION OBRAJES	238
VIII-2 HISTOGRAMA DE CAUDALES DE CANASMORO	248
VIII-3 HISTOGRAMA DE CAUDALES DE OBRAJES	248
VIII-4 HISTOGRAMA DE CAUDALES DE SAN JACINTO	249
VIII-5 HISTOGRAMA DE CAUDALES DE ENTRE RIOS (RIO PAJONAL)	249
VIII-6 HISTOGRAMA DE CAUDALES DE ENTRE RIOS (RIO SANTA ANA)	250
VIII-7 HISTOGRAMA DE CAUDALES DE AGUAS BLANCAS	250

TERMINOLOGIA DE SIGLAS, SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

A _i	Aportación de una cuenca (mm) (Fórmula de Heras)
A	Area de una cuenca (Km ²)
A, a	Ordenada en el origen de una curva ó recta de regresion.
AF	Estación de aforo.
Alm _i	Almacenamiento de agua en el suelo en el mes i
a	Exponente en la fórm. de evapotranspiración potencial (Thornthwaite)
a	Aportación específica (mm) (fórm. de Becerril)
a	Lado menor del rectángulo equivalente (Km)
B, b	Coeficiente de regresión de las ecuaciones respectivas.
BS	Clima seco-semiárido (Trewartha)
BSwh	Clima de estepa con invierno seco caliente (Köppen)
b	lado mayor del rectángulo equivalente (Km)
bh-MTE	Bosque húmedo montano templado
bmh-TE	Bosque muy húmedo templado.
bp-MTE	Bosque pluvial montano templado.
bmh-SATE	bosque muy húmedo subalpino templado.
C2	Región templada de tierras de valles (mapa ecológico)
C1 a C20	Denominación de las subcuencas de los ríos Bermejo y Grande.
C _c	Coeficiente de curtosis.
C _s	Coeficiente de asimetría
C _T	Coeficiente de torrencialidad (Nº ríos/Km ²)
C _V	Coeficiente de variación.
Cwa	Clima mesotérmico con invierno seco caliente (Köppen)
D	Distancia de un punto de la cuenca a la divisoria occidental. en di- rección NE a SW. (Km)
D _d	Densidad de drenaje. (Km/Km ²).
d	Déficit de agua en los meses secos (mm)
E	Evaporación
E _m	Extensión media del escurrimiento superficial (Km ² /Km).
E	Factor de temperatura (fórm. de Langbein).
ET	Evapotranspiración (mm).
ETP	Evapotranspiracion potencial (mm).
ETR	Evapotranspiracion real (mm).
e	base de los logaritmos neperianos = 2.7182818

F_f	Factor de forma.
FLT	estación de aforo con flotador.
$f()$	Función
G	Almacenamiento en acuíferos.
GT	Gradiente térmico.(°C)
H	Clima de tierras altas (Trewartha-Robinson)
H	Altitud sobre el nivel del mar (m)
I	Índice térmico (Thornthwaite)
$\bar{I}$	Índice climático (Viparelli).
$\bar{I}_s$	Índice de aridez (Viparelli).
$\bar{I}_u$	Índice de humedad (Viparelli).
I_a	Índice de aridez (Thornthwaite).
I_h	Índice de humedad (Thornthwaite).
I_{HG}	Índice climático ó Índice hídrico global. (Thornthwaite)
I_c	Índice de compacidad.
I_p	Índice de pendiente.
i	Índice térmico mensual (Thornthwaite).
Km	Kilómetro lineal
Km ²	Kilómetro cuadrado
Km ³	Kilómetro cúbico.
K	Duración de la insolación real con relación a la teórica.
L	Parámetro heliotérmico (fórm. de Turc).
L_R	Longitud del río principal de una cuenca (Km)
L_T	Longitud total de los ríos de una cuenca (Km).
LMN	Estación limnimétrica.
l	Litro(s).
m, m ³	metro(s) lineal(es). metros cúbicos.
M	Mediana.
M(y)	Media de los logaritmos decimales de una variable.
me-TE	Monte espinoso templado.
MOL	Estación de aforos con molinete.
n	Número de orden de un río; número de datos.
mm	Milímetros.
PVM	Estación pluviométrica.
P	Precipitación (mm).
P	Perímetro de una cuenca (Km).

Q	Caudal (m ³ /s).
q	Caudal específico (l/s/Km ²).
q	Escorrentía (mm) (fórm. de Thornthwaite).
R	Escorrentía (mm).
r	Coeficiente de correlación).
S	Agua almacenada ó almacenamiento.
S	Area de una cuenca (Km ²).
S _m	Pendiente media del río principal de una cuenca.
Sb23	Clima semiárido con precipitación concentrada en verano. (Meigs).
SO	Estación sinóptica ordinaria.
SP	Estación sinóptica principal.
s	Desviación standard.
s	Exceso de agua de los meses húmedos (mm) (Thornthwaite).
s	segundos.
snm	Sobre el nivel del mar.
T	Temperatura media anual (°c)
T	Factor de conversión de segundos a año = 31 536
TP	Estación termopluviométrica.
t	Temperatura media mensual (°c)
t	Estadístico de la distribución de Student.
V	Derrame anual de una cuenca (Hm ³ , Km ³)
X, x	Variable independiente.
Y, y	Variable dependiente.
y	Logaritmo decimal de una variable aleatoria hidrológica.
z	Variable reducida de la distribución normal.
α, R, δ, δ'	Coeficientes de la fórmula de Heras.
B	Coeficiente experimental de la fórmula de Becerril.
φ	Latitud geográfica.
λ	Longitud geográfica.
n	Discrepancia en la ecuación de Balance Hídrico.
λ	Coeficiente de la fórmula de Coutagne.
ρ	Coeficiente de correlación de una distribución bivariable.
σ	Desviación standard de una población de variables.
ΔH	P _m = ETP _m (mm)

SIGNOS MODIFICADORES, INDICES y SUBINDICES.

c	Cuenca ó subcuenca.
c	Calculado.
Δ	Diferencia, variación, error ó corrección entre dos valores.
I	Flujo de entrada a un cuerpo de agua ó cuenca.
O	Flujo de salida de un cuerpo de agua ó cuenca.
j	mes
a, s	Arido. seco.
h, u	Húmedo.
u	Subterráneo.
L	Lagos y embalses.
ch	Cauce de los ríos.
gl	Glaciares.
sn	Nieve.
s	Superficial
m	mensual.
i	Número de orden.
—	Valor medio (guión sobre el símbolo).
Σ	Sumatoria
>	Mayor a ...
<	Menor a ...
< >	Promedio espacial horizontal.
°C	Grados centígrados.
° "	Grados y minutos sexagesimales.

----- 0 -----

AEE	Agua y Energía Eléctrica. Sociedad del Estado. Argentina.
AASANA	Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea. Bolivia.
CEPAL	Comisión Económica para América Latina.
CODETAR	Corporación de Desarrollo del Departamento de Tarija. Bolivia.
ENDE	Empresa Nacional de Electricidad. Bolivia.
IGM	Instituto Geográfico Militar. Bolivia.
IHH	Instituto de Hidráulica e Hidrología de la UMSA. La Paz. Bolivia.
INE	Instituto Nacional de Estadística. Bolivia.

GEOBOL	Servicio Geológico de Bolivia.
MACA	Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. Bolivia.
OEA	Organización de Estados Americanos.
OMM	Organización Meteorológica Mundial.
ONU	Organización de las Naciones Unidas.
PERTT	Programa Ejecutivo de Rehabilitación de Tierras en el Departamento de Tarija. Bolivia.
ROSTLAC	Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe.
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Bolivia.
UMSA	Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia.
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
SNC	Servicio Nacional de Caminos. Bolivia.
YPFB	Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos.
ORSTOM	Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo en Cooperación.
PHICAB	Proyecto Hidrológico de la Cuenca de la Amazonía de Bolivia.
BHS	Balance Hídrico Superficial.
GMBH	Guía Metodológica para el Balance Hídrico.
PP	Patrón de Precipitaciones.
PPA	Patrón de Precipitaciones Anuales.
PR	Patrón de Escorrentías.
RB	Estadística fluviométrica base.
CDA	Curva de doble acumulación.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES

La importancia que se da actualmente a los Recursos Hídricos, como factor principal para la explotación de recursos tales como los energéticos y agrícolas, además de la demanda creciente del agua para servicios de alcantarillado, agua potable y desarrollo industrial, ha dado lugar al Estudio del Balance Hídrico de nuestro continente, a nivel regional, encomendado por la UNESCO a un Grupo de Trabajo Regional, que fue el encargado de elaborar una Metodología y formular recomendaciones para tal objeto.

Consecuencia de tales propósitos ha constituido la elaboración del Balance Hídrico Superficial de la Cuenca de los ríos Bermejo, y Grande de Tarija, como una parte componente de los Balances elaborados por cuencas, para Bolivia.

Este estudio se ha realizado basándose en la "Guía Metodológica para la elaboración del Balance Hídrico de América del Sur".

1.2 OBJETIVOS.

1.2.1 OBJETIVOS GENERALES.

Estos se pueden concretar en:

- Obtención y relleno de las estadísticas pluviométricas y termométricas de las estaciones características de cada subcuenca para la graficación de los Histogramas de precipitaciones y temperaturas medias mensuales del período considerado.
- Obtención y relleno de las estadísticas de caudales.
- Elaboración de los planos de isolíneas de: Precipitación, Temperatura, Eva-

potranspiración Medias Anuales, y de Caudales Específicos de la cuenca, a fin de comparar estos valores con los resultados de los estudios de demanda de agua.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Estos, en función de los parámetros hidrometeorológicos medios se pueden resumir en el siguiente cuadro:

Cuadro 1-1
OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL BALANCE HÍDRICO

Parámetros Hidrológicos Medios Anuales para Proyectos de Desarrollo.	Precipitación.	Caudal	Evapotranspiración.	Temperatura.
Obras de captación en ríos.	D*	B*		
Obras de regulación ó embalse.	B*	B*	B*	D*
Vertederos ó compuertas	D*			
Drenaje de aguas pluv.	D*			D
Alcantarillado.		D*		
Explotación de aguas subterráneas.	B*	D*	D*	B*
Riego.	B*	B*	B*	D
Trazado de carreteras			D	D*
Alcantarillas o puentes	B*	B*		
Obras de Drenaje natural	B*	D	D*	D*

B = parámetro hidrológico básico.

D = idem deseable

* se refiere a valores medios mensuales.

1.3 EL CICLO HIDROLOGICO Y LA ECUACION DE BALANCE.

Se considera al Ciclo Hidrológico en la Naturaleza, como un movimiento del agua y su distribución, en diferentes fases, sobre la superficie de la Tierra, y bajo ella.

1al movimiento, es una circulación del agua desde la atmósfera hacia la superficie de la Tierra, en donde se distribuye por efecto de la gravedad, tanto superficialmente como en forma subterránea.

La circulación superficial ocurre a través de los cursos de agua fluyendo hacia los océanos; otra parte se infiltra en el suelo; y otra, queda interceptada en depósitos naturales y artificiales.

La circulación subterránea queda interceptada en acuíferos, y también circula emergiendo a la superficie en forma de vertientes.

Parte del agua superficial se evapora hacia la atmósfera, desde el suelo y desde la cubierta vegetal. (Fig. 1-1)

De acuerdo al Principio de Conservación de la Masa, estos procesos de circulación mantienen un equilibrio expresado por la Ecuación del Balance Hídrico, que, para áreas extensas y períodos de tiempo largos, se expresa como:

$$\langle \bar{P} \rangle = \langle \bar{R} \rangle + \langle \bar{ET} \rangle + \eta$$

donde, $\langle \bar{P} \rangle$ = Precipitación media anual del período considerado.

$\langle \bar{R} \rangle$ = Escorrentía media anual del período, ó sea la cantidad de agua que fluye superficialmente.

$\langle \bar{ET} \rangle$ = Evapotranspiración media anual del período, es decir, el efecto combinado de la evaporación del suelo y de la vegetación.

η = término de discrepancia, que se admite sea inferior al 10% de $\langle \bar{P} \rangle$.

El símbolo $\langle \rangle$, indica promedio espacial horizontal correspondiente a su área, y la barra $\bar{}$ indica promedio temporal.

EL CICLO HIDROLOGICO

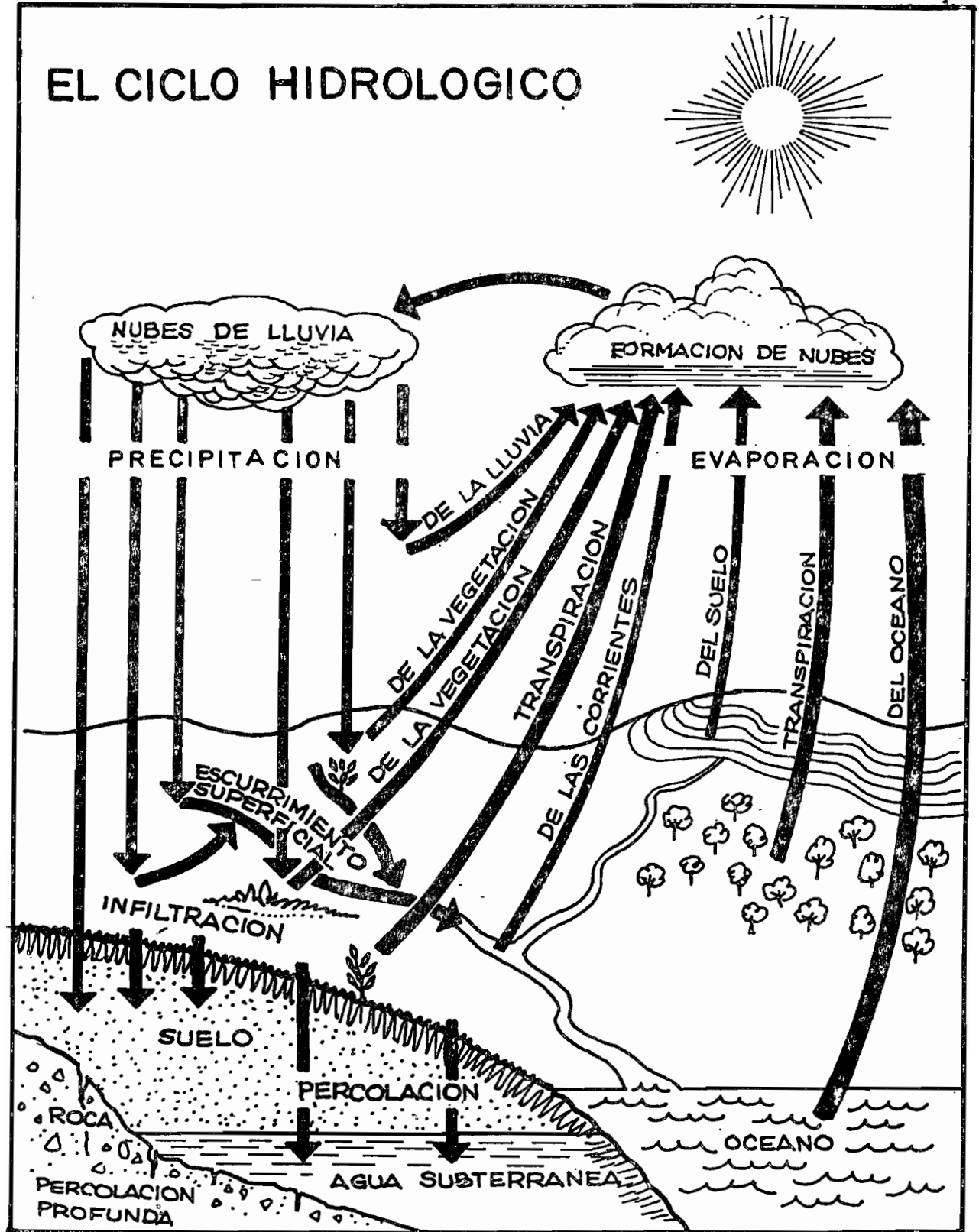


Fig. 1-1

Las unidades de la ecuación se expresan generalmente en altura media de agua sobre la cuenca, ó lámina de agua (mm). También puede expresarse como volumen de agua (Hm³) ó en forma de descarga (m³/s).

La ecuación anterior es aplicable, solamente si los cambios de almacenamiento de agua durante un período de tiempo largo y en una área extensa, tienden a minimizarse y pueden considerarse como nulos.

Una explicación detallada de la Ecuación para casos específicos se desarrolla en el Anexo 1.

1.4 ÁMBITO GEOGRÁFICO.

1.4.1 UBICACION GEOGRAFICA.

La cuenca de los ríos Bermejo y Grande de Tarija se desarrolla en la parte sur de Bolivia y al norte de Argentina. En Bolivia, dentro el Departamento de Tarija, y forma parte de sus seis provincias: Méndez, Cercado (en su totalidad), Avilés, Arce, O'Connor y Gran Chaco. El área en territorio de Argentina pertenece a la Provincia Salta y es aledaña al río Bermejo por el oeste, y al río Grande de Tarija por el Este. (Fig. 1-2, 1-3 y 1-4).

El área de la cuenca es 16 048 Km², de los cuales 3 990 Km² corresponden a Argentina y 12 058 Km² a Bolivia; esta última representa el 32.1% del área total del Departamento (37 623 Km²). Del área de la cuenca, Argentina el 24.9% y Bolivia el 75.1%.

Las coordenadas geográficas extremas de la cuenca, son: al Norte, latitud sud 21°13', longitud Oeste 64°43.8', altitud 2 300 m snm, Comunidad Rosal, en las cabeceras del río CarichiMayu, en la subcuenca del río Guadalquivir. Al Oeste, lat. 22°17', long. 65°15', alt. 4490 m, cerro Serrucho, cordillera de Zenta, cabecera de la subcuenca del río Santa Victoria, límite entre las provincias de Jujuy y Salta de Argentina. Al Este, lat. 21°39', long. 64°48', alt. 1 700 m, loma El Chorro, sobre la serranía de Caipipendi, al Noreste de la localidad Itau, en las cabeceras de la subcuenca del río Itau. Al Sur, lat. 22°53', long. 64°19', alt. 350 m, aguas abajo de la unión de los ríos Bermejo y Grande de Tarija, en el lugar denominado Juntas de San Antonio, límite con Argentina y punto de cie-

re de la cuenca.

1.4.2 HIDROGRAFIA.

La red Hídrica esta comprendida por los ríos Bermejo (en su tramo alto) y Grande de Tarija que confluyen en las Juntas de San Antonio.

El río Bermejo nace en las laderas del cerro Mecoya, límite fronterizo entre Bolivia y Argentina; siguiendo una dirección SEE, toma diferentes nombres sucesivamente: río Mecoyita, Santa Rosa y Condado, hasta su confluencia con el río Orosas, cerca de la localidad La Mamora, desde donde toma el nombre de río Bermejo, siguiendo una dirección SSE hasta las Juntas de San Antonio.

En su curso, recibe por su margen izquierda (zona de Bolivia) el aporte de los ríos Orosas, Emborozu, Guandacay, Salado y otros menores. Por su margen derecha (zona de Argentina) de los ríos Santa Victoria, Toldos y Lipeo como afluentes principales.

El curso principal tiene una longitud de 170 Km. El área de drenaje es de 5 136 Km², de los cuales, 3 074 Km² (59.8%) pertenecen a territorio de Argentina y 2 062 Km² (40.2%) a Bolivia.

El río Grande de Tarija, nace en la serranía de Sama, en la subcuenca del tramo alto del río Guadalquivir, al extremo Noroeste de la misma. El río Chamata y otros menores que confluyen cerca de la localidad Tomatas Grande, son los afluentes de la cabecera de este río, que forman la subcuenca que cierra en la localidad Canasmoro. A partir de este lugar el río toma el nombre de Guadalquivir, hasta el lugar denominado La Angostura, en dirección Sur aproximadamente. En este tramo, recibe por su margen izquierda a los ríos CarichiMayu, Sella, San Pedro, Santa Ana y San Agustín como afluentes principales; por su margen izquierda a los ríos Calama, Erquiz, Victoria, Tolomosa, Camacho y otros menores.

A partir de La Angostura, hasta su unión con el río Itau, se denomina río Tarija, siguiendo un curso muy sinuoso y encajonado, en dirección SE aprox. En este tramo recibe el concurso de los ríos Papa Chajra, Nogal, Salinas, Chiquia-

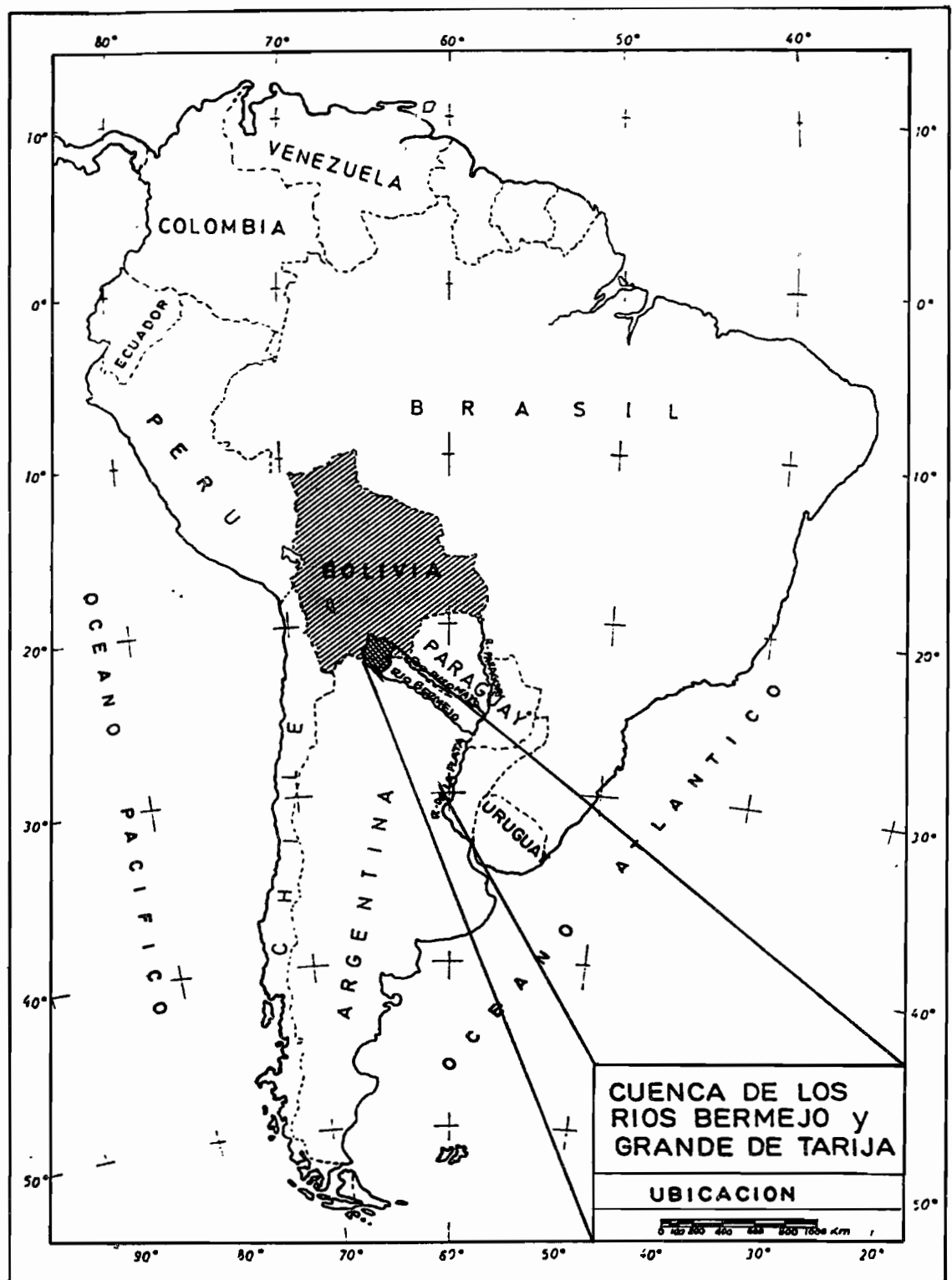


Fig. 1-2

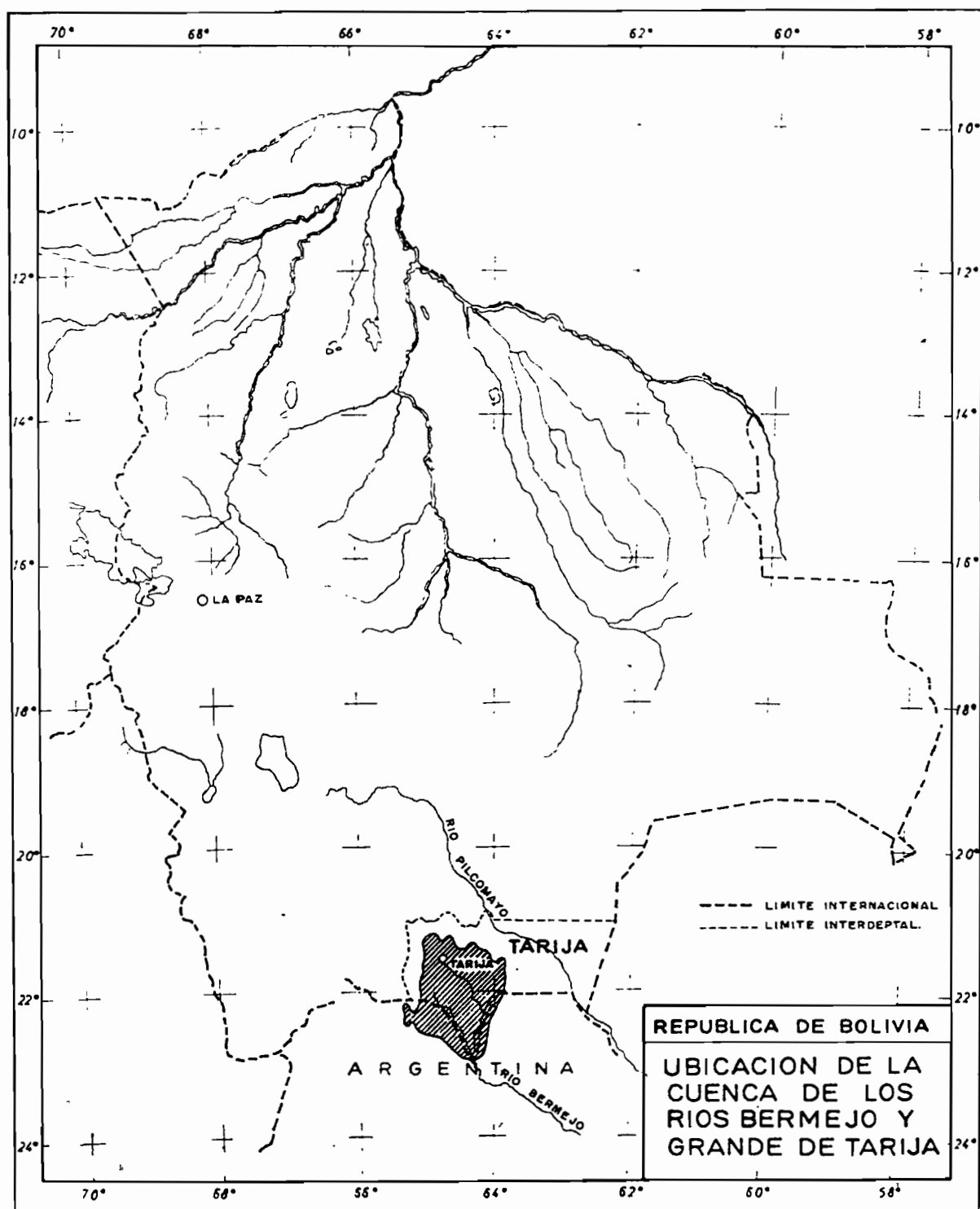


Fig. 1-3

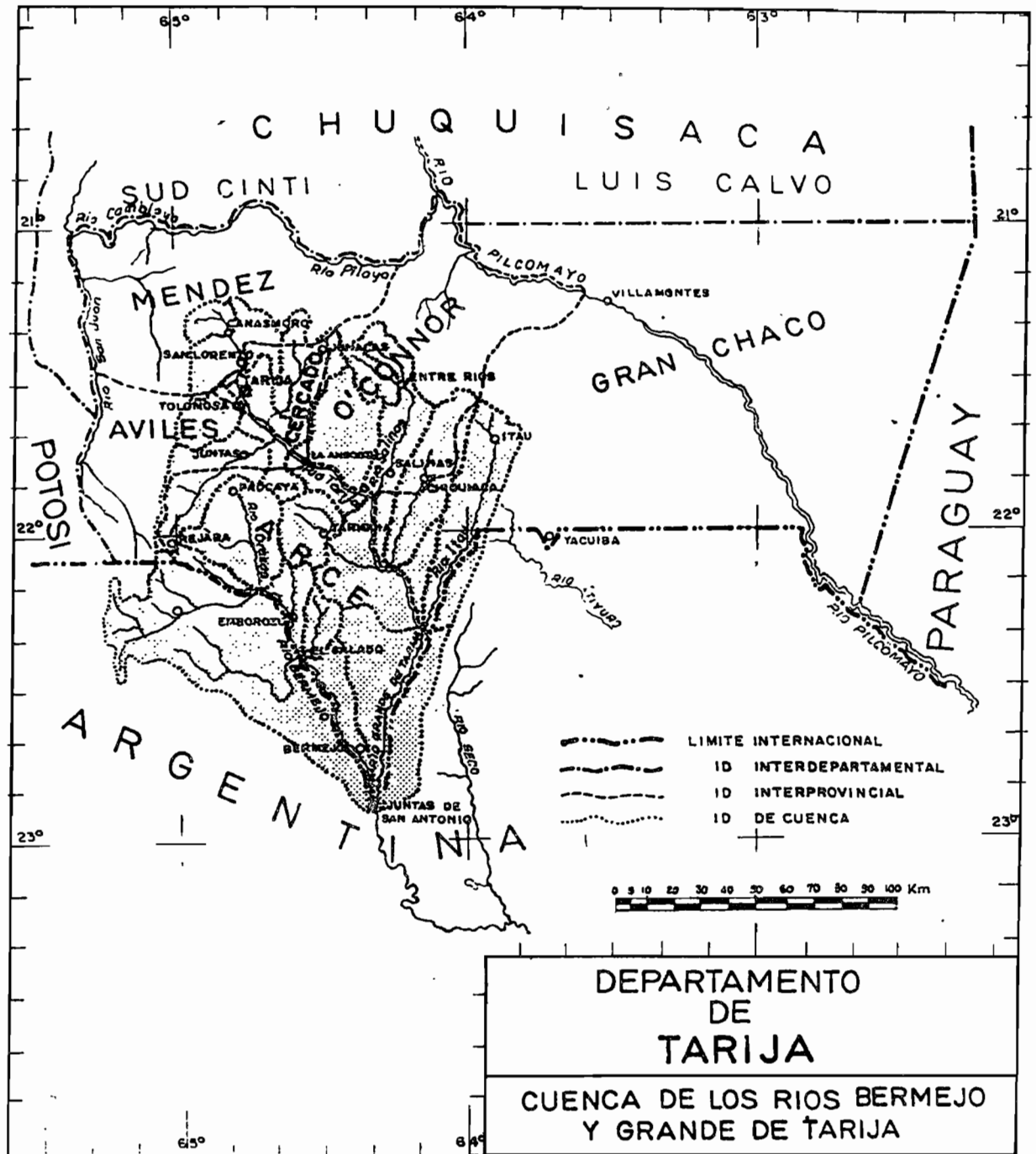


Fig. 1-4

ca, San Nicolás e Itau por su margen izquierda, como afluentes principales; por su margen derecha, los ríos Pampa Grande, Mañanera, Yaratacura y Lajitas junto con otros menores,

En el último tramo, desde la junta con el río Itau hasta su unión con el río Bermejo en Juntas de San Antonio, toma el nombre de río Grande de Tarija, en dirección SSW, con un cauce ancho, en un terreno casi plano con una pendiente promedio del 0.25%. Por su margen izquierda afluyen pequeños ríos que descuelgan de la serranía de Río Seco situados en territorio de Argentina; por la margen derecha (Bolivia), los ríos San Telmo y Nueve, junto con ríos y quebradas menores.

Siguiendo todo el curso principal, tiene una longitud de 344 Km. Su área de drenaje es de 10 912 Km² (68% ó 2/3 de toda la cuenca), de los cuales 9 965 Km² (91.3%) es territorio de Bolivia, y 947 Km² (8.7%) de Argentina que comprenden de una estrecha faja entre el río y la serranía de Río Seco.

La cuenca en estudio, es componente de la cuenca del Río de la Plata, uno de los 3 sistemas en que se divide la Hidrografía de Bolivia.(Fig. 1-5).

1.4.3 DIVISION DE UNIDADES HIDROLÓGICAS.

La división de la cuenca en subcuencas, se hace tomando en cuenta, como criterio principal la información pluviométrica obtenida, y como criterio secundario el control fluviométrico en las subcuencas. El régimen de precipitaciones presenta variaciones apreciables de una estación a otra en distancias relativamente cortas, lo que caracteriza a esta región como una zona de "falla climática". Por otra parte, la cantidad y grado de confiabilidad de la estadística pluviométrica, establece una gran diferencia con el historial fluviométrico; éste con excepción de las estaciones San Jacinto y Aguas Blancas es muy incipiente en las estaciones de control de las subcuencas.

Para aclarar el gráfico (Fig. 1-6), el ordenamiento sistemático de las subcuencas, se ha realizado desde la cabecera hacia aguas abajo, de acuerdo al orden de afluencia al curso principal; y las subcuencas signadas con (*) en su codificación, no son cabecera de cuenca sino subcuencas suplementarias para

completar el área de su subcuenca mayor.

Cuadro 1-2

DIVISION EN SUBCUENCAS Y AREA COMPRENDIDA.

Código sub cuenca	Río	sitio de cierre ó estación	área (Km ²)
C1	Chamata	Canasmoro	227.0
C2*	Alto Guadalquivir	Obrajes	694.5
Acumulado	Alto Guadalquivir	Obrajes	921.5
C3	Tolomosa	San Jacinto	460.0
C4	Santa Ana	La Pintada	562.0
C5	Camacho	San Nicolás	750.0
C6*	Bajo Guadalquivir	La Angostura	610.0
Acumulado	Guadalquivir	La Angostura	3 303.5
C8	Pajonal	Entre Ríos	222.5
C9	Santa Ana	Entre Ríos	296.0
C10*	Salinas	junta c/río Tarija	582.0
Acumulado	Salinas	junta c/río Tarija	1 100.5
C7*	Tarija superior	junta c/río Salinas	1 307.0
Acumulado	Tarija superior	junta ríos Tarija-Salinas	5 711.0
C11	Pampa Grande	Tariquía	535.0
C12	Chiquiaca	junta c/río Tarija	920.0
C13	Itau	junta c/río Tarija	1 109.0
C14*	Tarija inferior	junta c/río Itau	1 124.5
Acumulado	Tarija	junta ríos Itau y Tarija	9 399.5
C15*_	Grande de Tarija	Junta c/río Bermejo	1 512.5
Acumulado	Grande de Tarija	junta c/río Bermejo	10 912.0
C16	Orosas	La Mamora	828.5
C17	Emborozu	Emborozu	186.5
C18	Salado	El Salado	311.0
C19*	Bermejo superior	Aguas Blancas	3 630.0
Acumulado	Bermejo superior	Aguas Blancas	4 956.0
C20*	Bermejo inferior	junta c/río G. de Tarija	180.0
Acumulado	Bermejo	junta c/río G. de Tarija	5 136.0
Acumulado	Bermejo+G.de Tarija	Juntas de San Antonio	16 048.0

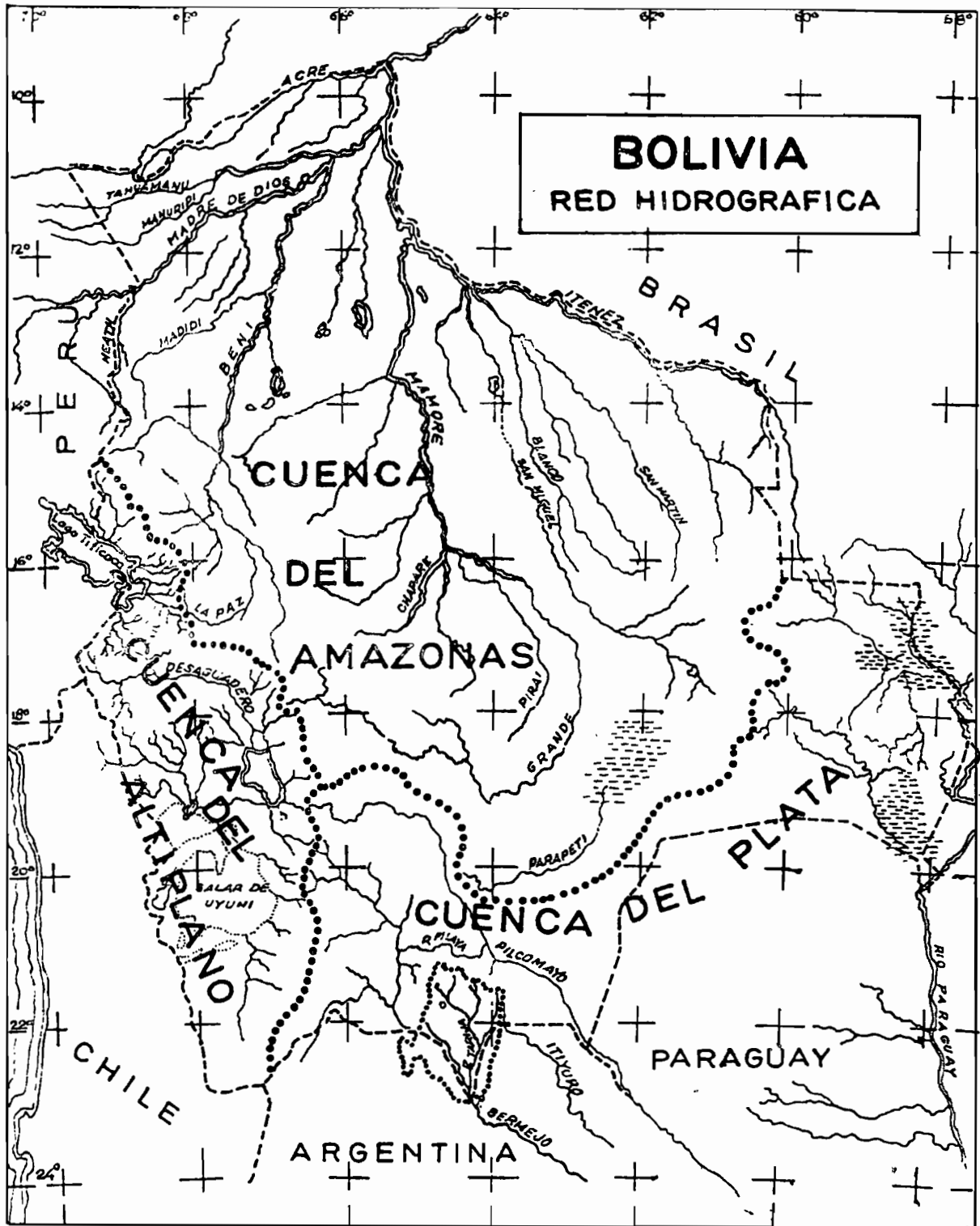


Fig. 1-5

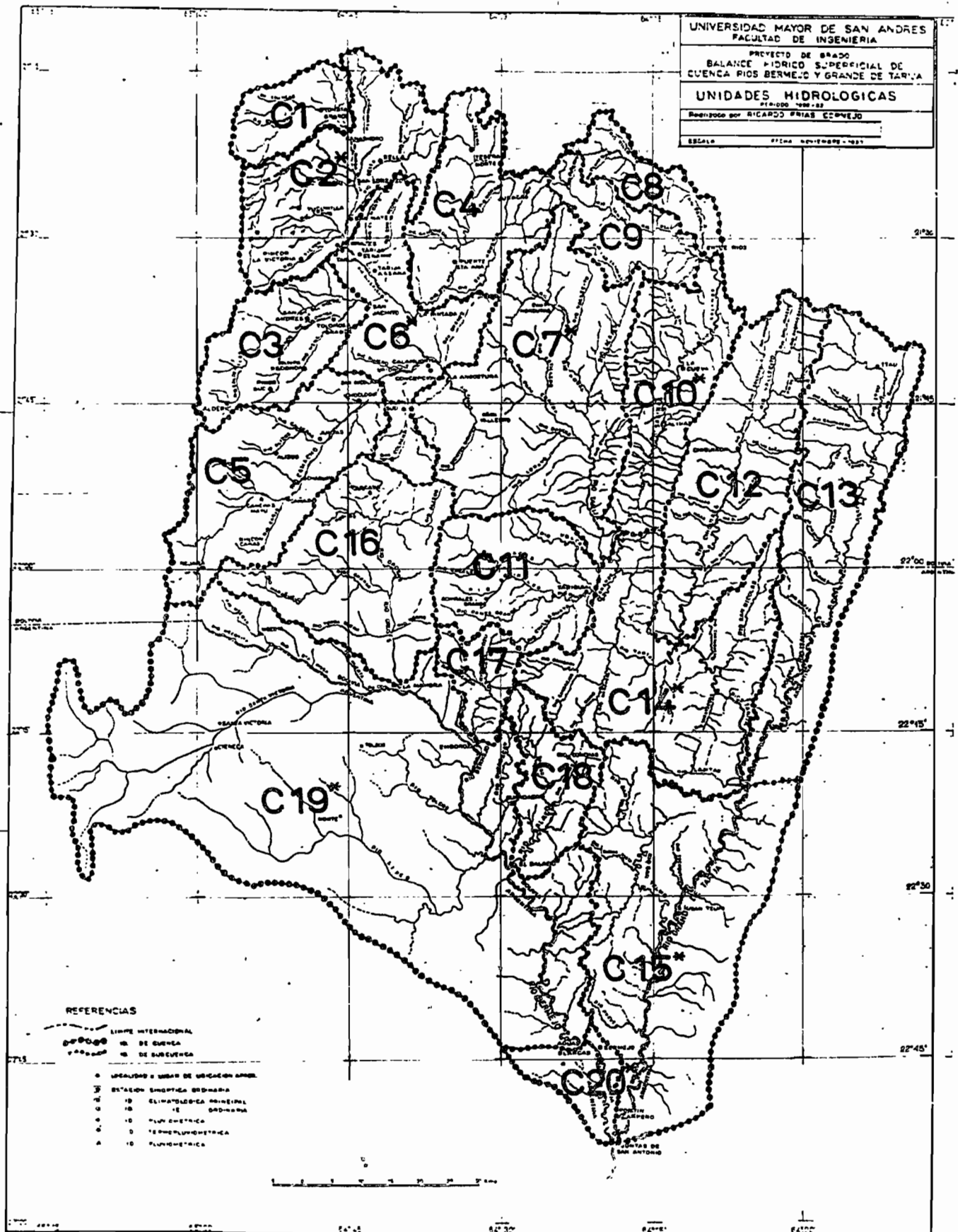


Fig. 1-6

1.4.4 CLIMA.

Indica la síntesis de los fenómenos meteorológicos, durante un período cronológico determinado, suficientemente largo, sobre una localidad ó región dada, mediante la probabilidad estadística de ocurrencia de los distintos estados de la atmósfera (presión, temperatura, humedad, viento, etc.) expresados en un conjunto de propiedades estadísticas (valores medios, varianzas, probabilidades de los fenómenos extremos, etc.), y es en gran parte dependiente de cualquier estado instantáneo. (O.M.M. 1979).

En el "Estudio del río Bermejo" de la O.E.A., se indica que la cuenca alta del río se encuentra sobre una "falla climática", lo que ocasiona que sus características climáticas varíen sensiblemente para zonas cercanas entre si.

El clima de la región depende principalmente de la latitud y longitud geográficas, altitud y de la orografía.

De las 3 regiones climáticas latitudinales en que se divide el territorio nacional (tropical, subtropical y templada), la cuenca se halla comprendida en la región templada. La división entre la región templada y la subtropical no se basa en la temperatura media anual, sino que coincide con el límite de la presencia de escarcha, ó temperaturas críticamente bajas durante cierto tiempo del año. Las condiciones climáticas son muy variadas en la zona, produciéndose microclimas, entre zonas cercanas, pero separadas por serranías que les dan forma de valles encajonados.

Considerando el triángulo que caracteriza esas variaciones, formado por Tarija, Entre Ríos y Bermejo, se puede indicar que, en el valle central de Tarija, el clima es templado, sin cambio térmico invernal definido; es seco durante el otoño, la primavera y el invierno, con una temperatura de 18.5°C y una precipitación de 600 mm, el 90% de ésta concentrada en los meses de noviembre a marzo. El valle es mesotérmico con una altitud promedio de 1 900 m. Entre Ríos, temperatura media anual de 20°C, a una altitud de 1 300 m, precipitación de 1 050 mm, 90% de ésta concentrada en los meses de noviembre a abril. Bermejo, con una altitud de 415m, temperatura media anual de 22.5°C, precipitación de 1 100 mm, 90% de ésta concentrada en los meses de noviembre a abril. Los 2 últimos lugares responden en general a un

clima semicálido húmedo, sin cambio térmico invernal y estación seca bien definidos.

Las temperaturas medias anuales tienden a disminuir desde la zona Este de la cuenca hacia la Oeste hasta la serranía de Sama en la que la temperatura media anual es de 10°C.

Las precipitaciones se distribuyen alrededor de dos polos, la Angostura y Emborozu, que presentan los valores extremos de precipitación en la cuenca, 380 y 2 140 mm de media anual respectivamente. situados a una distancia de 60 Km entre ambos y una orientación NNW aproximada. Con centro en cada uno de estos, se trazan 2 ejes casi paralelos en dirección NNE que determina la orientación regional de las isoyetas.

El régimen de precipitaciones durante los meses húmedos se manifiesta por la llegada del frente nuboso por el Sureste debido a la corriente anticiclónica desde el Atlántico sur. Este frente en sus capas bajas tiene mayor humedad ; choca con las serranías orientales de la cuenca que tienen una dirección Norte Sur desde Entre Ríos a Bermejo. Una vez que el resto de nubes más altas sobrepasa estas serranías, las masas detenidas reciben la radiación solar por su techo, y además, son empujadas hacia arriba por las masas húmedas calentadas por la radiación retenida en estas cuencas, encajonadas, provocándose el ascenso y la consiguiente lluvia convectiva. Se nota la influencia de los vientos del Norte en la zona de Entre Ríos, que arrastran los saldos del frente nuboso amazónico, caliente. No existe la información adecuada para explicar el comportamiento pluviométrico en la zona definida por el Eje Emborozu-Tariquía-Salinas, donde se producen los valores más altos de precipitación (2 144, 1 456 y 1 408 mm medios anuales, respectivamente). Probablemente son centros de baja presión ó ciclónicos, donde convergen los vientos (ver Fig. 1-7, Tariquía), lo que provoca precipitaciones de tipo convectivo sumado al efecto orográfico por las serranías que circundan.

Las nubes bajas que consiguen trasponer las últimas serranías que dividen a la zona oriental de la occidental en la Cuenca, son transportadas por los vientos locales de dirección Sureste, más fríos, debido al cambio de temperatura media anual de 22° a 18°C (el cual caracteriza, además, el cambio de bosque húmedo a bosque seco ó estepa arbustiva), precipitándose en

VIENTOS - VARIACIONES ESTACIONALES

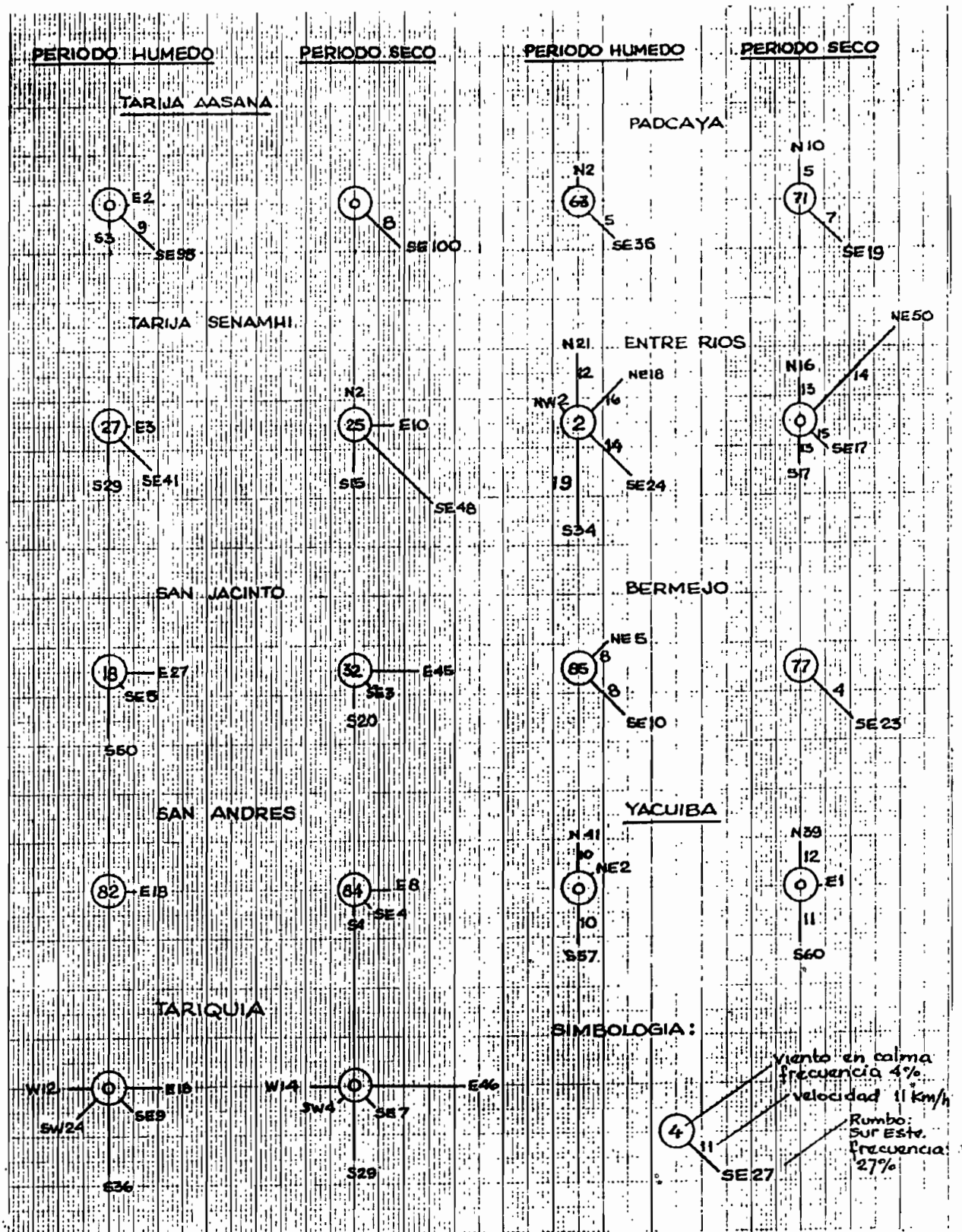


Fig. 1-7

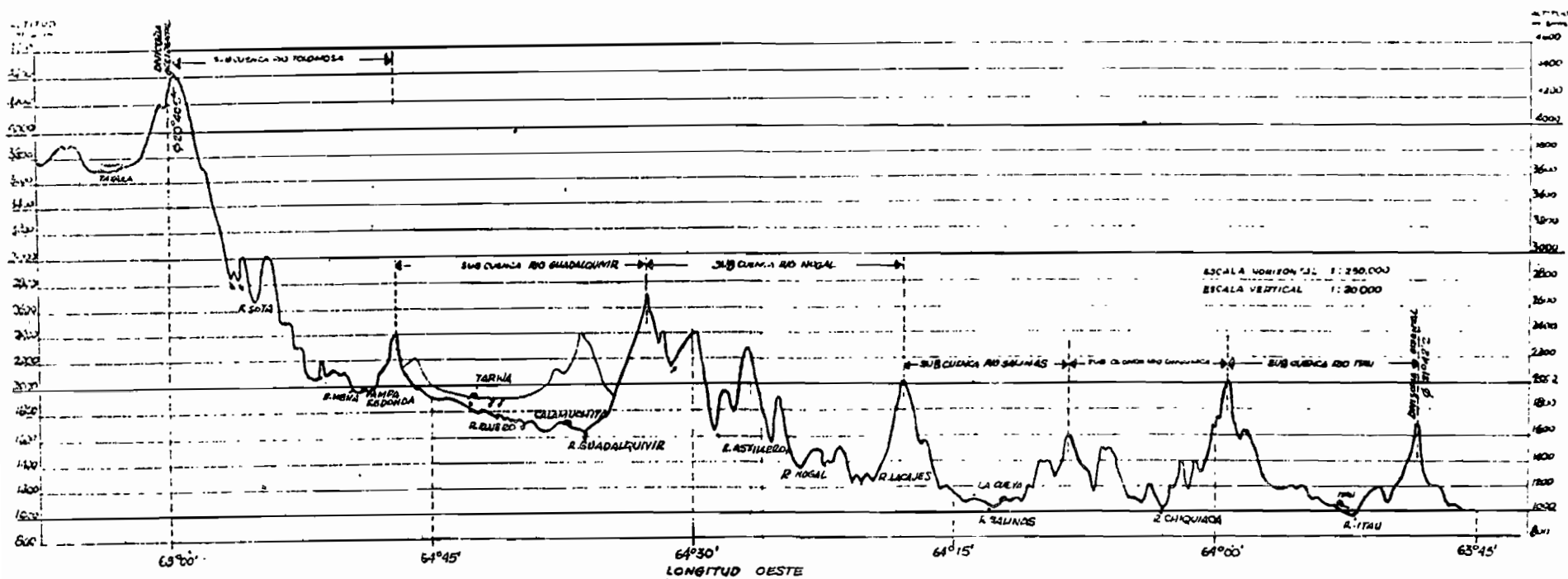
toda la vertiente oriental del valle del río Guadalquivir; la condensación no es total, produciéndose valores bajos que van aumentando hasta llegar a la propia vertiente del río (Calamuchita 380 mm y Puente Santa Ana 469 a Tarrifa 616 y Obrajes 894 mm).

Al Sur del valle, sobre la subcuenca mayor del río Bermejo, esas nubes se distribuyen sobre la subcuenca del río Orosas, disminuyendo en su precipitación con valores que varían desde los 1 300 mm (La Mamora) a 680 mm (Padcaya) en las cabeceras.

La nubosidad alta del Frente sigue su curso hasta chocar con la serranía de Sama y la prolongación de ésta, al Sur, la serranía de Santa Victoria, en territorio de Argentina, sobre la vertiente derecha del río Bermejo. Gran parte de esta masa nubosa se desvía en dirección NNE a NE (efecto orográfico) y, debido a la radiación sobre el flanco oriental de estas serranías, se calienta, elevándose y produciendo su precipitación en forma de aguaceros (efecto convectivo), cubriendo las áreas de las subcuencas de los ríos Santa Victoria, Victoria, Camacho, Tolomosa, Erquiz y Alto Guadalquivir, desde el Sur al Norte, respectivamente. Este tipo de precipitación es el que acentúa la erosión del suelo, denudado por la desforestación y pastoreo, y provoca el arrastre de material por los cauces de estos ríos con pendientes fuertes.

Finalmente, del saldo nuboso que llega a las cimas, una parte se precipita sobre el mismo filo y laderas adyacentes debido al enfriamiento por la baja temperatura (8°C en promedio); la otra parte sobrepasa la cima y se desliza sobre el flanco opuesto, de por sí frío por tener un clima de puna, y precipita dando valores notoriamente bajos con relación a la anterior (1 100 mm en Canchas Mayu y Calderillas a 350 mm en Taxara e Iscayachi; estos últimos fuera de la cuenca).

Durante los meses secos (mayo a octubre en la región oriental y abril a octubre en la occidental), se produce precipitación cuando llega el Frente frío del Sureste, denominado Surazo, que arrastra masas de aire con menor humedad; estas son detenidas por las serranías orientales y encerradas en los valles longitudinales de sus cuencas; son enfriadas por ese viento, y se precipitan en forma de llovizna ténue y persistente durante varios días, de-



PERFIL TRANSVERSAL DE LA CUENCA DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA

Traza del perfil: Ordenada 7'600 000 m (C.U.T.M.) = 21°40.5 a 21°42.2' de Lat. Sur

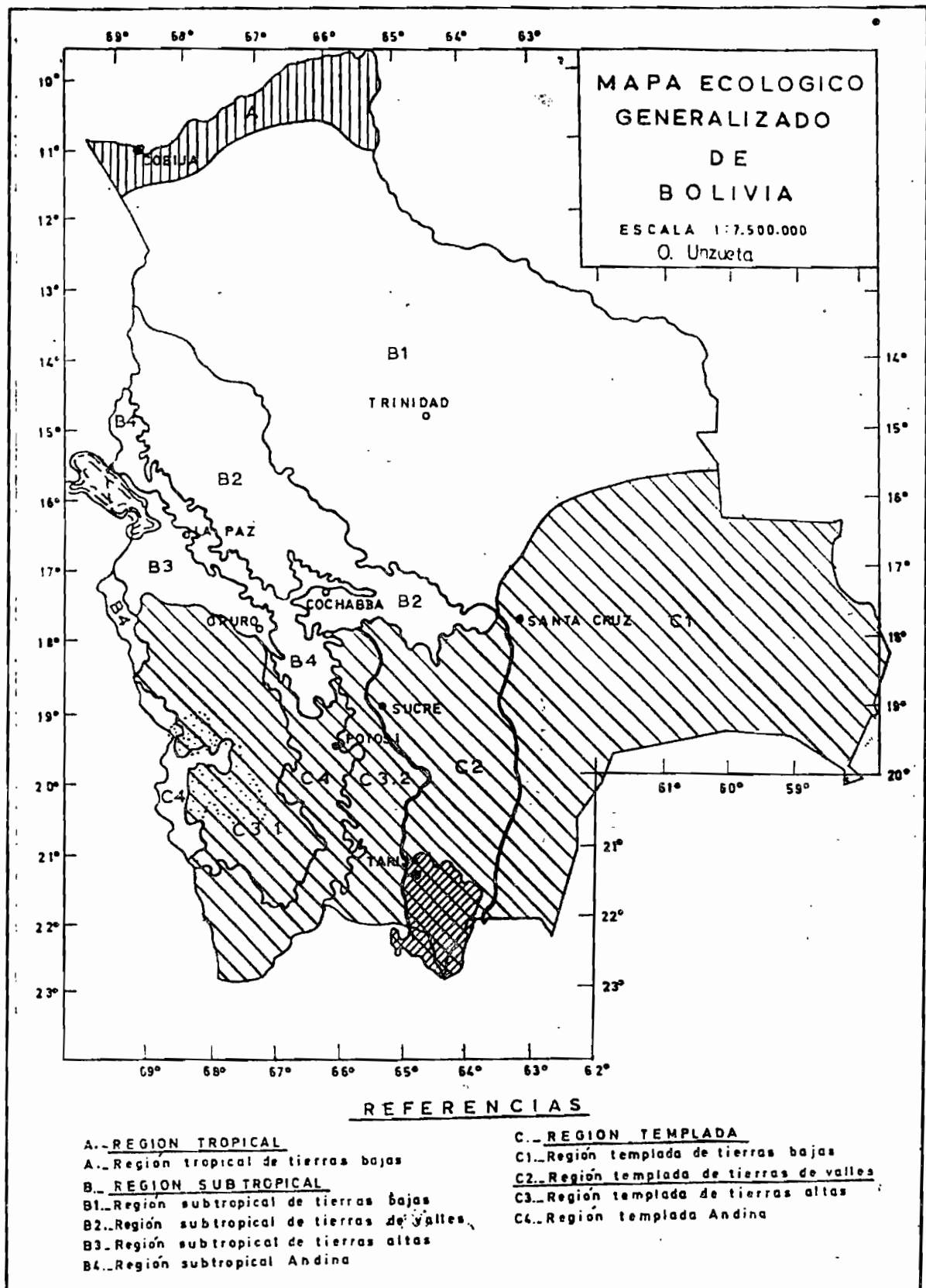


Fig. 1-9

- Aridez en algunos sectores.
- Topografía abrupta y relieve pronunciado en casi toda el área.
- A causa de las fuertes precipitaciones (aguaceros) el agua produce gran erosión.

La cuenca esta dividida en 8 Zonas de Vida ó Formaciones Vegetales de la Región Templada, basadas en el Sistema de Clasificación de L.R. Holdridge, (Fig. 1-10). Estas Zonas de Vida ó Bioclimas se determinan por rasgos cuantitativos de biotemperatura media anual (similar a la temperatura media anual de la atmósfera; ver Anexo 2), de precipitación media anual y de la Relación de Evapotranspiración Potencial (Evapotranspiración potencial/precipitación). Las Zonas de Vida son las siguientes: (síntesis del Mapa Ecológico)

1.4.4.1.1 PISO BASAL.

(1) Monte espinoso templado me-TE

Formación que ocupa el sector comprendido en las localidades de Puente Santa Ana, Calamuchita, Concepción, La Angostura, Uriondo y Colón sud. Límites climáticos: precipitación media anual entre 225 y 275 mm por el lado seco, y entre 450 y 550 mm por el lado más húmedo; la biotemperatura, entre 12 y 24°C, según la altitud. La interrelación de estos 2 parámetros da una relación de evapotranspiración entre 2 y 4, que ubica a esta zona de vida en la Provincia semiárido-húmeda. Todos los lugares de esta zona, experimentan temperaturas críticas ó escarcha durante el invierno. Clima agradable en general para la vida humana; favorable para el cultivo de plantas tipo mediterráneo, como la vid, trigo, aceituna (bajo riego). Tiene baja humedad relativa y alto porcentaje de horas de brillo solar, temperaturas altas en varios meses, la evapotranspiración potencial es elevada, y por tanto el riego resulta costoso.

Fisiografía y edafología.

Area situada en los últimos contrafuertes de la cordillera oriental, caracterizada por constituir una meseta ondulada con cadenas de lomeríos bajos. Altitud promedio de 2 000 m. Paisaje dominado por amplio valle, cuya base es de lutitas blandas. Suelos en general profundos y de lenta permeabilidad, débilmente lixiviados y alta saturación de bases.

Vegetación.

La "asociación climática" de esta región presenta 2 estratos: el superior, arbóreo arbustivo, altura inferior a 50 m, denso y en manchas; el inferior, arbóreo cactáceo, con alturas mayores a 2 m. Especies vegetales más frecuentes: toboroche, cupesillo, maitén, palo mataco, vinal, carahuata, cuchimara, quebracho blanco.

Uso de la tierra.

Se cultiva maíz, maní, frutales (durazno, uva), en terraplenes planos.

(2) Bosque seco templado bs-TE

Formación que incluye a las localidades de San Lorenzo, San Mateo, Obrajes, Tarija, San Jacinto, Tolomosa Grande, Chocloca, Juntas.

Clima.

Se caracteriza por temperaturas bajas ó escarchas durante cierto período del año; bioclima subhúmedo; biotemperatura entre 12 y 24°C (a 3 500 m). Período seco de 6 meses. Clima favorable para la salud. Existe poca escorrentía. La agricultura requiere cultivos y ganadería controlados por técnicos.

Fisiografía y suelos.

Se destacan las serranías altas disectadas (la Tablada). Los suelos son muy diferentes, generalmente profundos, de permeabilidad rápida, saturación alta de bases, contenido orgánico bajo.

Vegetación.

Bosque latifoliado en mesetas, terrazas altas; árboles de 10 m en tierras altas y de 20 m en las bajas. Especies vegetales: pino blanco, caranday, maitén, algarrobo, palosanto, lapacho rosado, cuchi, palo blanco, carahuata, toboroche, tajibo morado.

Uso de la tierra.

Cultivo principal (vid) bajo riego. El agua para cosechas es superior a la

de preripitación. Se puede cultivar aceituna, maní, sorgo, higo.

(3) Bosque húmedo templado bh-TE.

Es una región que comprende a las localidades de Rincón la Victoria, Tucumilla, Alizos, Cañas, Canchas Mayu y Padacya en la zona parte occidental de la cuenca; y, a Entre Ríos, La Cueva, El Salado, Bermejo y Fortín Campero, en una franja que circunda la parte oriental. En total, abarca un 25% del área de la cuenca y tiene condiciones ecológicas favorables.

Clima.

Sus biotemperaturas medias anuales varían desde 23.7°, a casi 14°C en las alturas. La precipitación media anual varía entre 650 y 1 150 mm por el lado seco, y entre 1 850 a 2 150 mm por el lado húmedo; según la altitud y biotemperatura del lugar. Mientras la estación seca no exceda a los 3 meses, en las tierras bajas se puede obtener 2 cosechas anuales sin riego. La ganadería se puede mantener con pastos naturales. El clima es adecuado para la vida humana, pero no el mejor, por la humedad que se combina con el calor excesivo de primavera y verano, ó con las temperaturas bajas de los surazos de invierno.

Fisiografía y suelos.

Pertenece a 2 paisajes diferentes:

- I) Región con predominio de terrazas altas, disectadas, marcado relieve; suelos superficiales y esqueleticos predominantes.
- II) Región de planicies aluviales con características de diques, bacines, complejos de orillares, meandros, etc.

Suelos muy variados, desde livianos a pesados; moderadamente profundos a profundos; permeabilidad moderadamente rápida a rápida.

Vegetación.

Muchas asociaciones distintivas componen esta región; la asociación climática es un bosque latifoliado mixto, con unas 26 especies por hectárea, de 30 a 35 m de altura entre los dominantes en tierras bajas, disminuyendo ésta con la altitud. Bosque con elevada cantidad de madera; las especies más cono-

cidas son: palo blanco, cedro, nogal, ajo, laurel, cuchi, algarrobo, toboroché.

Uso actual de la tierra.

En conjunto, los suelos de esta zona de vida están en una etapa inicial de uso, con excepción de pequeños sectores en las serranías. En el sector de las serranías húmedas la actividad forestal tiene alguna importancia, con costos de explotación altos por lo disectado del terreno.

(4) Bosque muy húmedo templado bmh-TE.

Esta región comprende a las localidades de Emborozú, Guandacay, Tariquía, Salinas Chiquiaca y parte de la cuenca de los ríos Itau y Salado. Es poblada, ocupa un 20% del área total, y tiene limitado valor excepto para la explotación de maderas valiosas.

Clima.

La biotemperatura media anual varía entre 12 y 20°C. La precipitación media anual entre 1 100 y 2 200 mm, según la altura y la biotemperatura. La escorrentía es de 2 a 4 veces la evapotranspiración real. El suelo queda húmedo aún durante los meses de invierno, y en verano es muy húmedo con condiciones difíciles para el cultivo; con fuerte erosión en suelos descubiertos y elevada lixiviación de nutrientes. En muchos lugares (Emborozú, Tariquía, Salinas), como las lluvias excesivas provienen del efecto orográfico, cuando las masas de aire húmedo de las llanuras del sur chocan con las serranías, hay un predominio de asociaciones atmosféricas muy húmedas (bosques nublados) con baja evaporación y humedad adicional producida por la condensación de la neblina.

Vegetación.

Es de bosque siempre verde, de tres estratos densos; los superiores sobrepasan los 35 m de altura, cubiertos por bromeliáceas, epifitas y musgos; los inferiores, formados por arbustos. Las especies arbóreas más frecuentes son: cedro, guayabo, laurel, nogal, cuchi, palo blanco.

Fisiografía y suelos.

Existe fuerte disección. Pendientes aluviales y coluvio-aluviales son sus.

principales geoformas, con valles estrechos y profundos. Suelos superficiales y casi siempre en su capacidad de campo; se derivan de lutitas y areniscas con abundante materia orgánica en el horizonte superficial; normalmente arcillosos, buena capacidad de retención de agua, lixiviados, y baja saturación de bases. *

Uso del suelo.

Se explota, con preferencia, forestalmente, con diversa intensidad debido a la topografía difícil. Localmente existen pequeños cultivos de maíz y frutales. La zona es ideal para la plantación de pinos.

1.4.4.1.2 PISO MONTANO TEMPLADO.

(5) Bosque húmedo montano templado bh-MTE.

Esta región comprende a las localidades de Tómatas Grande, Canasmoro, Yesera Norte, Junacas, Sella y parte oeste de la subcuenca del río Nogal, ocupando un área del 10% de la cuenca.

Clima.

Sus temperaturas de verano son más favorables al cultivo, y su biotemperatura varía entre 6° y 14°C, como promedio anual; climáticamente es muy variable. Sus altitudes varían entre 2 800 y 4 000 m snm; la precipitación media anual entre 500 y 700 mm.

Fisiografía y suelos.

Fisiográficamente es muy compleja, los suelos varían tanto local como regionalmente. Casi toda la formación está constituida por un paisaje de colinas alternando con cañones y quebradas.

Vegetación.

Gran parte de la vegetación originaria ha sido alterada por el uso agrícola y pecuario. Las especies vegetales más permanentes son el algarrobo, molle y tarco.

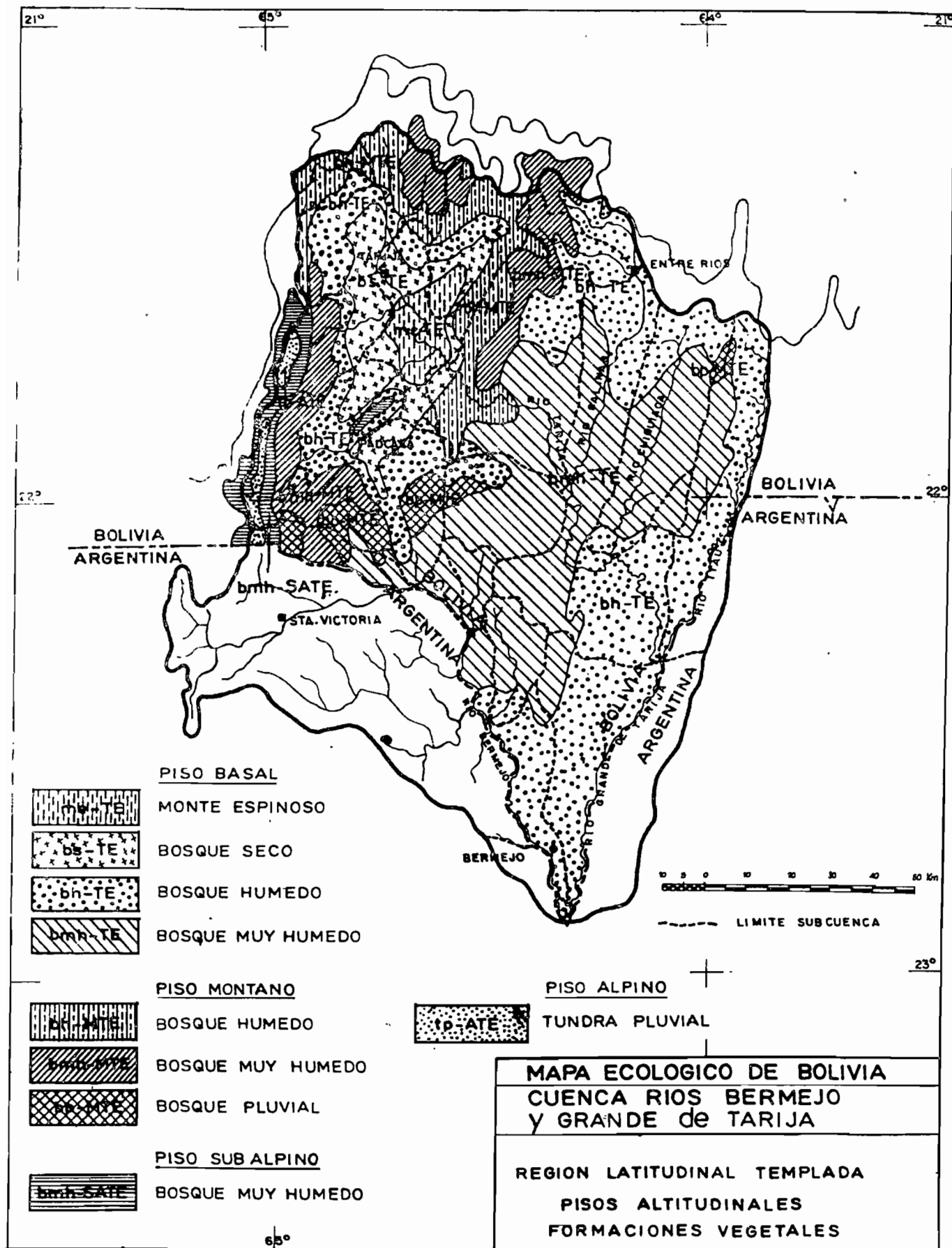


Fig. 1-10

Uso de la tierra.

Se cultiva maíz, cebada y trigo, alternados con áreas de pastoreo.

(6,7) Bosque muy húmedo montano templado bmh-MTE y bosque pluvial montano templado bp-MTE

El primero comprende a las localidades de Pinos Sud, Cumbre de Sama, una porción en la parte baja del río Camacho, Mecoya. El segundo, a partes aisladas de la subcuenca del río Orosas, y una parte pequeña en la divisoria, al norte de las subcuencas de los ríos Chiquiaca e Itau.

Clima.

Temperaturas relativamente frías y alta incidencia de neblinas por el sobrante de humedad. Durante casi todo el año, la atmósfera, el suelo y la vegetación están saturados de agua, de la cual, cierta proporción proviene de la condensación de las masas húmedas de aire que chocan contra la arboleda y no de la lluvia.

Ambas zonas son colindantes. En la primera, la precipitación varía entre 1 000 y 2 000 mm, y en la segunda, entre 2 000 y 4 000 mm, en sus promedios anuales.

Fisiografía y suelos.

El problema de manejo de estas formaciones se debe principalmente al exceso de humedad y topografía accidentada. Debido a la nubosidad y alta humedad relativa, y a la baja eficiencia térmica, la evapotranspiración es reducida. Solamente, de un 25% a 50% de la precipitación anual es eliminada directamente a la atmósfera; el resto se elimina por escorrentía e infiltración, por lo cual se originan flujos fuertes y constantes.

Vegetación.

La vegetación originaria se ha mantenido casi inalterada. El crecimiento de los árboles es limitado, con un solo estrato de 10 a 15 m de altura; presentan una fisonomía tupida, cargada de musgos y líquenes. Las especies más frecuentes son: cedro, nogal, laurel, pino de Tarija, aliso, arrayán, limoncillo.

Uso de la tierra.

Existe alguna actividad agrícola de subsistencia, con cultivos principalmente combinados con pastoreo de vacunos y caprinos.

1.4.4.1.3 PISOS SUB ALPINO Y ALPINO.

Se reconocen 3 pisos térmicos encima de la biotemperatura de 6°C: el Subalpino, con biotemperatura entre 6° y 3°C; el Alpino, con biotemperatura entre 3° y 1.5°C; y el Nival, con biotemperatura menor a 1.5°C.

Todas estas zonas de vida muestran un relieve muy irregular, variando entre mesetas y serranías de rocas sedimentarias fuertemente plegadas.

(8) Bosque muy humedo subalpino templado bmh-SATE.

Ocupa ambos flancos de la serranía de Sama, cercanos a la divisoria de la cuenca, desde la cuesta de Sama hasta la prolongación al sur, en territorio de Argentina. Dentro de esta región se encuentran las localidades de Calderillas y Rejara.

Clima.

Es extremadamente frío, lo que no permite el desarrollo de la agricultura. La ganadería tiene alguna posibilidad basada en pastos naturales. La baja eficiencia térmica es el principal factor limitante, donde aún las plantas autóctonas crecen con dificultad.

Fisiografía y suelos.

Presenta una fisonomía compleja donde aún predomina la formación montañosa muy quebrada, con pendientes de empinadas a muy empinadas. Se halla disectada por numerosos cursos de agua. La geología es algo variada, con predominio de rocas sedimentarias (areniscas y lutitas) sobre las volcánicas, lo que ha dado origen a suelos superficiales.

1.4.4.2 CLASIFICACION DE LAS REGIONES CLIMATICAS SEGUN KÖPPEN.

El sistema de Vladimir Köppen (1918), reconoce 4 categorías fundamenta-

les en territorio de Bolivia:

- A Clima tropical lluvioso; cálido en todas las estaciones.
- BS Clima seco; de estepa.
- C Clima templado lluvioso; inviernos suaves.
- E Clima polar.

La cuenca esta comprendida en las categorías BS y C; la primera, abarca una región en forma de triángulo aledaño a la divisoria oeste de la cuenca; la segunda, el resto de la cuenca, incluidos , por extensión, los territorios de Argentina. Estas letras mayúsculas designan a los grupos térmicos.

Köppen define además una serie de tipos de clima según los regímenes de precipitación:

f = todo el año; w = invierno seco ó lluvias estivales; s = verano seco ó lluvias invernales.

Además, define con. h = (heiss) caliente; k = (kalt) frío; a = verano cálido; b = verano frío; c = verano corto y fresco.

De la combinación de estas características climáticas existen 10 climas en Bolivia, de los cuales, la cuenca esta incluida en los 2 siguientes:

BSwh: Estepa con invierno seco caliente; y

Cwa: Mesotérmico, con invierno seco caliente. (Fig. 1-11).

1.4.4.3 CLASIFICACION CLIMATICA SEGUN MEIGS.

Esta limitada a zonas áridas y semiáridas, y se basa en el balance hídrico del terreno. Utiliza letras y dígitos para su clasificación:

A: Zonas áridas.

S: Zonas semiáridas.

a: Zonas en que la lluvia anual se distribuye con continuidad.

b: Zonas en que la lluvia anual se concentra en el período estival.

c: Zonas en que la lluvia anual se concentra en el período invernal.

Los 2 índices numéricos sucesivos indican la mínima y máxima temperatura media mensual en la zona:

1: entre 0° y 10°C.

2: entre 10° y 20°C.

3: entre 20° y 30°C.

Según lo anterior, la cuenca tiene un clima Sb23 (con excepción de una franja al oeste de Tarija, de norte a sur), semiárido, con la precipitación concentrada en el verano, y con temperaturas, mínima mensual entre 10° y 20°C, y máxima mensual entre 20° y 30°C. (Fig. 1-12).

1.4.4.4 CLASIFICACION CLIMATICA SEGUN TREWARTHA-ROBINSON.

Utiliza como variables principales, la temperatura media ambiente, y limitadamente en la determinación de los climas áridos el déficit de agua del terreno. En una primera aproximación, diferencia el clima de tierras altas H del de los llanos: Ar, zona tropical húmeda; Aw, zona tropical húmeda y seca; y BS, zona tropical de clima seco-semiárido. Según lo anterior, el clima BS, comprende a toda la cuenca, con una pequeña influencia del clima H en una franja aladaña a la serranía de Sama y su prolongación sobre territorio de Argentina. (Fig. 1-13).

1.4.4.5 CLASIFICACION CLIMATICA SEGUN THORNTHWAITE.

Este autor propuso como base para la clasificación, el concepto de "evapotranspiración potencial", que es la cantidad total de agua que se evapora del suelo y la que se pierde por la transpiración de las plantas, y consiste en la determinación de los índices de aridez (I_a), de humedad (I_h) y el climático global (IHG), correspondientes al Balance hídrico para cada estación termopluviométrica. (apart. 2.5.1.4 ; planillas para el cálculo de la Evapotranspiración Real ETR; Cuadros 2-42 a 2-51).

$$\text{Índice de Aridez: } I_a = \text{Deficit } d \times 100/\text{ETP}$$

donde, $d = \text{ETP} - \text{ETR} =$ déficit de agua de los meses secos; es decir, la cantidad de agua necesaria para aumentar al suelo tal que éste se mantenga con una humedad suficiente. (fila 12 de la planilla).

ETP = Evapotranspiración media anual.

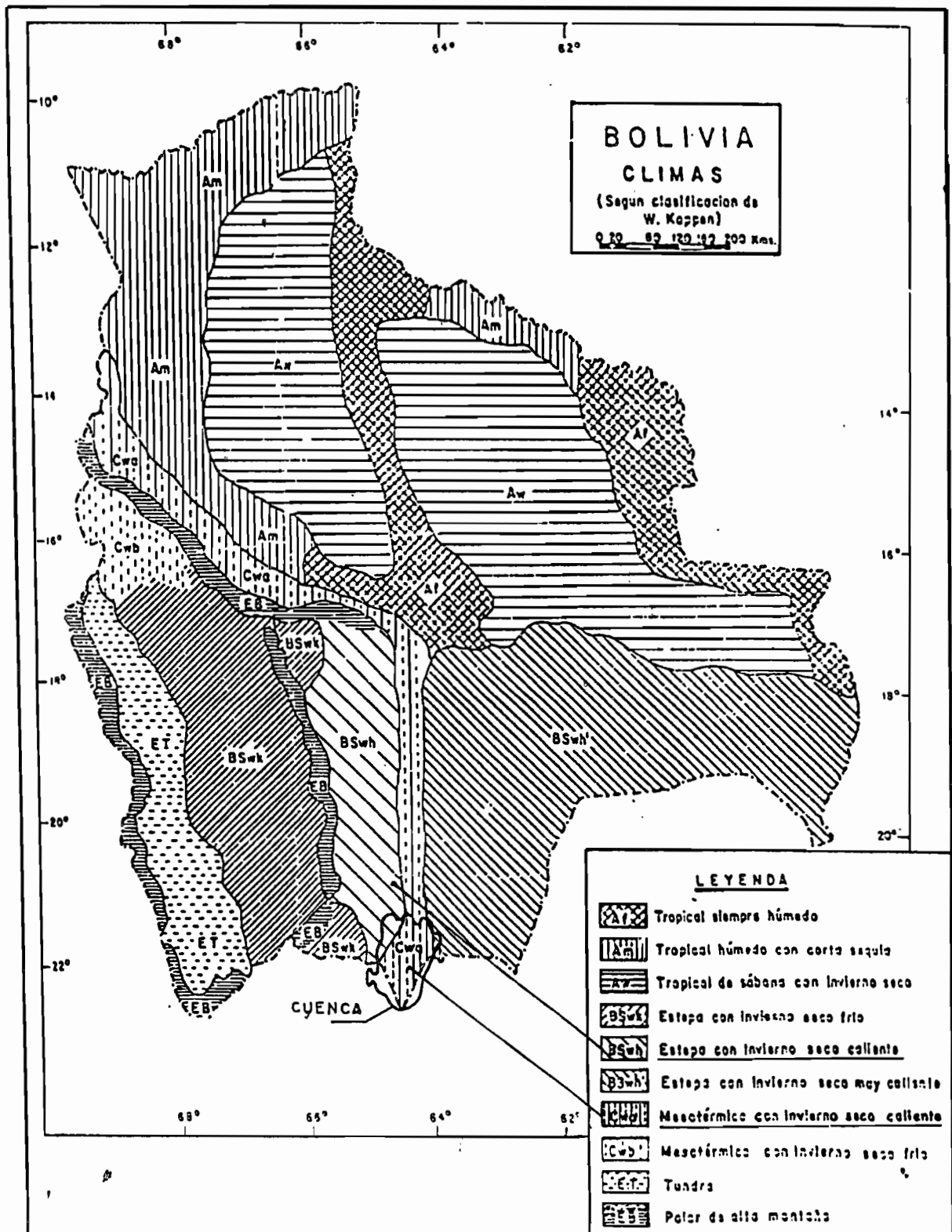


Fig. 1-11

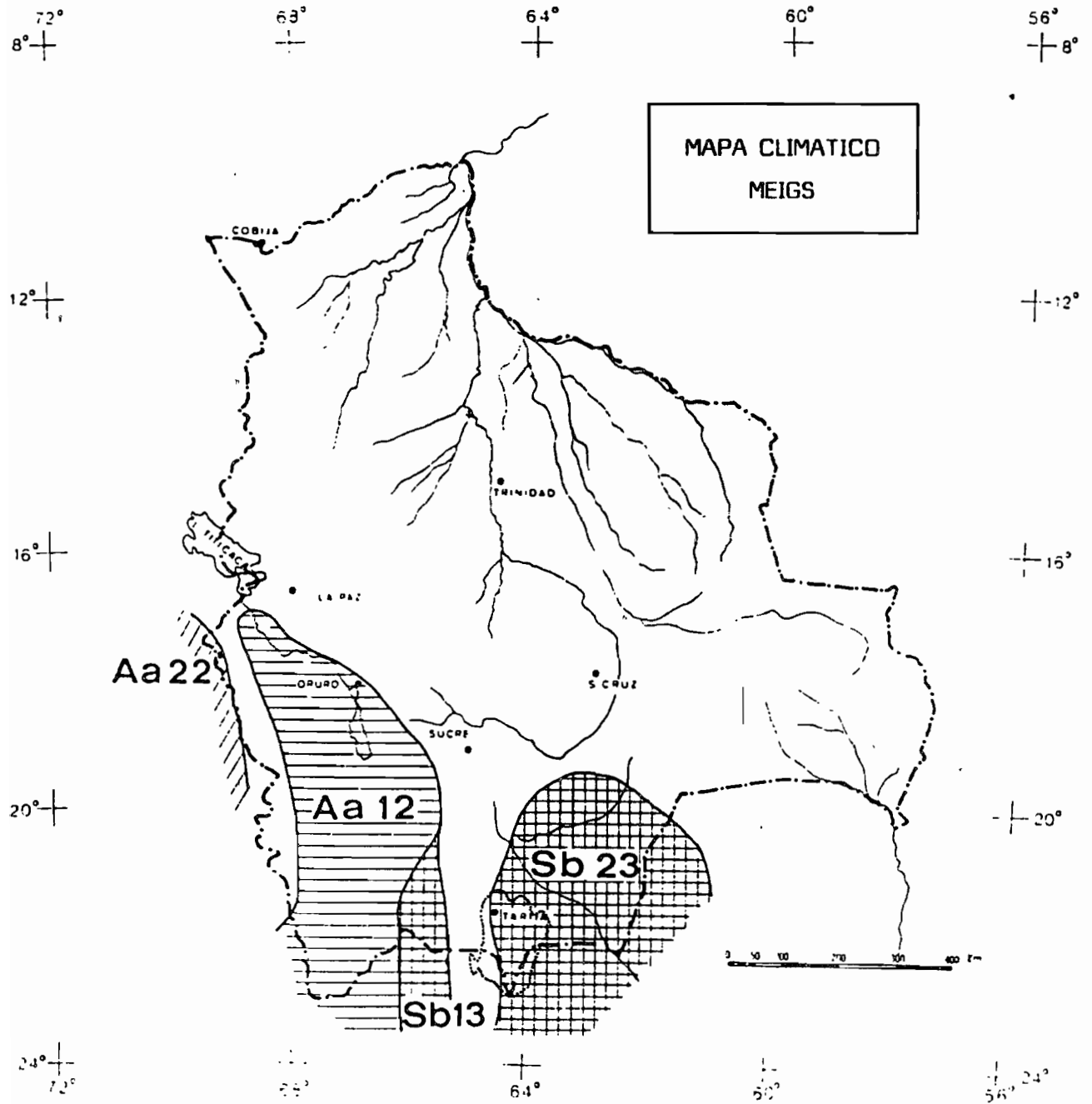


Fig. 1-12

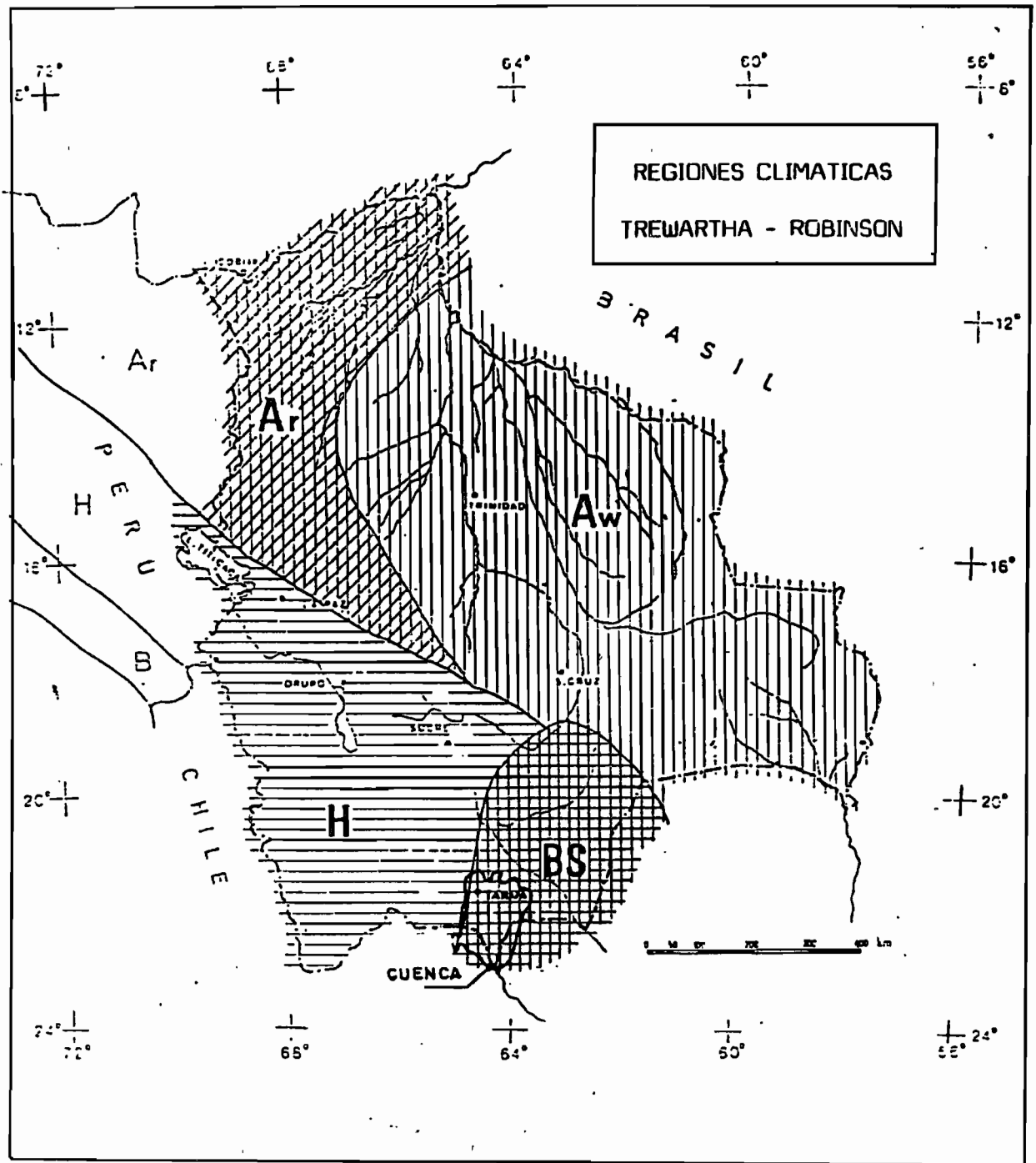


Fig. 1-13

Indice de Humedad: $I_h = \text{Excedente } s \times 100/\text{ETP}$

donde, s = Exceso de agua de los meses húmedos; es decir, cantidad de agua excedente del almacenaje máximo asumido para el suelo. (Fila 13 de la planilla).

Indice climático ó Indice Hídrico Global:

$$I_{HG} = I_h - 0.6 I_a$$

Con estos valores calculados para cada Estación Termopluviométrica, se ingresa a las Tablas del Anexo 3 para determinar el tipo de clima; Cuadro 1-4.

1.4.4.6 CLASIFICACION CLIMATICA SEGUN GARCIA - VIPARELLI.

Los Hidrólogos R. García Agreda y Rosa Viparelli han elaborado un Mapa Climático de Bolivia en función de los índices de humedad y aridez de la manera siguiente:

Considerando las diferencias $\bar{h}_j - \bar{E}p_j$, entre la precipitación y la evapotranspiración potencial del mes j , se define como,

mes húmedo, cuando $\bar{h}_j - \bar{E}p_j \geq 0$, y

mes seco, cuando $\bar{h}_j - \bar{E}p_j < 0$

$$\text{Indice de humedad } \bar{I}_U = \sum_U (\bar{h}_j - \bar{E}p_j) / \sum_{j=1}^{12} \bar{E}p_j$$

donde, $\sum_U$ es la sumatoria de los meses húmedos.

$$\text{Indice de aridez } \bar{I}_S = \sum_S (\bar{h}_j - \bar{E}p_j) / \sum_{j=1}^{12} \bar{E}p_j$$

donde, $\sum_S$ es la sumatoria de los meses secos.

$$\text{Indice climático } \bar{I} = \bar{I}_U - \bar{I}_S = \left(\sum_{j=1}^{12} \bar{h}_j - \sum_{j=1}^{12} \bar{E}p_j \right) / \sum_{j=1}^{12} \bar{E}p_j \quad (\text{Fig.1-14})$$

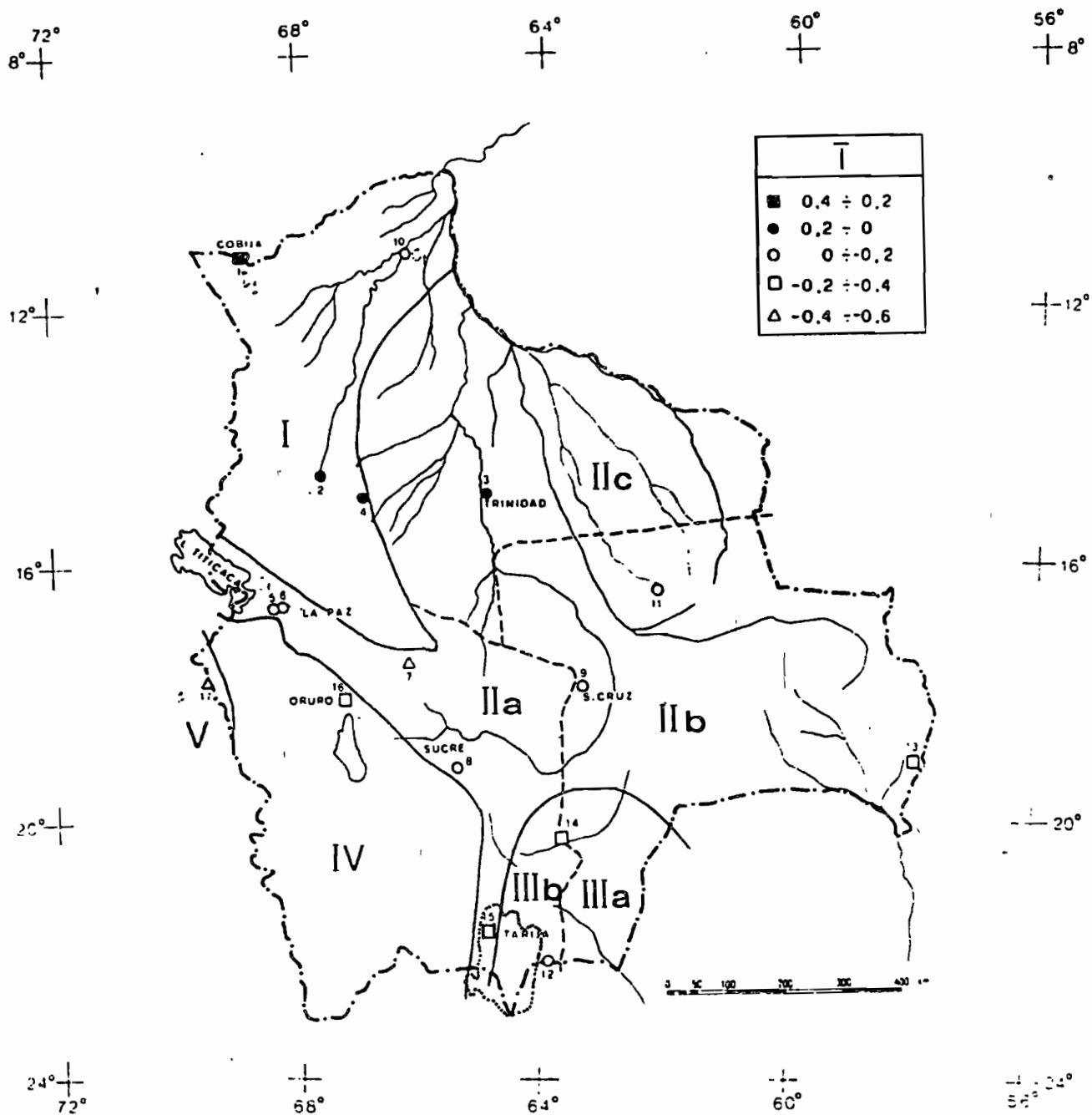


Fig. 1-14

: Mapa climático de Bolivia con valores del índice climático $\bar{T}$.

Con el Índice así obtenido se clasifica el clima según el siguiente cuadro:

Cuadro 1-3
CLASIFICACION DE CLIMAS SEGUN EL INDICE CLIMATICO

Climas Húmedos				Climas Secos			
Subhúmedo	C_2	para	$0 \leq \bar{I} < 0.2$	Seco-subhúmedo	C_1	$-0.2 \leq \bar{I} < 0.2$	
Húmedo	B_1	"	$0.2 \leq \bar{I} < 0.4$	Semiárido	D	$-0.4 \leq \bar{I} < -0.2$	
Húmedo	B_2	"	$0.4 \leq \bar{I} < 0.6$	Arido	E	$-0.6 \leq \bar{I} < -0.4$	
Húmedo	B_3	"	$0.6 \leq \bar{I} < 0.8$				
Húmedo	B_4	"	$0.8 \leq \bar{I} < 1.0$				
Hiperhúmedo		"	$1 \leq \bar{I}$				

Los citados autores, establecen una comparación del índice $\bar{I}$ con la varianza $s^2\{y\}$, siendo y el logaritmo decimal de la precipitación anual en una Estación, la cual determina la denominada Zona Pluviométrica según el Método Estocástico.

Existe otro Estudio*, más actualizado que el de García-Viparelli, cuyos valores de la varianza se ha utilizado para comparar con los calculados para la cuenca (columnas 11 y 12, Cuadro 1-4). Los valores determinados para la cuenca con un límite del 95% de confianza, son:

Zona pluviométrica II $s^2\{y\}$: $0.0032 \leq 0.00804 \leq 0.015$

Zona pluviométrica III $s^2\{y\}$: $0.0058 \leq 0.01434 \leq 0.0267$

Como conclusión de lo señalado, podemos indicar que:

--Existe coincidencia en la determinación de la zona climática de la cuenca entre las clasificaciones de Trewartha, Meigs, Thornthwaite y García-Viparelli.

--Tomando en cuenta el índice climático $\bar{I}$, existen 2 zonas ó regiones características en la cuenca: la occidental, con clima semiárido; y la o-

* No se conoce el nombre del autor. Determina las Zonas y Subzonas pluviométricas de Bolivia con mayor precisión.

oriental, con clima subhúmedo. La divisoria entre ambas es una dirección aproximada NNE que coincide con la línea que une las estaciones Emborozu, Tariquía, Salinas y Entre Ríos, la cual determina los valores de precipitación más altos de la cuenca.

--Considerando las Zonas pluviométricas, se presenta la misma distinción: la Zona II al occidente y la Zona III al oriente.

Se enfatiza el aspecto de las Zonas pluviométricas, por la similitud que tiene con el régimen de precipitación, temperatura y clima de las regiones occidental y oriental de la cuenca.

1.4.5 FISIOGRAFIA, GEOLOGIA, TOPOGRAFIA, EDAFOLOGIA, COBERTURA Y USO DEL SUELO.

1.4.5.1 FISIOGRAFIA.

La Fisiografía de la cuenca se explica con detalle en el apartado 1.4.4.1 y en el Anexo 10 del apartado 1.4.5.4.

Teniendo en cuenta que la Fisiografía trata de la Morfología ó forma del terreno, sin considerar su génesis, y ayudándose de los factores climatológicos, de flora, fauna y la variedad de suelos, el territorio de Bolivia está dividido en 7 grandes unidades fisiográficas. (Fig. 1-15, 1-16, 1-17).

- A-1 Cordillera occidental ó volcánica.
- A-2 Cordillera central-oriental.
- B Altiplano.
- C Subandino.
- D Llanuras.
- E Escudo Brasileño.
- F Serranías Chiquitanas.

La cuenca de los ríos Bermejo y Grande de Tarija esta comprendida en la provincia C, Subandino, en el sector meridional.

La cuenca presenta un paisaje morfológico bien definido, tanto en el aspecto geológico, como en su morfología, flora, fauna, clima y en la variedad

Cuadro 1-4

CLASIFICACION CLIMATICA SEGUN THORNTHWAITE, MEIGS Y GARCIA-VIPARELLI

ESTACION	THORNTHWAITE				MEIGS	GARCIA-AGREDA				FRIAS		
	I_h	I_a	I_{HG}	Clima	Clima	$\bar{T}_u$	$\bar{T}_s$	$\bar{T}$	Clima	$s^2\{y\}$	zona pluv.	zona pluv.
Tarija AASANA	5.2	34.7	-15.6	C ₁ seco-sub húmedo	semiárido	0.11	0.40	-0.29	semiárido D	0.0020	**** I	III
Tarija SENAMHI	6.0	31.7	-13.0	C ₁ seco-sub húmedo	semiárido	0.12	0.38	-0.26	semiárido D	0.0042	II	III
San Jacinto	1.2	35.7	-20.2	C ₁ seco-sub húmedo	semiárido	0.05	0.39	-0.34	semiárido D	0.0067	II	III
San Andrés	42.8	16.6	+32.8	B ₁ húmedo	*	0.54	0.28	+0.26	B ₁ húmedo	0.0055	II	III
Canasmoro	0.7	35.4	-20.5	C ₁ seco-sub húmedo	semiárido	0.06	0.40	-0.34	semiárido D	0.0035	II	** III
Padcaya	10.0	25.1	- 5.1	C seco-sub húmedo	*	0.22	0.37	-0.15	C ₁ seco-sub húmedo	0.0064	II	III
Entre Ríos	28.3	15.3	+19.1	C ₂ sub húmedo	semiárido	0.38	0.25	+0.13	C ₂ sub húmedo	0.0161	III	IIK
Tariquía	78.5	8.5	+73.4	B húmedo	semiárido	0.87	0.18	+0.69	B húmedo	0.0088	II 6 III	** IIK
Bermejo	9.3	19.0	- 2.1	C ₁ seco-sub húmedo	semiárido	0.17	0.27	-0.10	C ₁ seco húmedo	0.0069	III	IIIC
Oran (Meteor.)	12.0	17.2	+ 1.7	C ₂ sub húmedo	semiárido	0.21	0.26	-0.05	C ₁ seco-sub húmedo	0.0054	III	** IIIC
Yacuiba	11.8	20.1	- 0.3	C ₁ seco-sub húmedo	semiárido	0.20	0.28	-0.08	C ₁ seco-sub húmedo	0.0213	III	IIIB

* se ubica fuera de la zonificación climática de la cuenca.

** Estaciones cuya situación pluv. es determinada según el plano de "Subzonas pluviométricas".

*** Se ubicaría en la Zona pluviométrica I, con diferente régimen pluviométrico.

de sus suelos.

En general, el Subandino es una serranía situada entre la cordillera oriental y los llanos, a manera de una montaña plegada y cortada transversalmente por ríos sobreimpuestos. Esta serranía está formada por serranías menores, paralelas entre sí, que coinciden con grandes alineamientos anticlinales, alargados, asimétricos, con uno de sus flancos más tendido, dando lugar a una morfología de "cuestas". En medio de estos cordones hay valles sinclinales angostos y anchos. Los ríos longitudinales desembocan en otros mayores que tienen un curso transversal, de oeste a este, y que son en gran parte ríos antecedentes, que han dado lugar a estrechos cañones llamados localmente "angostos".

Este sector del Subandino se puede dividir en 2 regiones. En particular, la primera región corresponde al valle de Tarija, de origen fluvio lacustre, presenta terrazas aluviales, pié de monte, abanicos de origen aluvial, y planicies. En las zonas donde las mesetas son onduladas, predominan las serranías y colinas con cimas redondeadas, de disección moderada a fuerte, y con interfluvios estrechos.

La segunda región, en el resto de la cuenca, presenta terrazas altas disectadas, caracterizadas por un marcado relieve, con predominio de suelos superficiales y esqueléticos.

1.4.5.2 GEOLOGIA.

Las tierras de la cuenca son de origen aluvial, con estructuras inferiores de la Edad Permocarbonífera, en que una extensa cuenca se rellenó con sedimentos continentales. (Fig 1-18).

La cuenca está formada por anticlinales alargados y paralelos, con núcleos del paleozoico superior, flanquados por sedimentos cretácicos formados por plegamientos durante la Era Terciaria, y separados por valles sinclinales anchos y angostos rellenos con arenas terciarias. Estas montañas continúan en territorio de Argentina, pero las estructuras son más complejas, encontrándose exposiciones de algunas rocas precámbricas y del Paleozoico inferior.

La secuencia boliviana comienza con lutitas y areniscas devónicas de origen marino, recubiertas por depósitos continentales del Carbonífero y Pérmico

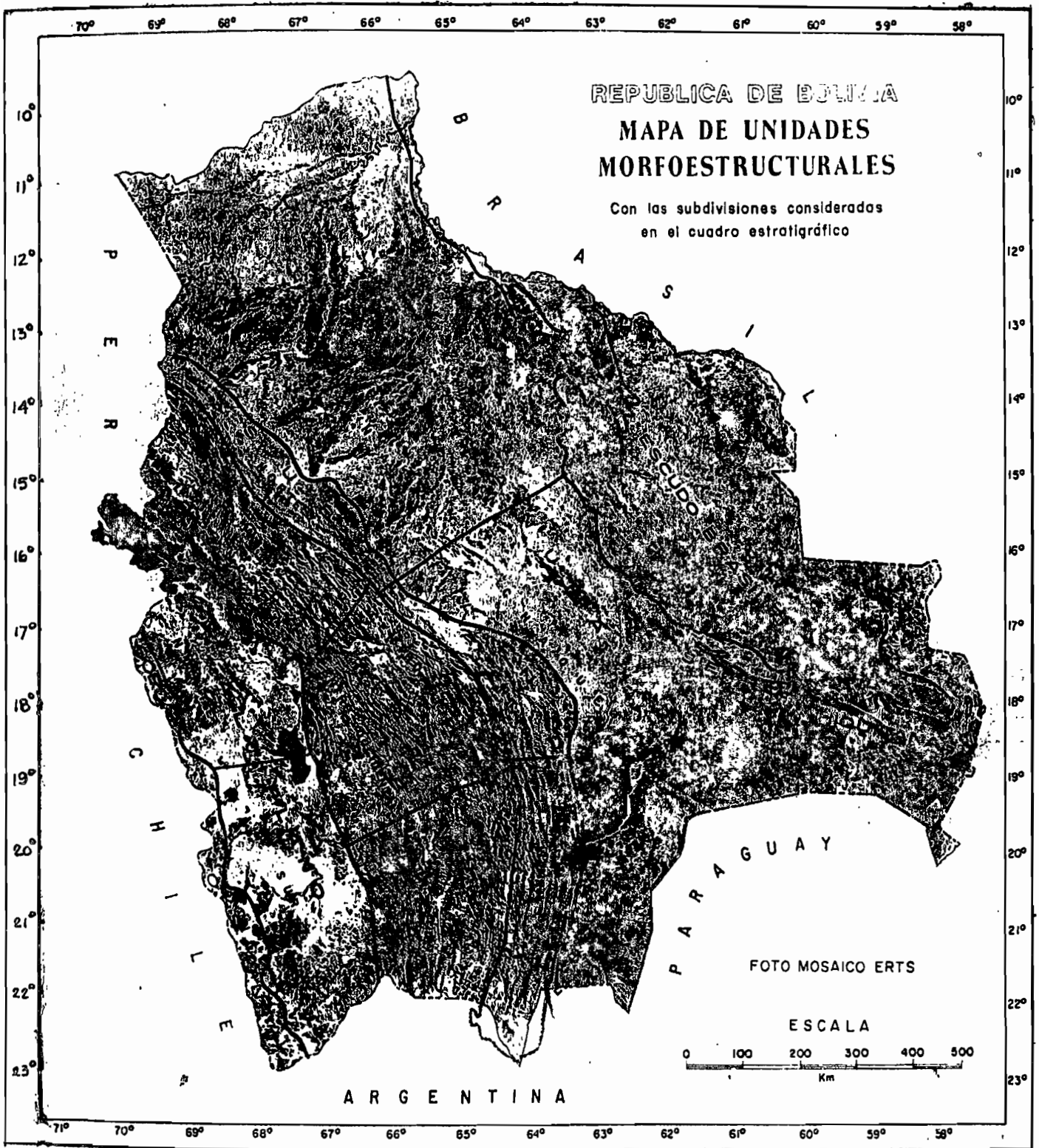
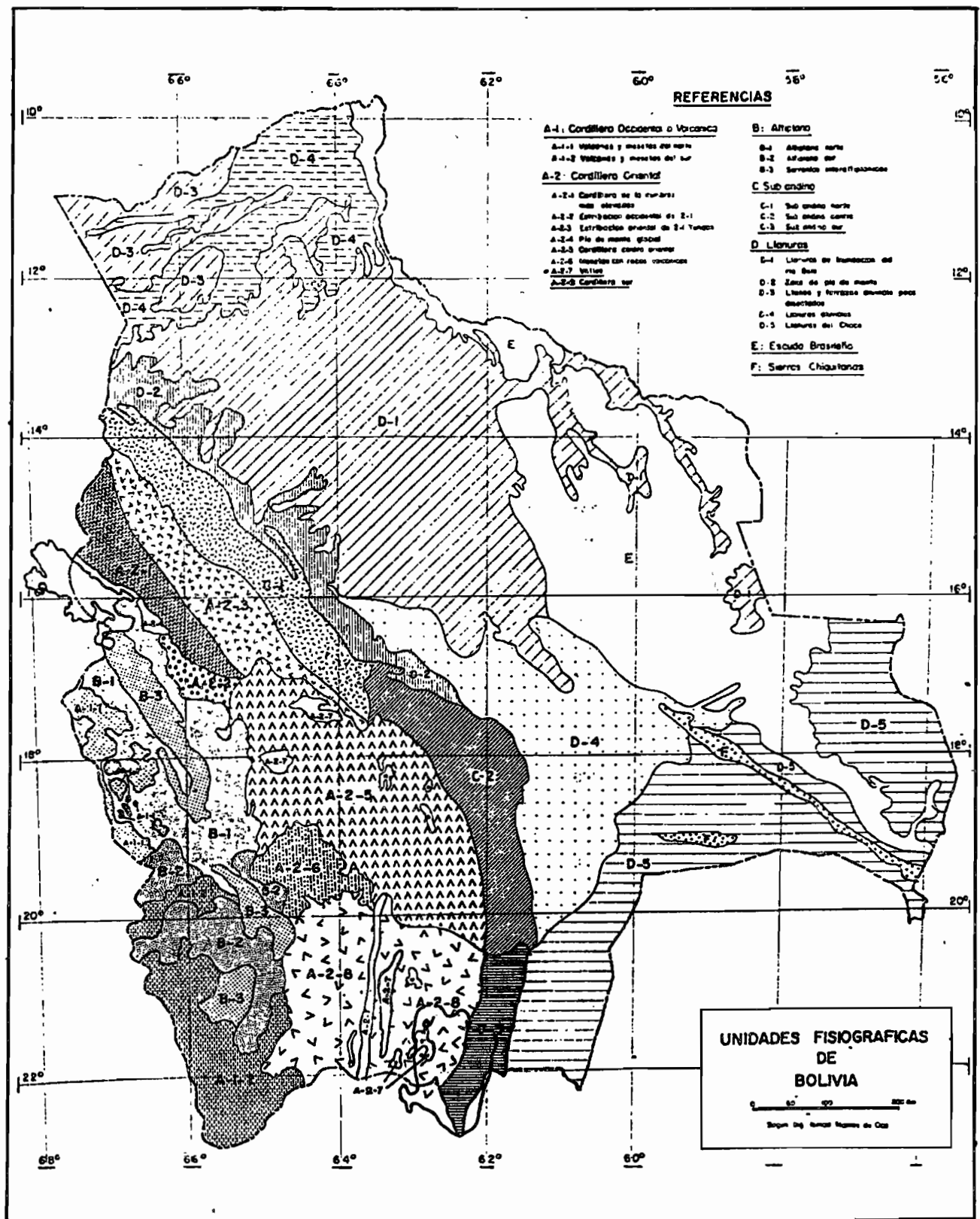


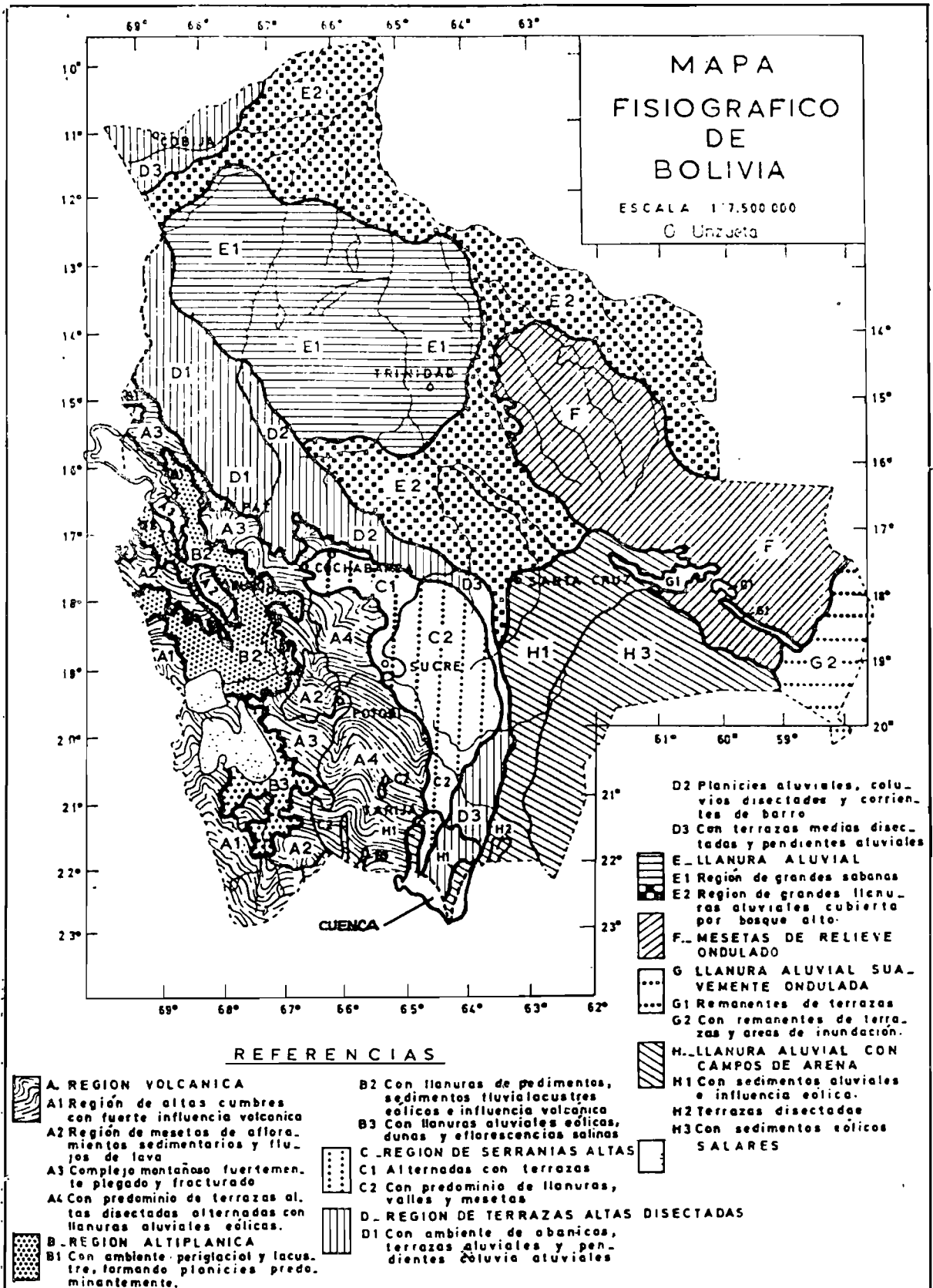
Fig. 1-15



Fuente: GEOGRAFIA Y RECURSOS NATURALES DE BOLIVIA

I. MONTES DE OCA

Fig. 1-16



FUENTE: MAPA ECOLOGICO DE BOLIVIA

Fig. 1-17

que incluyen la formación Escarpment de gruesos estratos de areniscas. Algunos sedimentos marinos, del Pérmico al Triásico, ocurren sobre los flancos de los anticlinales.

Otras formaciones características son la Tupambi, asentada sobre el Devónico, con areniscas de gris a pardo, que se extiende desde Bermejo hasta Santa Cruz, al NNE, fuera de la cuenca. Encima de ésta, se desarrollan las formaciones Tarija y San Telmo.

Según los períodos, tenemos, en el Precámbrico rocas metamórficas en la localidad de Mecoya, subcuenca del río Orosas al noroeste de Bermejo. Del Cámbrico, cuarcitas en el abra de Sama y en el río Condado cerca de la Maimora. Se ha descubierto fósiles en la cuesta de Iscayachi y en la de Erquiz. Del Ordovícico, se encuentran afloramientos en la cuesta de Sama, en la divisoria noroeste de la cuenca, y lutitas y pizarras en Tarija (salitre). Del Pérmico es la colada basáltica de Entre Ríos, en la parte más alta de la formación Ipaguazú. Del Cretácico, tenemos la formación Tacurú. Del Terciario son, la formación Tariquí (areniscas, arcillitas); las areniscas del río Condado, que pertenecen a la formación Chaco Inferior; y las areniscas de la formación Guandacay. Del Cuaternario, son las areniscas en el sinclinal de Tariquí.

En general, los valles longitudinales no son muy apropiados para la agricultura; en cambio, en los valles transversales hay una combinación favorable de suelos. La topografía y lluvias crean condiciones ecológicas aptas para los cultivos. Los sedimentos derivados de las sierras subandinas forman suelos aluviales relativamente pobres en las planicies. En los núcleos erosionados de los anticlinales, en territorio de Argentina, ocurren areniscas silúricas ferruginosas, conglomerados y depósitos marinos, así como sedimentos clásticos finos de origen marino pertenecientes al Ordovícico. El gran espesor de sedimentos del Terciario, tiene alto contenido de ceniza y arcilla, lo cual agrava el problema de la erosión a través de todas las sierras del subandino. Lo más significativo de estas, es la característica hidrológica; están situadas en una zona de alta precipitación, entre montañas y llanuras relativamente áridas. La erosión, y el control de las inundaciones, son los mayores problemas de estas sierras.

1.4.5.2.1 TIPOS DE ROCAS.

En el sentido de que la Litología permite tener una idea sobre la permea-

bilidad de las rocas, se puede citar a las rocas principales de la cuenca. (Fig. 1-19 y 1-20).

De las 6 grandes unidades litológicas que se puede diferenciar en Bolivia, la cuenca esta incluida en la quinta, que esta compuesta principalmente por lutitas, limolitas y areniscas, intercaladas en capas delgadas, impermeables, suaves y débiles.

Entre las rocas ígneas se cita al basalto de Entre Ríos, y lavas de andesita y dacita en Padcaya. Entre las sedimentarias, las lutitas. Entre las rocas metamórficas, las arenas y gravas provenientes de la cuesta de Sama y depositadas por arrastre en el río Guadalquivir.

1.4.5.3 TOPOGRAFIA.

La cuenca presenta, en general, un relieve accidentado, con pendientes pronunciadas. Las cadenas de serranías paralelas que se elevan de las llanuras orientales, tienen una altitud entre 500 y 2 000 m snm. Al oeste, la cadena que forma el flanco de contrafuertes de la cordillera Oriental, asciende desde los 2 000 m hasta los 4 500 m snm, lo que constituye la sierra de Sama, que prolongándose hacia el sur termina en la serranía de Santa Victoria, en territorio de Argentina.

Entre las serranías que se destacan, estan las del Condado. de Guandacay y de San Telmo, que convergen en el río Bermejo, al sur y suroeste; y la de Alto Las Cañas, al este. La región del valle de Tarija y la circundante a Bermejo y Fortín Campero, son las únicas con relieve horizontal y plano. En general, las serranías situadas al este, son abruptas y de difícil acceso; por su fuerte pendiente, vegetación enredada y topografía accidentada. En la zona oeste tienen forma más redondeada, como lomas y mesetas, con vegetación arbustiva, que hace más fácil el acceso.

1.4.5.4 EDAFOLOGIA.

Para la determinación de los tipos de suelos en la cuenca, se ha recurrido a la clasificación de "Sistemas de Tierra". (Cochrane, "El Potencial Agrícola del Uso de la Tierra en Bolivia"). Anexo 10..

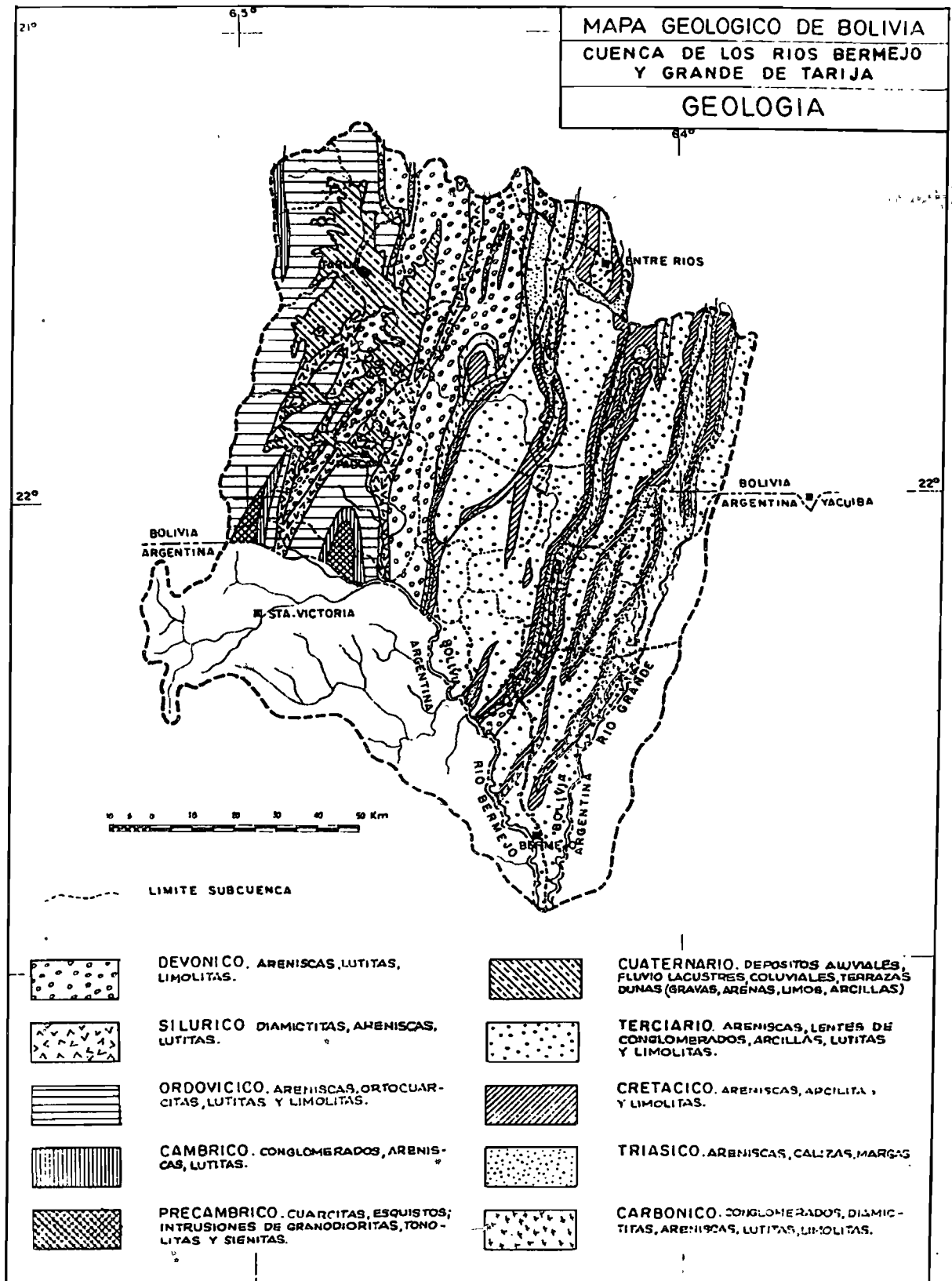


Fig. 1-18

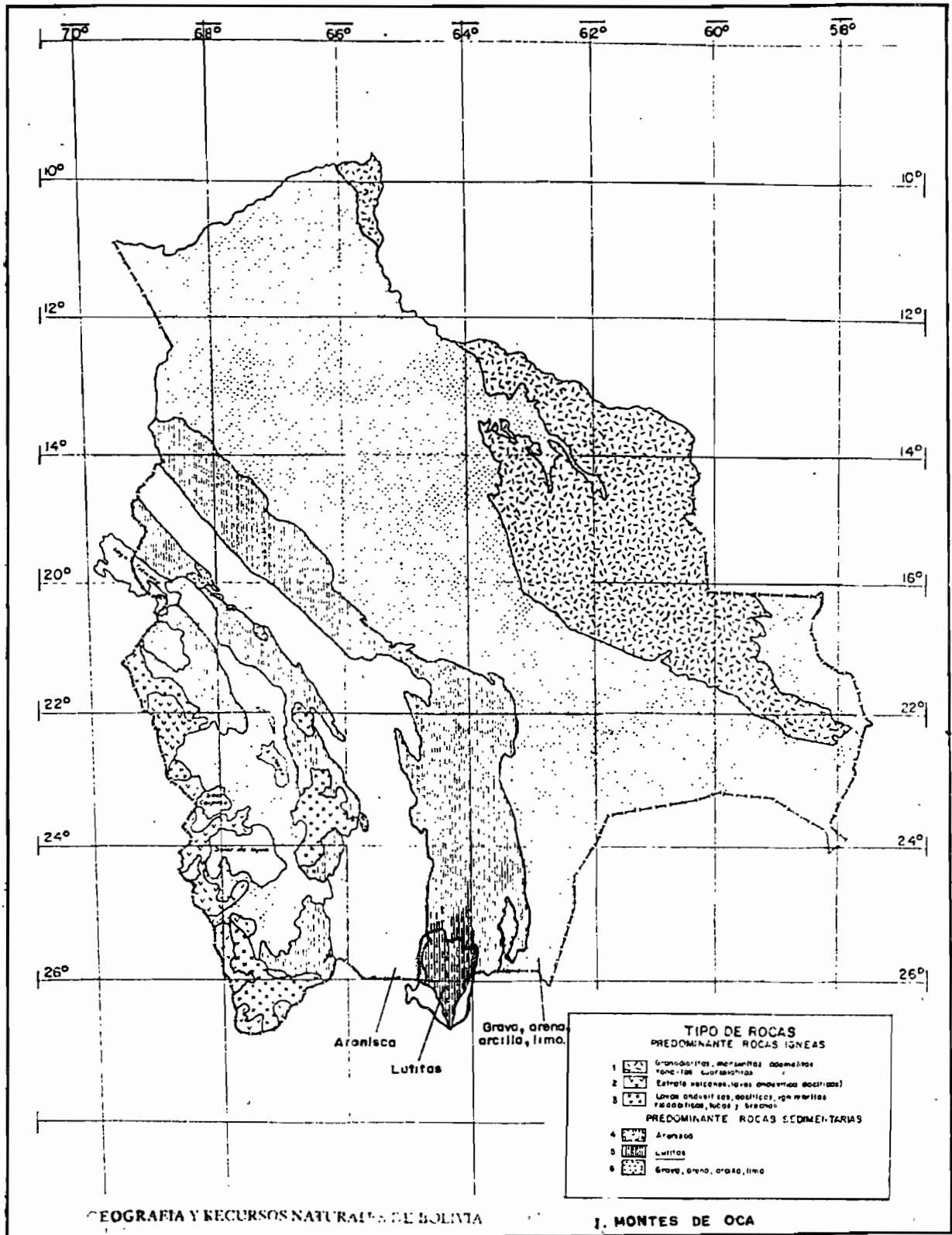


Fig. 1-19

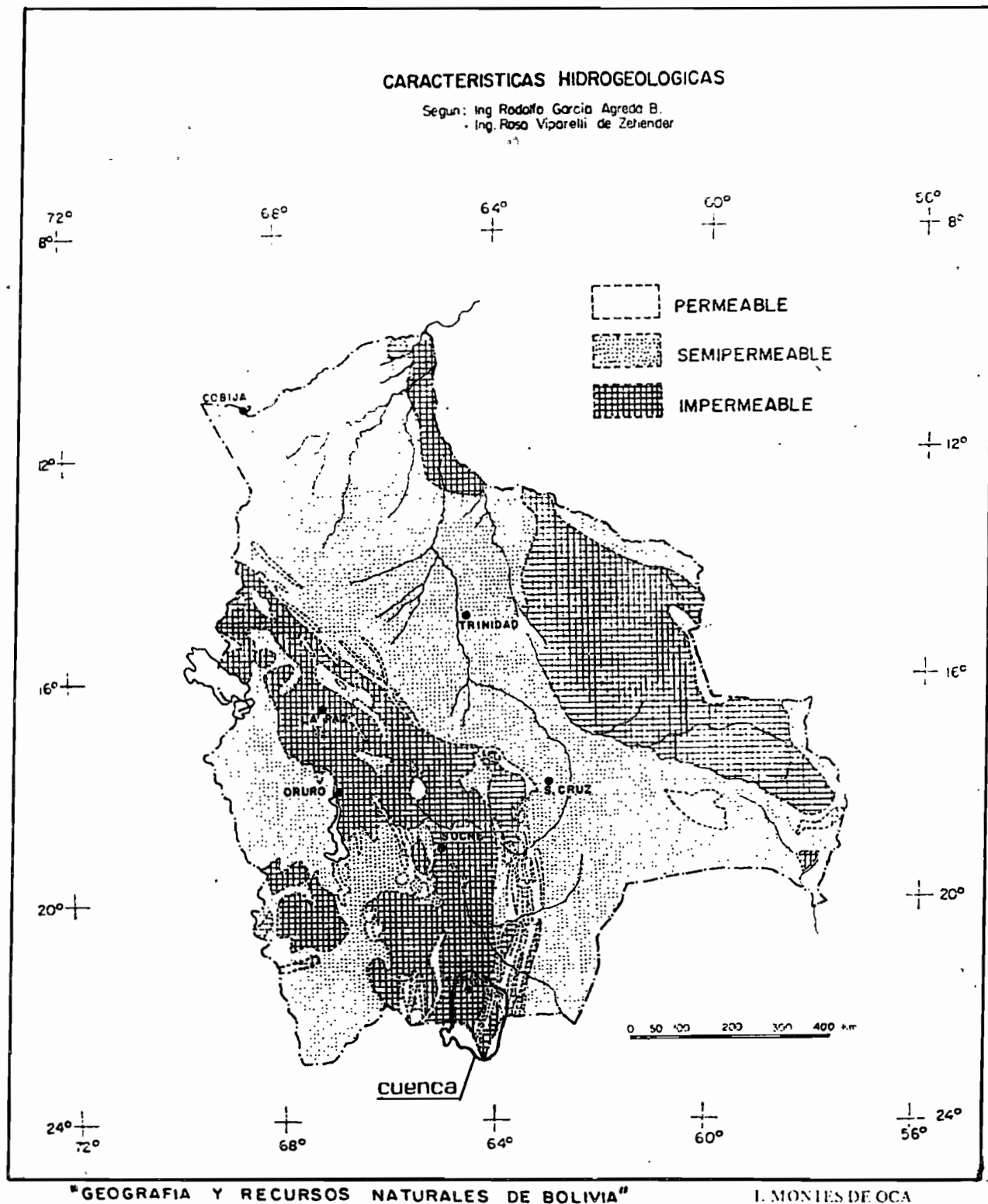


Fig. 1-20

Según la obra citada, Bolivia esta dividida en 10 Provincias de tierra, que fueron refundidas en 2 amplias unidades tectónicas: la Faja Móvil y Craton. La cuenca esta situada sobre la Faja Móvil, y comprende a 2 Provincias de tierra: I y IV, que coinciden en sus límites, aproximadamente, con las zonas climáticas occidental y oriental, respectivamente, de las que se explica en el apartado 1.4.4.6.

Provincia I : lutitas y areniscas paleozoicas. Cordillera Oriental (estribaciones).

Provincia IV: areniscas terciarias. Región Subandina.

A su vez, estas Provincias encierran a 7 Regiones de tierra, las cuales comprenden a su vez a los Sistemas de tierra (unidades elementales). Las regiones son aquellas con topografía y roca madre similares.

A efecto de comparación con la clasificación en detalle de la fisiografía, vegetación, etc. que se da bajo el punto de vista ecológico (1.4.4.1), se describe en el Anexo 10 la clasificación detallada de los Sistemas de tierra desde el punto de vista edáfico.

Las 7 Regiones de tierra y su ubicación en la cuenca se muestra en el gráfico de la Figura 1-21.

1.- Región Id. Mesetas onduladas muy altas, y montañas. Lutitas.

Sistema Id3 Mochara, comprende una franja que recorre toda la serranía de Sama hasta la sierra al norte de la cuenca del río Guataquivir en las cabeceras de Tomatas Grande.

2.- Región Ij. Montañas y mesetas moderadamente altas, onduladas a escarpadas. Areniscas y lutitas.

Sistema Ij3 Carlazo; comprende a toda la región occidental de la cuenca, definida por el clima semiárido, con excepción del área de la Región II a la cual encierra en su interior.

3.4.- Región II. Fondos de valle y cuencas, moderadamente altos. Aluvión y coluvión.

Sistema II7 Tarija. II8 río tarija. Comprende al valle central de Tarija y una franja transversal a la cuenca del río Camacho.

5.- Región IVb Colinas pequeñas, disectadas. Areniscas, siltitas.

Sistema IVb5 Aguaragüe: comprende a toda la zona oriental de la cuenca, con excepción de un área triangular al sur en Bermejo.

6.- Región IVc. Colinas muy pequeñas, regularmente disectadas.

Sistema IVc3 Camiri: área muy pequeña, situada sobre la divisoria oriental, y que probablemente se extiende en sus características hacia territorio de Argentina.

7.- Región IVe. Valles, aluvión.

Sistema IVe2 bermejo: área pequeña, al sur, en terreno llano.

Por carecer de información respecto a territorio de Argentina, se supone que se puede extrapolar estas Regiones siguiendo la tendencia de sus límites.

1.4.5.5 COBERTURA Y USO DEL SUELO.

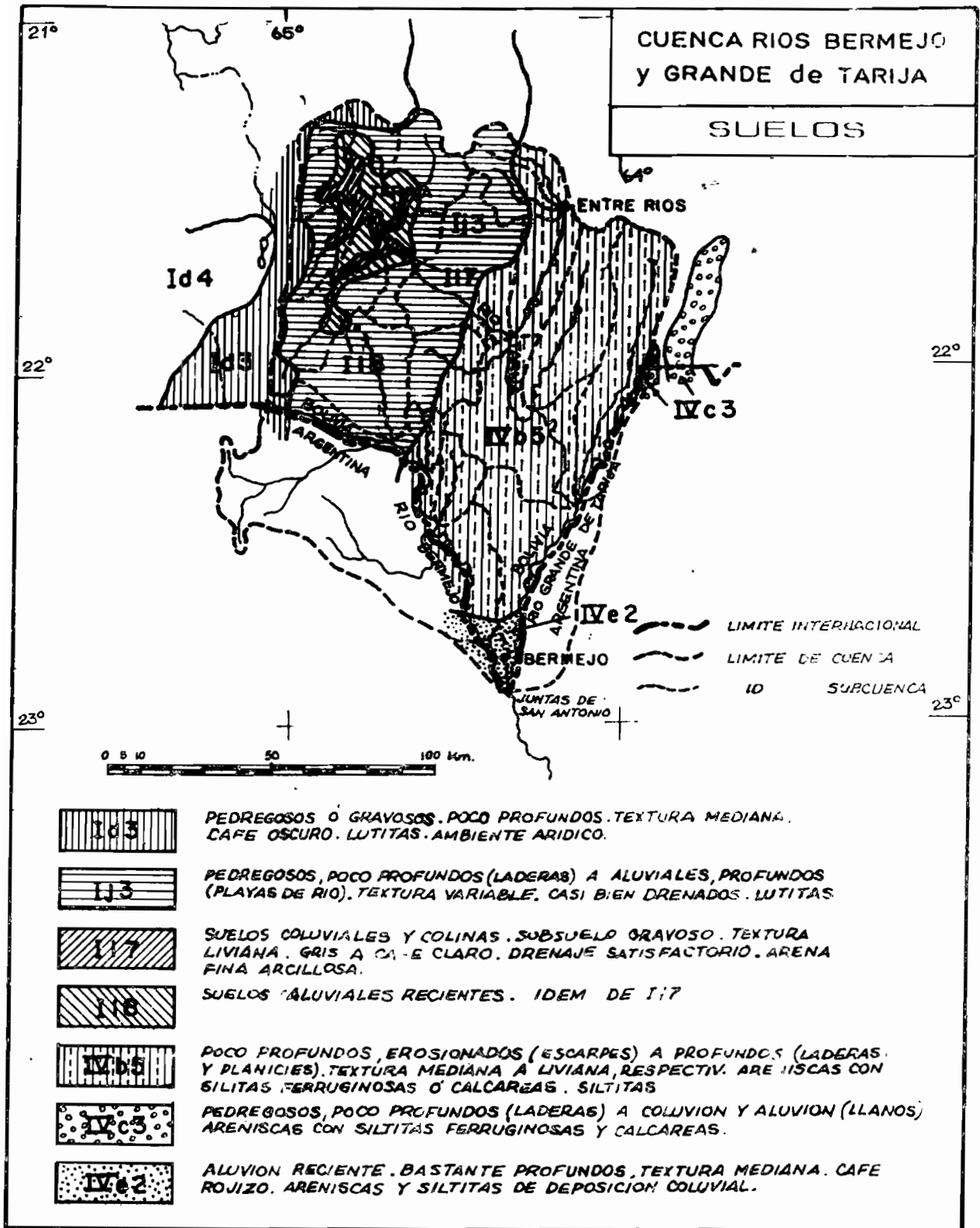
La cobertura de la tierra, describe "la vegetación, agua y construcciones artificiales que cubren la superficie terrestre".

El uso de la tierra trata de la actividad humana en la Tierra, relacionada directamente a la tierra.

Se debe distinguir entre Uso Actual y Uso Potencial de la tierra. El primero se refiere al uso presente, descripción de características del paisaje, sin considerar su potencial ó uso futuro. El segundo, comprende un análisis complejo de sus características, como ser la morfología, geología, edafología, ecología, etc., que permiten determinar la capacidad de la tierra para un uso específico, ó sea para el cultivo de una determinada planta.

Bajo el aspecto Edáfico, se considera a la región como montañosa, muy disectada; alberga valles mesotérmicos con orientación norte-sur.

La topografía es el factor más importante en el proceso de formación de



Fuente: "El Potencial Agrícola del Uso de la Tierra en Bolivia". T. Cochrane

suelos. Se puede dividir la cuenca en 3 regiones: (Fig. 1-22).

La primera región, con topografía muy accidentada (en la mayor parte de su área), con suelos superficiales, erosionables, terreno escabroso de montaña y litosoles, variando sólo la naturaleza de su material originario (limolita arenosa, arenisca arcillosa y lutitas ordovicianas; lutita micácea y bituminosa, y areniscas del Devónico; rocas eruptivas del Terciario superior). Esta región comprende a la zona occidental de la cuenca.

En la segunda región, los suelos se originan a expensas de sedimentos ordovicianos, y otros de materiales coluviales muy recientes ó por deposiciones aluviales. Estos valles estan entre 1 400 y 2 800 m de altitud. la topografía varía de ondulada a poco alomada, y con textura de mediana a ligeramente pesada. Son suelos buenos en general con cosechas de papa, trigo, hortalizas, frutales y alfalfa; pasto para engorde y cría de ganado lechero. Los cultivos estan condicionados a la cantidad de precipitación y la buena distribución de lluvias durante el año. Comprende a todo la zona oriental de la cuenca.

La tercera región comprende a pequeñas áreas distribuidas en toda la cuenca, y en los faldeos de las sierras subandinas en la provincia Salta de Argentina. Las deposiciones coluviales y aluviales, junto con el efecto de la humedad y la pendiente, forman un intrincado mosaico de características edáficas.

Los suelos casi en su totalidad son de origen aluvial, de moderadamente profundos a muy profundos. La textura varía de moderadamente liviana a mediana y pesada; de bien drenados a moderadamente drenados y a imperfectamente drenados. Son susceptibles a erosión moderada y severa. Los colores predominantes son pardo, pardo rojizo y pardo amarillo. La estructura predominante es de granos subanulares de textura fina y media. Químicamente son normales, con bajo contenido de sales. El Ph varía de neutro a ligeramente alcalino. El fósforo varía de medio a alto en riqueza.

Para la clasificación de la Cobertura y Uso Actual se ha recurrido al mapa del "Estudio de Recursos Hídricos de la Cuenca del río Bermejo", O.E.A., 1973. Figuras 1-23 y 1-24).

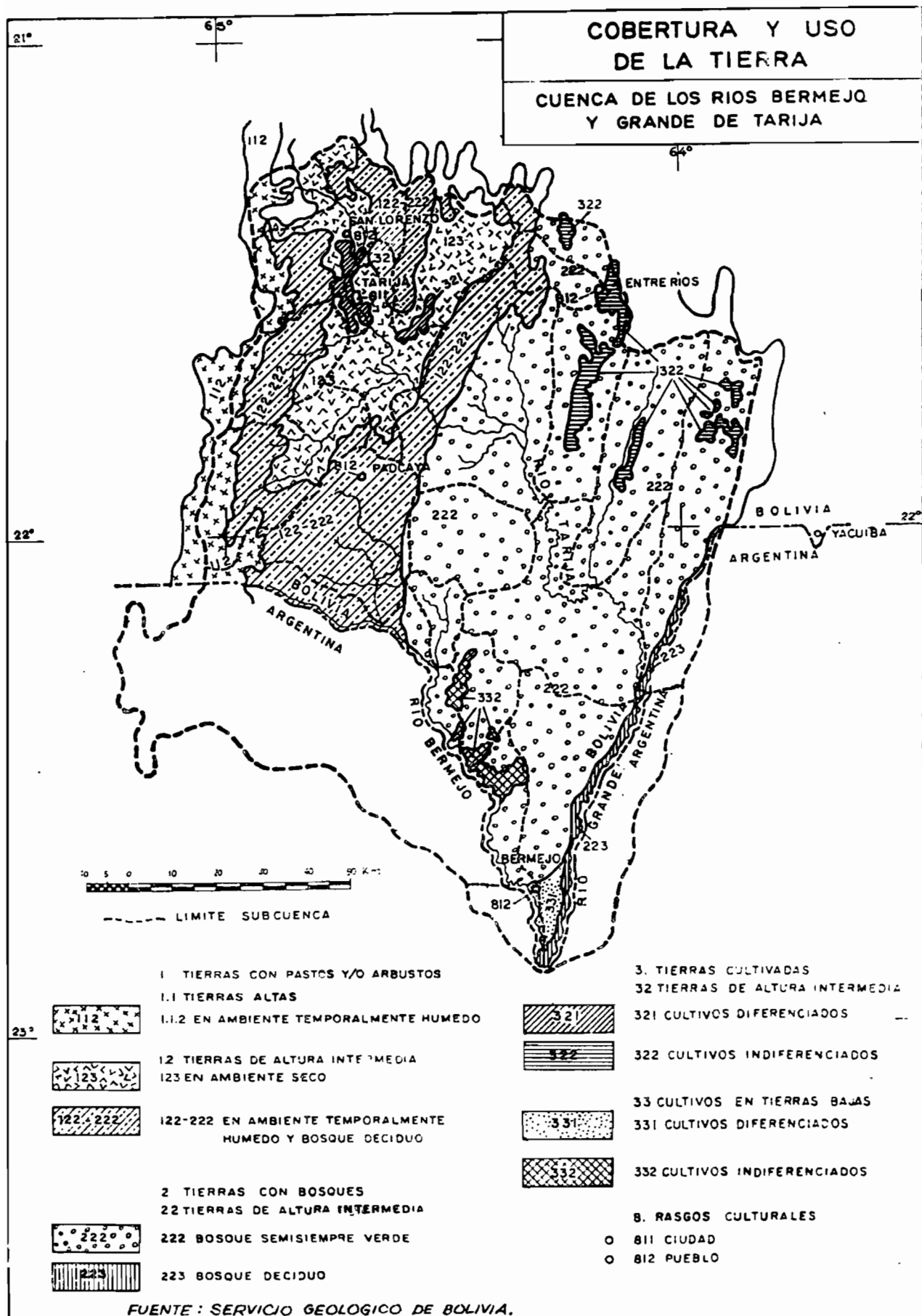


Fig. 1-27

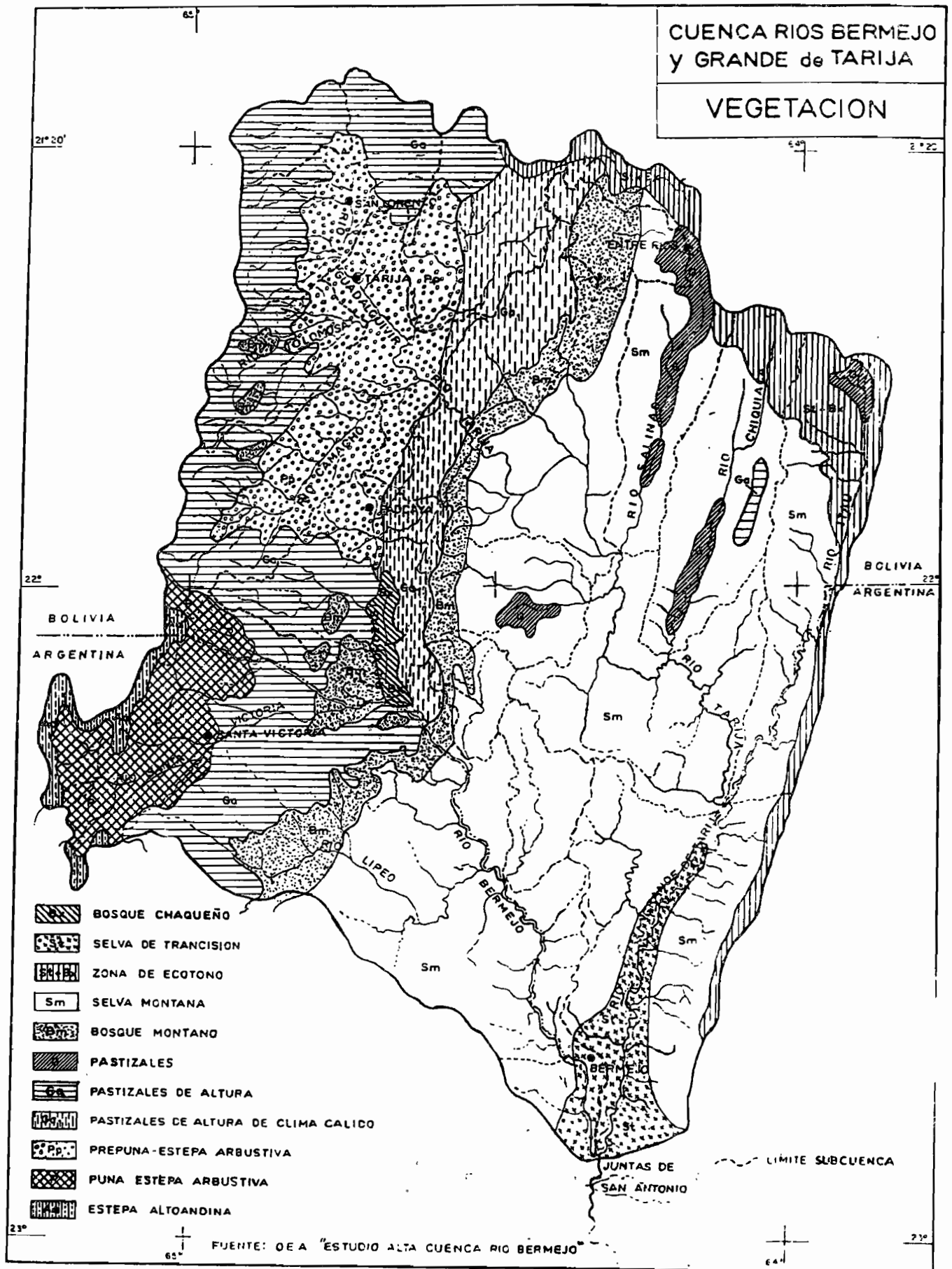


Fig. 1-23

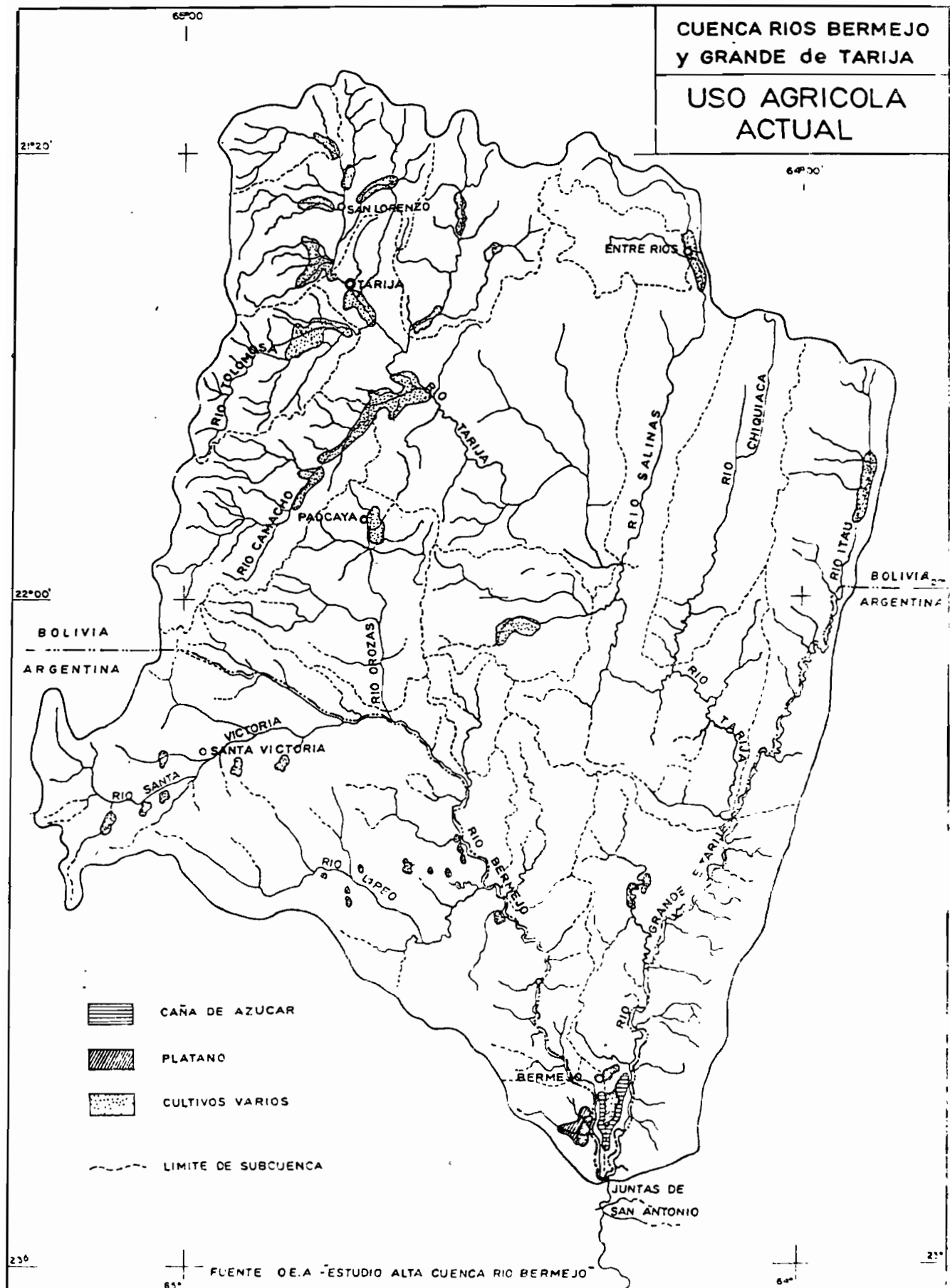


Fig. 1-74

1.4.6 UBICACION DE LOS PUNTOS DE INTERES SIGNIFICATIVO.

Se considera significativo en este estudio, aquel lugar ó zona de la cuenca que tenga relación con la Hidrología y el desarrollo económico de la región.

Siguiendo un orden, desde aguas arriba hacia aguas abajo, se destacan:

Las localidades Sella, Carichimayu y Canasmoro, al noroeste de la cuenca. Cuentan con un Proyecto-Idea de Riego para 1 000 hectáreas, mediante la construcción de presas. En la última, funciona la Normal Rural de Profesores.

Las localidades de Santa Ana y Yesera Norte incluídos en una misma subcuenca, la cual cuenta con un Proyecto de Riego, con construcción de una presa, y la regulación del río Santa Ana que es de escurrimiento pobre, pero de régimen torrencial en la época lluviosa. Es la zona de mayor extensión de la erosión. La zona del río Guadalquivir, en la margen izquierda, aguas arriba de la ciudad de Tarija hasta los bordes del río Sella y partes bajas de Carichimayu, por ser un terreno apto para riego, también esta incluída en los proyectos de construcción de una presa.

Uno de los lugares más importantes es toda la región de la cuenca del río Tolomosa a partir de San Jacinto, en cuyo angosto se lleva a cabo la construcción de una represa de acuerdo al Proyecto Múltiple de San Jacinto, que comprende la generación de energía eléctrica y riego, principalmente, con una superficie de 3 500 Has, y 2 400 Has en secano.

Lugar principal es la ciudad de Tarija, capital del Departamento, con sus funciones de centro político, administrativo e industrial.

La localidad de San Lorenzo, a 12 Km al norte de Tarija, sobre el río Guadalquivir, por ser punto de confluencia de los ríos de ambas márgenes. La subcuenca de los ríos Calama y La Victoria tienen 900 Has de riego para cultivo.

Otra región importante es la subcuenca del río Camacho con su cierre en San Nicolás, a 4 Km aguas abajo de Chocloca, con una área de 1 800 Has de riego y 950 Has en secano; zona devastada por la erosión.

Lugares importantes en conjunto son Rejara, Calderillas, Sama la cumbre y Rincón La Victoria, situados en una franja paralela a la serranía de Sama, en los que se dá la máxima precipitación en las alturas, disminuyendo ésta hacia el este: valle de Tarija, y hacia el oeste, la cima y divisoria de la cuenca.

Los lugares Calamuchita y La Angostura, zona de cierre de la cuenca, tienen la precipitación más baja. Junto con Uriondo y Concepción, forman la parte sur del valle de Tarija; zona de cultivos. La Angostura es el límite del río Guadalquivir, de donde toma el nombre de río Tarija, aguas abajo, y desde donde comienza la morfología de serranías abruptas y disectadas.

En el área de influencia del río Tarija, esta situada la estancia Vallecito, en la margen izquierda, a 10 Km aguas abajo de La Angostura, a 1 700 m de altitud, al pie de la serranía, en el límite de las zonas semiárida y subhúmeda de la cuenca. Este lugar, habilitado como estación termopluviométrica, sería importante para el conocimiento del régimen hidrológico de esta región.

Con el mismo criterio se ha ubicado la estancia Honduras, en las cabecezas del río Nogal, principal afluente del río Tarija, en la subcuenca intermedia entre la del río Guadalquivir y la del río Salinas. Este lugar está situado sobre la divisoria de las zonas de bosque seco y bosque húmedo de la cuenca.

En toda la zona de influencia del valle de Tarija, incluyendo las mesetas y terrazas de las subcuencas afluentes, se cultiva maíz, trigo, papa, hortalizas, y la vid como principal producto de industrialización. En ganadería, existe ganado vacuno, ovino, porcino y caprino.

En la zona oriental se destacan las subcuencas subsidiarias del río Tarija. Por tener una geomorfología y orientación similares, las de los ríos Salinas, Chiquiaca e Itau.

En la primera subcuenca, importante es la localidad de Entre Ríos, por su ubicación geográfica y por su situación hidrometeorológica y económica. Está situada a 80 Km. al este de la ciudad de Tarija; su área de influencia comprende a Narvaez, El Pajonal, Valle del Medio, La Cueva, Salinas. Por su situación climática subhúmeda es un centro agropecuario importante, con el 12% del Producto Geográfico Bruto del Departamento. Se destaca el alto porcentaje del cultivo del maíz (77% del área cultivada), y el ganado porcino. Otros rubros son trigo, papa, ají y maní. El área cultivada llega a 8 900 Has, 1 000 bajo riego y el resto en secano. El sector forestal provee algunas maderas para construcción: cedro, palo blanco, quina quina, etc. Está situada en la ribera del río Pajonal y a poca distancia del río Santa Ana; por esta situación, es posible controlar fluviométricamente estos ríos. Dentro de esta subcuenca, se considera significativa a la

localidad de Salinas por su valor elevado de precipitación media anual (1 410 mm) y a la Cueva, entre Entre Ríos y Salinas, por tener un microclima favorable para la agricultura. Se ha considerado como Proyecto a largo plazo, la desviación del río Salinas, en las juntas de Entre Ríos, para transvasar aguas hacia la cuenca del río Pilcomayo mediante un tunel (COBOLPILCOMAYO).

Otro lugar de importancia es la junta de los ríos Salinas y Tarija, para la medición de caudales y de sedimentos; también para obtener datos de precipitación, temperatura y evaporación.

Otra zona de importancia es la comprendida en la subcuenca del río Itau, y la localidad del mismo nombre, por ser la región límite de la cuenca, por el este. Entre los proyectos, se indica la construcción de un embalse, transvasando aguas hacia la cuenca del río Pilcomayo para servir a la región de Palos Blancos, mediante un tunel. En el cierre de la subcuenca, la junta de los ríos Itau y Tarija, a partir de la cual toma este último el nombre de río Grande de Tarija. Este punto es importante para obtener el aporte líquido y de sedimentos de ambos ríos; también, porque daría una idea del comportamiento termopluviométrico en esta zona donde comienzan las vaguadas y derrames del río.

Situada entre las subcuencas de los ríos Salinas e Itau, esta la subcuenca del río Chiquiaca, con la localidad del mismo nombre casi al centro. Es necesario conocer la precipitación y temperatura en esta subcuenca, y el caudal en el cierre en la junta con el río Tarija.

Las dos últimas subcuencas no tienen información relativa a su potencial agrícola y pecuario.

Hacia el sur, sobre el río Grande de Tarija, en la confluencia con el río San Telmo, esta la localidad del mismo nombre, estación sedimentológica de Argentina. Por ser un lugar ubicado en la llanura, y que no cuenta con información pluviométrica, se considera necesario obtener datos de precipitación y temperatura, principalmente, para la evaluación del régimen hidrometeorológico.

Un punto de importancia, esta situado en las cabeceras del río Achirales, subcuenca del río Pampa Grande que desemboca en el río Tarija, y cuyo cierre se encuentra cerca de la localidad de Tariquía. Ese lugar es Achirales Grande, cerca a la divisoria con la subcuenca del río Emborozú. La obtención de datos de precipitación y temperatura en este punto, daría idea del régimen hidrológico

en la franja que se extiende desde Emborozú a Salinas, zona con la mayor precipitación en la cuenca.

En la subcuenca del río Alto Bermejo esta situada la localidad de Padcaya, en las cabeceras del río Orosas, cerca a la divisoria de las subcuencas mayores de los ríos Bermejo y Grande de Tarija, aledaña a las localidades de Juntas, Cañas, Chocloca y Chaguaya de la subcuenca del río Camacho. Es punto intermedio de paso de la carretera panamericana que une la ciudad de Tarija con Bermejo. Su importancia actual radica en que es la única estación en las cabeceras de la subcuenca del río Bermejo, y con información casi completa de precipitación y temperatura, que da una pauta de la variación notable que existe con las estaciones aguas abajo (La Mamora, Emborozú hasta Bermejo).

Otro lugar, situado en las nacientes del río Bermejo, sobre el río Mecoyita, es la localidad de Mecoya, en el límite con Argentina. Es necesario determinar en este lugar las precipitaciones y temperaturas.

En la confluencia de los ríos Orosas y Alto Bermejo ó Condado, se encuentra situada la localidad La Mamora, sobre la carretera a 1300 m snm, lugar aguas arriba de Emborozú, a 19 Km, que establece una diferencia notable en la precipitación con el último (aproximadamente de 900 mm), y se encuentra en el límite de la zona con bosque húmedo y la de matorral.

En territorio de Argentina, aguas arriba del río Condado, esta situada la localidad de Santa Victoria, en la ribera izquierda del río del mismo nombre. La localidad de Toldos, sobre el río Toldos y cerca de Emborozú; al igual que Lipeo Argentino, sobre el río Lipeo, al Sur. Todos estos puntos precisan de la evaluación hidrológica en precipitación y temperatura, principalmente, para conocer su régimen, sobre todo de los dos últimos, que se encuentran en la zona de influencia de Emborozú.

Emborozú es una localidad situada en la confluencia de los ríos Emborozú y Bermejo. Es el centro de mayor precipitación de la cuenca (2 140 mm). La subcuenca del río Emborozú tiene características de micro clima.

Al sur de Emborozú, a 20 Km por carretera, esta la localidad de Guandacay, con una precipitación media anual de 1 400 mm, estableciendo una diferencia de 700 mm con Emborozú, ó sea el 50%. Apenas dista 10 Km de Emborozú en línea recta, separada por una pequeña serranía, la de Cerrillos.

Es necesario realizar un estudio hidrológico específico entre la Mamora, Emborozú y Guandacay, para determinar las causas de la variación del régimen pluviométrico.

La cuenca del río Salado, con la estación El Salado en su cierre, junto con las estaciones ubicadas sucesivamente en las localidades de Aguas Blancas, Bermejo y Fortín Campero, tienen importancia por la cantidad de información hidrológica que poseen.

La estación en la localidad de Río Conchas, en las cabeceras del río Salado, esta cerca de la divisoría de las subcuencas de los ríos Bermejo y Grande de Tarija, en el flanco oeste de la serranía de San Telmo. Se puede ubicar un otro punto, en el otro flanco, en la misma latitud, en la cabecera del río San Telmo. Estos dos lugares, con observaciones de precipitación, darían el comportamiento de la pluviosidad y del frente lluvioso en ambas subcuencas principales.

La estación de Aguas Blancas, de Argentina, sobre el río Bermejo es una de las más importantes en toda la cuenca, por la información fluviométrica completa que posee, con la cual ha sido posible determinar el caudal en Juntas de San Antonio.

Bermejo, es la segunda localidad en importancia de la cuenca. Por la información termopluviométrica que posee. En el campo agrícola, por los cultivos de maíz, papa, trigo, bananos y cítricos; en el agroindustrial, por su Ingenio Azucarero; en la explotación forestal, por las maderas para construcción: lapacho, cedro, palo blanco, roble y tipa; en ganadería, por la cría de vacunos, ovinos, porcinos y caprinos; en el sector de hidrocarburos, es importante su producción de petróleo y gas, lo que significa un ingreso elevado por concepto de regalías al tesoro departamental.

Finalmente, los puntos ubicados en las desembocaduras de los ríos Bermejo y Grande de Tarija, y en Juntas de San Antonio, aguas abajo, punto límite con Argentina y cierre de la cuenca. Es necesario realizar en estos tres, aforos regulares para la evaluación del caudal parcial de cada subcuenca y el total de las dos.

1.4.7 ACTIVIDAD ECONOMICA.

La economía del Departamento de Tarija, se basa principalmente en el sec-

tor agropecuario, el cual contribuye al Producto Interno Bruto Regional con un 24.3%, y con un 6.22% al Producto Interno Bruto Agropecuario Nacional (1985), con una tasa de crecimiento del 5.4%. Este sector tiene varios componentes, desde una agropecuaria comercial en los valles y áreas tropicales, hasta una agropecuaria de autoconsumo en áreas altas. La participación de los subsectores agrícola, pecuario y forestal, es del 68%, 29% y 3% respectivamente.

La variabilidad de la producción agrícola se debe al clima en la diversidad de estratos ecológicos de la región.

En la región fría se cultiva papa, quínuva y ocas (Ischayachi, Taxara, Sama). En los valles de clima templado, maíz, trigo, cebada y gran variedad de frutas, destacando la vid (valle del Guadalquivir). El cultivo de ajo para exportación y consumo interno es el rubro de mayor crecimiento en los últimos años. En las zonas cálidas se cultiva maíz, tabaco, caña de azúcar, yuca, frutales (Entre Ríos a Bermejo).

Casi la totalidad del suelo de la región es apto para la cría del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino. La pesca sólo se efectúa en el área del río Pilcomayo (sábalo, surubí, dorado y bagre).

En el sector agropecuario se evidencia niveles bajos de productividad, debido a casi una nula aplicación de técnicas modernas, excesivos minifundios, deficiente estructura de servicios y complejos mecanismos del mercado interno, que da lugar a bajos niveles de consumo y márgenes de ahorro casi nulos.

La industria es un componente de peso reducido en su participación global de la región. Existen algunas instalaciones importantes en la rama agroindustrial: licores y algunas alimenticias en la zona de la ciudad de Tarija; el azúcar, la madera y derivados de hidrocarburos en Bermejo (Y.P.F.B.).

El segundo sector en importancia es el de hidrocarburos (extracción), que participa con un 4% en el PIB regional y con un 7.17% en el PIB del sector a escala nacional.

La actividad comercial y financiera, así como el sector transportes son reducidos, por lo que, en general, se califica a la región de baja diversificación productiva.

Los servicios son incipientes todavía, y hay insuficiencia de energía, esca-

sez de servicios superiores (agua potable, alcantarillado), a lo que se añade su lejanía geográfica de las áreas dinámicas del país.

La red vial es más ó menos amplia pero precaria todavía. En todo el Departamento el sistema vial caminero tiene 2 907 Km de longitud, de los cuales 607 Km en la red fundamental, 1 825 Km en la red complementaria y 475 Km en la red vecinal. En particular, en la cuenca, la red fundamental podemos citar 2 tramos principales: el primero, que viene de Potosí y pasa por Sama, ciudad de Tarija, Calamuchita, Padacya, La Mamora, Emborozú, Guandacay, El Salado y llega hasta Bermejo con 221 Km; el segundo, que parte de la capital y atraviesa Puente Santa Ana, Junacas, hasta Entre Ríos, con 90 Km.

Con relación a la participación del PIB departamental en el PIB nacional, no existe un avance significativo. En 1978 fué de 4.20% y en 1985 de 4.25%, lo que indica la leve influencia de la economía de Tarija a nivel nacional.

Entre los organismos más importantes que trabajan en la región, se menciona a la Corporación de Desarrollo de Tarija (CODETAR), Ministerio de Asuntos Campesinos (MACA), Servicio Nacional de Desarrollo de Comunidades, Acción Cultural Loyola (ACLO), Voluntarios Alemanes, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Regional SENAMHI).

Su sistema de centros urbanos intermedios podría constituirse en una buena trama urbana regional, lo que hace a la región muy interesante en este aspecto.

La región tiene alta potencialidad para riegos agrícolas, lo cual, junto a su ecología favorable en algunos valles y áreas tropicales, podría ocasionar cambios sustanciales en su actual modelo agrícola, siempre que se realice un profundo estudio del control de la erosión y de la regulación de ríos, sobre todo en los valle altos. Con este propósito el Programa Ejecutivo para Recuperación de Tierras en Tarija (PERTT), realiza el estudio de la erosión y regulación; además, se ha realizado una Investigación de Aguas en el Valle Central de Tarija, bajo auspicio de la O.N.U.

Los rendimientos agropecuarios y las potencialidades productivas en sus valles, tienen ventajas comparativas en caña de azúcar y vid.

La estructura del empleo muestra predominio del sector agropecuario

(49.4%) en la absorción de mano de obra; le siguen el sector de Servicios (24.8%), industria manufacturera (7.8%), comercio (7.0%), construcción (4.0%) y transportes y comunicaciones (6.0%). El total de mano de obra era de 66 842 trabajadores (1976), que representa el 35.7% de la población total. En 1985 se incrementó a 84 226 trabajadores, que significa un crecimiento de 17 381 y una tasa del 2.9% anual. La alta ocupación de la mano de obra por el sector agropecuario, explica la baja productividad promedio de la mano de obra y el desempleo temporal, motivados por el carácter estacional de las labores agrícolas y el tamaño de las explotaciones; esto ocasiona a su vez, el elevado índice de migración en el sector rural.

La renta per cápita ha mantenido un crecimiento muy lento, siendo de 1 760 pesos bolivianos en 1972, con una tasa de crecimiento del 3.9% anual que que representa el 87% con relación a la renta nacional.

La población censada en el Departamento el año 1976 era de 187 204 habitantes, que representa el 4.03% del total nacional. La tasa de crecimiento anual departamental es 2.3%, estimándose para 1982 una población de 214 569 habitantes. La capital, Tarija, tiene 40 000 habitantes, y Bermejo 11 500. El 43% de la población es menor de 15 años. El 53.4% es económicamente activa (15 a 64 años). Existe un alto porcentaje de población rural dispersa.

CAPITULO 2

ESTUDIO DE LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL.

2.1 GENERALIDADES.

De acuerdo a las instrucciones de la Guía Metodológica para el Balance Hídrico (GMBH), las variables que se han analizado para el Balance Hídrico Superficial (BHS), con los datos obtenidos del SENAMHI, Central La Paz, son la precipitación, la temperatura y los caudales.

La información de precipitación se recopiló, de los registros originales (32 estaciones), y de las tarjetas procesadas (11 estaciones), correspondientes todas ellas a las situadas dentro de la cuenca. De estaciones de apoyo situadas alrededor de la cuenca, 9 estaciones de registros originales, y 2 de las tarjetas procesadas.

Del archivo de CODETAR, se ha obtenido los registros mensuales de 30 estaciones, utilizadas para comparación con la información de SENAMHI.

Se ha utilizado los datos de 2 estaciones con información escasa (Rejara y La Mamora), para estimar su promedio anual, con ayuda de los perfiles pluviométricos.

De Argentina, se ha obtenido información pluviométrica de dos zonas: al sur de la cuenca, 3 estaciones, 1 utilizada (Orán meteorológica); al sur de Yacuibá, 6 estaciones (sólo promedios anuales, de período desconocido).

De las estaciones dentro la cuenca, las situadas en la zona occidental, tienen información hasta el año 1975 obtenida por la Empresa Nacional de Electrificación (ENDE); de 1975 adelante, los datos pertenecen al SENAMHI.

De las 43 estaciones situadas dentro la cuenca, 41 tienen los 5 últimos años del período, completos (1978 a 1982). De 1975 a 1982 (8 años), 23 estaciones tienen información, en general, discontinua; 2 de ellas, completa. (Tarifa MASANA

y Tolomosa Grande).

De 1970 a 1982, existen 18 estaciones con información, y sólo 2 de ellas en forma completa.

En el período de análisis para el Balance (1968 a 1982), 7 estaciones cuentan con observaciones, discontinuas, y 2 poseen observaciones completas en el período.

Respecto a la información de temperaturas medias mensuales, se ha obtenido los datos del archivo primitivo de SENAMHI. De un total de 14 estaciones, 2 de ellas están situadas fuera de la cuenca; 6 tienen más del 50% de información, y sólo 2 estaciones (Tarija AASANA y Yacuiba) poseen información completa durante el período.

La información de caudales es insuficiente todavía. Existen 13 estaciones correspondientes a las subcuencas. De este total, 1 pertenece a la Argentina (Aguas Blancas), y es la única con información completa durante el período (1968 a 1982). Una segunda estación (San Jacinto) ha sido obtenida en sus valores mensuales del Estudio del Proyecto San Jacinto, por ser más confiables. En el resto de las estaciones la información pluviométrica es discontinua, y no ha sido posible obtener el caudal en todas ellas. Se ha utilizado los datos de una estación situada fuera de la cuenca, aguas abajo, sobre el río Bermejo (Zanja del Tigre, Argentina) para la generación de datos en Juntas de San Antonio.

Para la información cartográfica del territorio de Bolivia, se ha utilizado las cartas del Instituto geográfico Militar, a escala 1:250 000. Para el área de la cuenca situada en territorio de Argentina, se ha utilizado, los mapas del "Estudio para la Cuenca del río Bermejo" a escala 1:500 000, y el mapa de Bolivia a escala 1:1 000 000. Los mapas de Isolíneas se han reducido a escala 1:500 000, (según la GMBH) que sugiere el uso de mapas a escala 1:500 000 ó 1:250 000 para el Balance a nivel regional.

2.2 PERIODO CONSIDERADO PARA EL ESTUDIO DEL BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL.

Para la elección del período de estudio se ha analizado la estadística de las variables que intervienen en el BHS. La información existente permite desarrollar el Balance ajustándose al período recomendado por la GMBH (1968-1982),

adoptándose el Año Civil, por no ser posible unificar el concepto de "Año Hidrológico" para todo el continente.

2.3 INVENTARIO DE LA RED DE INFORMACION HIDRICA.

Para este propósito, se presentan los Cuadros 2-1 a 2-5, que contienen las características de las estaciones pluviométricas, termométricas y fluviométricas y de las estaciones de apoyo para el área de estudio.

Los Diagramas de Barras para la información meteorológica y fluviométrica de las estaciones situadas dentro de la cuenca, presentan objetivamente los períodos de registro anual y mensual de la información disponible. (Fig. 2-1 a 2-3).

2.4 PRECIPITACION.

El agua que cae desde la atmósfera en forma líquida ó sólida se denomina precipitación.

Para el análisis de ésta, se consideran los siguientes aspectos:

- Errores en su medición.
- Consistencia y ajuste de la información.
- Ampliación de los registros.
- Determinación de la precipitación en un área.
- Régimen pluviométrico de una cuenca ó región.

2.4.1 ERRORES EN LA MEDICION DE LA PRECIPITACION.

El análisis pluviométrico es base para el estudio del BHS, porque se cuenta con mayor información, es por esto que según la GMBH, el error en la estimación de la precipitación espacial se puede descomponer en 3 componentes, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\Delta PC = \Delta P + \Delta PG + \Delta PF$$

donde,

ΔP = Error en la medida puntual de la precipitación.

ΔPG = Error por insuficiencia representativa de la precipitación puntual; puede ser muy grande si la densidad de la red es pequeña.

ΔP^H = Error en la precipitación de las zonas altas de montaña, donde no hay instrumentos y es necesario estimarla extrapolando de la precipitación en zonas bajas con ayuda de los perfiles pluviométricos.

Para una mejor comprensión de los errores en la precipitación, se desarrolla este aspecto con detalle en el Anexo 4.

2.4.2 ANALISIS DE CONSISTENCIA DE LA ESTADISTICA PLUVIOMETRICA.

El registro de una estación pluviométrica no debe presentar Errores Sistemáticos para que sea Consistente, y para verificar estos, se utiliza el método de las Curvas Doble Acumuladas (CDA), que consiste en la comparación de los valores anuales acumulados de precipitación de la estación en análisis, con otros valores que son el promedio de otras estaciones escogidas, por tener estas últimas un período más largo y confiable de precipitaciones. Esta comparación se materializa en un sistema de coordenadas cartesianas, y el promedio citado se denomina Patron de Precipitaciones Anuales (PPA).

Los valores acumulados se calculan a partir del período considerado ó a partir del último año.

Para el PPA se escoge aquellas estaciones que tengan el registro completo durante el período considerado (1968-1982). El procedimiento es el siguiente:

- Para cada año, se calcula el promedio de las precipitaciones de las n estaciones escogidas, ó sea:

$$PPA_i = \left(\sum_{x=1}^n P_{x,i} \right) / n$$

donde,

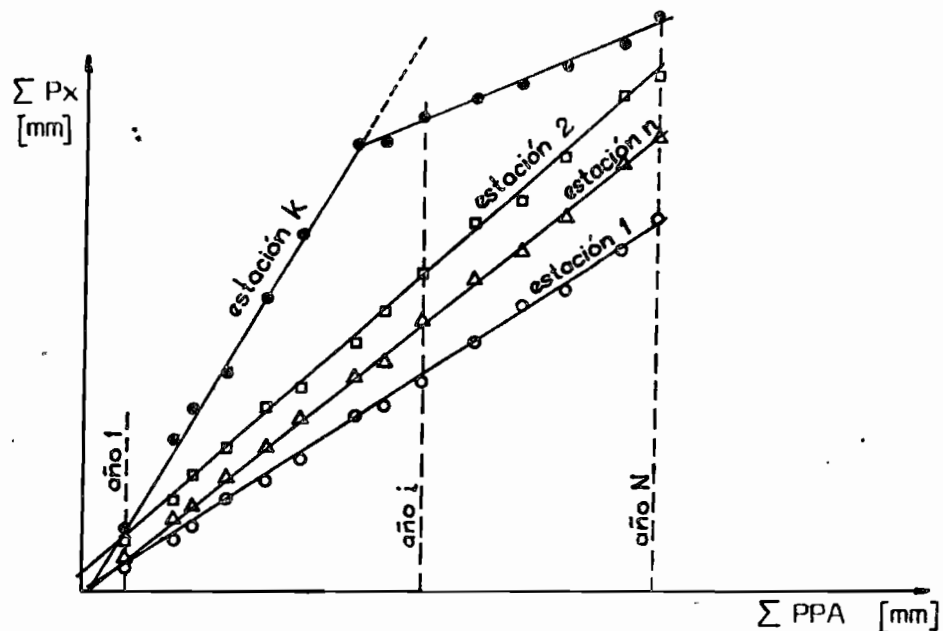
PPA_i = Patrón de precipitaciones anuales del año i .

$P_{x,i}$ = Precipitación de la estación x el año i .

n = número de estaciones.

- Los valores PPA_i se acumulan cronológicamente a partir del año más antiguo ó del más reciente, obteniendo un $\sum PPA_i$ parcial para cada año
- Sobre un gráfico de coordenadas cartesianas, se lleva sobre el eje de

- abscisas los valores de Σ PPA y sobre el de ordenadas los de Σ Px. de cada una de las estaciones x para el año correspondiente i. (Fig. 2-4).



CURVAS DOBLE ACUMULADAS (CDA)

Fig. 2-4

La estación k deberá eliminarse del PPA.

- Si los puntos para cada estación x presentan una sola tendencia, ó sea que se puede trazar a través de ellos una sola recta, significa que la estación x es consistente.
- Si los puntos de la estación x presentan uno ó más quiebres, la estadística de la estación no es consistente, y se elimina del PPA, calculándose un nuevo PPA con las estaciones restantes, y repitiendo el proceso hasta obtener un PPA representativo de la zona, con el cual se comparan las estaciones no consistentes para corregirlas, como se indica más adelante.

Las recomendaciones de la GMBH para determinar el PPA, son:

1. El número de estaciones no debe ser menor de 3 y mayor de 10.
2. La precipitación media anual de las estaciones debe ser similar.

3. La distancia entre las estaciones debe ser aproximadamente de 50 Km.
4. La diferencia de altitud entre dos estaciones no debe ser mayor de 300 m aproximadamente.

Con relación a las estaciones pluviométricas de la cuenca estudiada, no se satisfacen las recomendaciones, por lo siguiente:

- De un total de 43 estaciones dentro la cuenca, sólomente 2 tienen el registro de 15 años completo (Tolomosa Grande y Tarija AASANA). Del resto, 8 estaciones tienen registros de 10 a 14 años; y 33 estaciones tienen re- tienen registros de 5 a 7 años.
- Existen subcuencas encajonadas que sólo tienen 1 estación; con registro generalmente incompleto.
- Las áreas de la cuenca en territorio de Argentina en las cuencas del río Bermejo y Grande de Tarija, no tienen información pluviométrica.
- El comportamiento pluviométrico de las diferentes estaciones obedece en algunos casos, a su ubicación dentro una subcuenca (ríos Camacho y y Tolomosa); en otros casos, a su ubicación en una zona más ó menos extensa que abarca subcuencas de diferente conformación, siguiendo una dirección aproximada NNE (Emborozú, Tariquía y Salinas); en otros casos, el comportamiento esa determinado por la ubicación de las estaciones a lo largo de serranías altas (Calderillas, Cumbre de Sama, Canchas Mayu y Rejara).

Por las consideraciones expuestas, se ha visto conveniente seleccionar 6 zonas, en cada una de las cuales se ha realizado un análisis particular para el relleno, ampliación y ajuste por CDA de la información de sus estaciones.

2.4.2.1 AJUSTE DE LA ESTADISTICA POR CDA.

Una vez definido el PPA de una zona, para el ajuste de las estadísticas de las demás estaciones, se plotean los valores de cada una , en la forma ya indicada en el gráfico de CDA.

Cuadro 2-1

INVENTARIO DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

Nº	Cuenca Río	Subcuenca Río	Tipo de Estac	Estación	Latitud Sur φ	Longit. Oeste λ	Altitud. H m snm
01	Grande de Tja.	Camacho	PVM	Alizos	21 49.0	64 52.0	2 040
02	Bermejo	Bermejo	TP	Bermejo	22 43.9	64 20.1	414
03	Grande de Tja.	Guadalquivir	PVM	Calamuchita	21 41.6	64 37.2	1 680
04	Id	Tolomosa	PVM	Calderillas	21 45.0	64 57.0	2 950
05	Id	Chamata	TP	Canasmoro	21 20.4	64 45.4	2 080
06	Id	Camacho	PVM	Canchas Mayu	21 53.6	64 53.4	2 120
07	Id	Camacho	TP	Cañas	21 53.5	64 50.8	2 030
08	Id	Camacho	PVM	Colón Sud	21 45.5	64 39.6	1 850
09	Id	Camacho	PVM	Concepción	21 41.6	64 39.0	1 705
10	Id	Calama	PVM	Cumbre de Sama	21 29.5	64 54.0	3 820
11	Id	Chiquiaca	PVM	Chiquiaca	21 49.2	64 06.0	900
12	Id	Camacho	PVM	Chocloca	21 44.7	64 44.0	1 800
13	Bermejo	Salado	PVM	El Salado	22 27.4	64 28.5	650
14	Id	Emborozú	PVM	Emborozú	22 16.1	64 32.4	910
15	Grande de Tja.	Pajonal	IPV	Entre Ríos	21 31.4	64 10.2	1 230
16	Bermejo	Bermejo	PV	Fortín Campero	22 50.6	64 17.5	350
17	Id	Bermejo	PV	Guandacay	22 21.6	64 28.7	850
18	Grande de Tja.	Itau	PV	Itau	21 41.7	63 52.8	965
19	Id	San Agustín	TP	Junacas	21 25.8	64 27.5	2 350
20	Id	Camacho	PVM	Juntas	21 48.3	64 47.8	1 900
21	Id	Guadalquivir	PVM	La Angostura	21 42.7	64 35.8	1 680
22	Id	Salinas	PVM	La Cueva	21 41.7	64 12.2	1 100
23	Id	Guadalquivir	PVM	Obrajes	21 31.0	64 46.0	1 890
24	Bermejo	Orosas	TP	Padcaya	21 53.0	64 42.7	1 990
25	Grande de Tja.	Tolomosa	PVM	Pampa Redonda	21 41.8	64 49.2	1 950
26	Id	Tolomosa	PVM	Pinos Sud	21 43.8	64 52.5	2 100
27	Id	Santa Ana	PVM	Puente Sta. Ana	21 32.2	64 34.7	1 950
28	Id	Camacho	PVM	Rincón Cañas	21 58.1	64 53.4	2 280
29	Id	Victoria	PVM	Id La Victoria	21 32.0	64 49.7	2 200
30	Bermejo	Salado	TP	Río Conchas	22 17.5	64 23.3	900
31	Grande de Tja.	Salinas	PVM	Salinas	21 48.0	64 14.1	1 000
32	Id	Tolomosa	TP	San Andrés	21 37.3	64 49.1	1 945
33	Id	Tolomosa	TP	San Jacinto	21 36.0	64 42.9	1 860
34	Id	Guadalquivir	PVM	San Lorenzo	21 24.9	64 44.9	2 010
35	Id	Guadalquivir	PVM	San Mateo	21 26.9	64 44.7	1 950
36	Id	Sella	PVM	Sella	21 23.1	64 41.8	2 080
37	Id	Guadalquivir	SO	Tarija AASANA	21 32.8	64 42.4	1 860
38	Id	Guadalquivir	TP	Tarija SENAMHI	21 31.6	64 43.8	1 875
39	Id	Pampa Grande	TP	Tariquía	22 02.6	64 21.5	950
40	Id	Tolomosa	PVM	Tolomosa Grande	21 37.5	64 46.0	1 900

Cuadro 2-1

INVENTARIO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS

Nº	Cuenca Río	Subcuenca Río	Tipo de Estac	Estación	Latitud Sur ϕ	Longit. Oeste λ	Altitud H m snm
41	Grande de Tja.	Chamata	PVM	Tomatas Grande	21 18.5	64 47.7	2 150
42	Id	Calama	PVM	Tucumilla	21 27.4	64 49.9	2 200
43	Id	Santa Ana	PVM	Yesera Norte	21 22.0	64 33.0	2 200
44	Bermejo	Orosas	PVM	La Mamora	22 10.5	64 39.8	1 300
45	Grande de Tja.	Camacho	PVM	Rejara	21 59.6	64 59.0	3 000

Cuadro 2-2

INVENTARIO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS DE APOYO (BOLIVIA)

46	Pilcomayo	Caías	PVM	Alto de Cajas	21 18.1	64 28.1	2 450
47	Id	Carapari	PVM	Carapari	21 49.4	63 44.4	830
48	Id	Endorréica	PVM	Copacabana	21 49.5	65 05.4	3 700
49	Id	Tumayapu	PVM	Iscayachi	21 29.0	64 58.1	3 450
50	Id	Camblaya	PVM	León Cancha	21 10.5	64 42.8	2 700
51	Id	Palos Blancos	PVM	Palos Blancos	21 24.7	63 46.8	700
52	Id	Timboy	PVM	Saladito Norte	21 17.0	64 06.3	800
53	Id	Pilaya	PVM	San Josecito	21 11.0	64 13.7	900
54	Id	Timboy	PVM	Timboy	21 10.4	64 03.7	800
55	Id	Ituyuro	TP	Yacuiba	22 01.5	63 41.1	650

Cuadro 2-3

INVENTARIO DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS DE APOYO (ARGENTINA)

56	Pilcomayo	Ituyuro	*	Aguaray	22 15	63 47	565
57	Bermejo	Bermejo	*	Aguas Blancas	22 43	64 22	405
58	Id	Pescado	*	Alba Grande	22 57	64 24	400
59	Id	Bermejo	*	Coronel Cornejo	22 44	63 52	370
60	Id	Zenta	*	Oran (Meteor.)	23 09	64 19	362
61	Id	Yariguarenda	*	Piquerenda	22 34	63 51	465
62	Id	Tartagal	*	Tartagal	22 20	63 48	552
63	Pilcomayo	Ituyuro	*	Tobantirenda	22 09	63 42	529
64	Bermejo	Bermejo	*	Vespucio	22 31	63 48	505

* No se ha obtenido esta información.

Cuadro 2-4

INVENTARIO DE ESTACIONES TERMOMETRICAS

Nº	Cuenca Río	Subcuenca Río	Tipo de Estac	Estación	Latitud Sur φ	Longit. Oeste λ	Altitud H m snm
02	Bermejo	Bermejo	TP	Bermejo	22 43.9	64 20.1	414
05	Grande de Tja	Chamata	TP	Canasmoro	21 20.4	64 45.4	2 080
07	Id	Camacho	TP	Cañas	21 53.5	64 50.8	2 030
15	Id	Pajonal	TP	Entre Ríos	21 31.4	64 10.2	1 230
19	Id	Santa Ana	TP	Junacas	21 25.8	64 27.5	2 350
24	Bermejo	Orosas	TP	Padcaya	21 53.0	64 42.7	1 990
30	Bermejo	Salado	TP	Río Conchas	22 17.5	64 23.3	900
32	Grande de Tja.	Tolomosa	TP	San Andrés	21 37.3	64 49.1	1 945
33	Id Id	Tolomosa	TP	San Jacinto	21 36.0	64 42.9	1 860
37	Id	Guadalquivir	SO	Tarija AASANA	21 32.8	64 42.4	1 860
38	Id	Guadalquivir	SP	Tarija SENAMHI	21 31.6	64 43.8	1 875
39	Id	Pampa Grde.	TP	Tariquía	22 02.6	64 21.5	950
49	Pilcomayo	Tomayapu	TP	Iscayachi	21 29.0	64 58.1	3 450
55	Id	Ituyuro	TP	Yacuiba	22 01.5	63 41.1	650
60	Bermejo	Zenta	TP	Orán (Meteor.)	23 09	64 19	362

Cuadro 2-5

INVENTARIO DE ESTACIONES FLUVIOMETRICAS

Nº	Cuenca Río	Subcuenca Río	Tipo de Estación	Estación	Latitud Sur φ	Longit. Oeste λ	Altitud H m snm
05	Grde.de Tja.	Chamata	AF-LMN-FLT	Canasmoro	21 20.4	64 45.4	2 080
12a	Grde.de Tja.	Camacho	LMN	San Nicolás	21 45.9	64 42.0	1 733
13	Bermejo	Salado	LMN	El Salado	22 27.4	64 28.5	650
14	Id	Emborozú	LMN	Emborozú	22 16.1	64 32.4	910
15	Grde.de Tja.	Pajonal	AF-LMN-FLT	Entre Ríos	21 31.4	64 10.2	1 230
15a	Id	Santa Ana	AF-LMN-FLT	Entre Ríos	21 31.8	64 11.0	1 230
21	Id	Guadalquivir	LMN	La Angostura	21 42.7	64 35.8	1 680
23	Id	Guadalquivir	AF-LMN-FLT	Obrajes	21 31.0	64 46.0	1 890
27	Id	Santa Ana	LMN	Puente Sta. Ana	21 32.2	64 34.7	1 950
27a	Id	Santa Ana	LMN	La Pintada	21 35.9	64 38.0	1 800
31	Id	Salinas	LMN	Salinas	21 48.0	64 14.1	1 000
33	Id	Tolomosa	AF-LMN-MOL	San Jacinto	21 36.0	64 42.9	1 840
57	Bermejo	Bermejo	AF-LMN-MOL	Aguas Blancas	22 43	64 22	405
65	Bermejo y Grde.de Tja.		AF-LMN-MOL	Juntas de San Antonio	22 52.7	64 18.5	344
66	Bermejo	Bermejo	AF-LMN-MOL	Zanja del Tigre	23 06	64 13	296

CUENCA RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA

DIAGRAMA DE BARRAS DE LA INFORMACION PLUVIOMETRICA (SENAMHI)

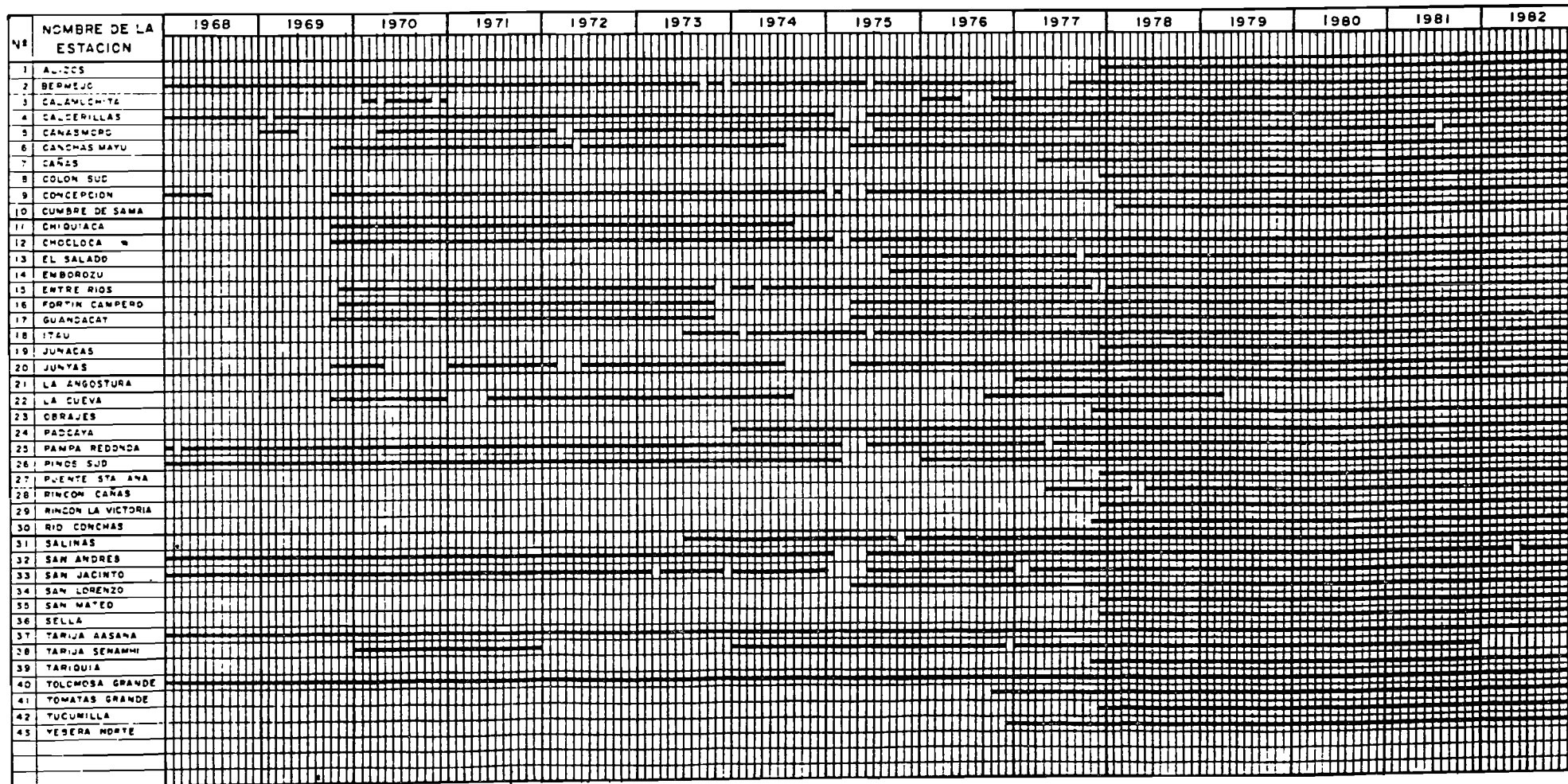


Fig. 2-1

CUENCA RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA

DIAGRAMA DE BARRAS DE LA INFORMACION TERMOMETRICA
(SENAMHI)

Nº	ESTACION	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
02	Bermejo															
05	Canasmoro															
07	Cañas															
15	Entre Ríos															
49	Iscayachi															
19	Junacas															
60	Oran Meteor.															
24	Padcaya															
30	Río Conchas															
32	San Andrés															
33	San Jacinto															
37	Tarija AASANA															
38	Tarija SENAMHI															
39	Tariquia															
55	Yacuiba															

Fig. 2-2

CUENCA RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA

DIAGRAMA DE BARRAS DE LA INFORMACION FLUVIOMETRICA (SENAMHI)

Nº	ESTACION	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
57	Aguas Blancas *															
05	Canasmoro															
13	El Salado															
14	Emburozú															
15	Entre Ríos															
15a	Entre Ríos															
21	La Angostura															
27a	La Pintada															
23	Obrajes															
27	Puente Sta. Ana															
31	Salinas															
33	San Jacinto															
12a	San Nicolás															

* Información enviada de Argentina

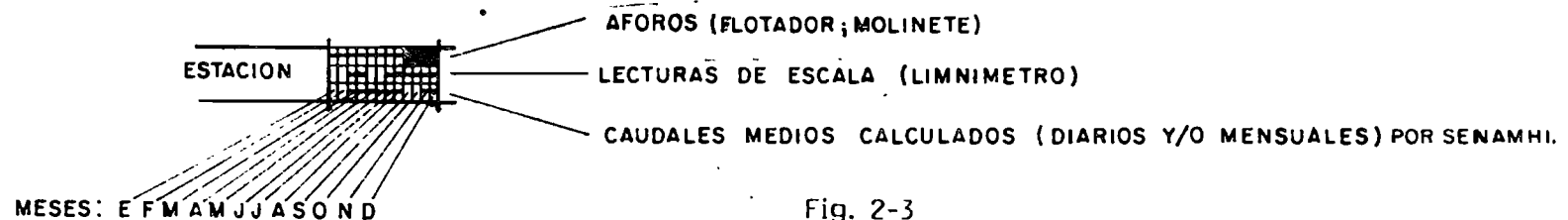


Fig. 2-3

Se calcula la pendiente de la recta que comprenda al mayor número de puntos; ó de la recta que comprenda a los últimos años, por representar ésta la tendencia actual y futura, y por suponer además, que la técnica y observación de los instrumentos es mejor.

Se calcula la pendiente de los tramos que presentan quiebre con la recta anterior. El número de puntos de estos tramos se recomienda que sea mayor a 5.

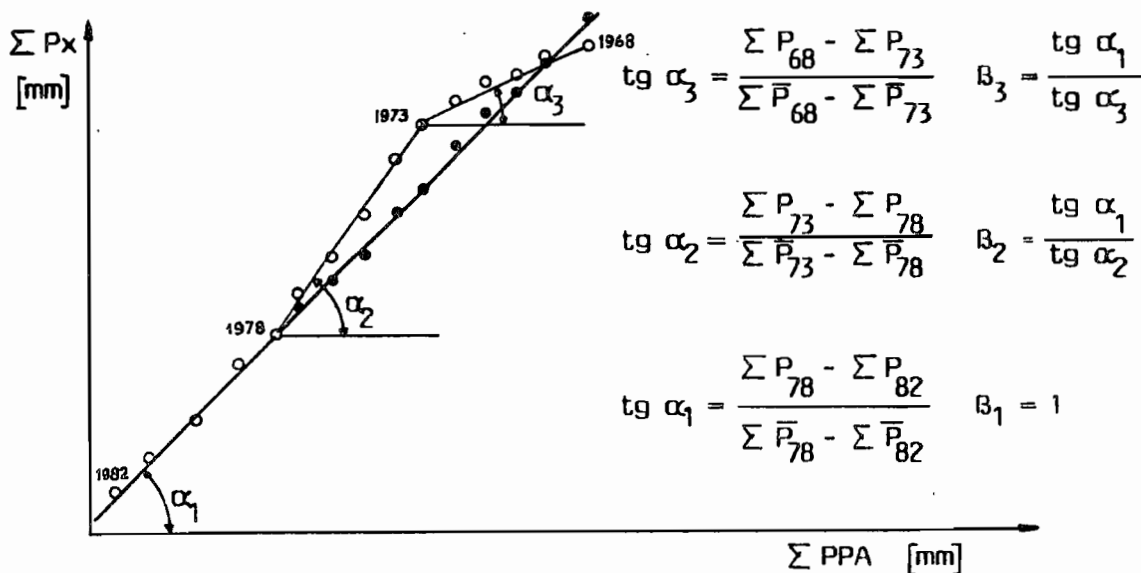
Los valores de precipitación anuales de estos tramos (no los valores acumulados) se multiplican por un factor β_i para obtener así las precipitaciones ajustadas; donde,

$$\beta_i = \text{tg } \alpha_1 / \text{tg } \alpha_i \quad (2-1)$$

siendo, $\text{tg } \alpha_1$ = pendiente de la recta tomada como tendencia del régimen pluviométrico de la zona.

$\text{tg } \alpha_i$ = pendiente de la recta del tramo que presenta quiebre.

Con los valores ajustados, se calcula nuevamente la $\sum Px$ de cada estación y se plotean estos puntos en el gráfico de CDA para verificar el ajuste.



AJUSTE POR CURVA DOBLE ACUMULADA

Fig. 2-5

Para los casos en que los puntos presentan mucha dispersión alrededor de las rectas, se ha adoptado como tg, el coeficiente de regresión b de la ecuación por mínimos cuadrados para el tramo respectivo, ó sea,

$$\sum P_x = a + b \times \sum PPA ; \quad \text{donde} \quad \text{tg } \alpha = b$$

2.4.3 AMPLIACION Y RELLENO DE ESTADISTICAS PLUVIOMETRICAS.

Con el fin de aprovechar el máximo de registros pluviométricos, se ha ampliado el registro de estaciones con masas de 6 años, mediante la correlación con estaciones completas ó ya rellenadas. Esta correlación se ha efectivizado mediante la ecuación de regresión lineal por el método de los Mínimos Cuadrados, cuya fórmula general es,

$$P_y = a + b \cdot P_x \quad (2-II)$$

donde, P_y = Precipitación de la estación a rellenarse.

P_x = Precipitación de la estación con registro completo.

El grado de correlación, definido por el coeficiente de correlación r, se ha verificado con la prueba de "t de Student", para valores de r inferiores a 0.70 y con probabilidad de confianza mayor a 90%. donde,

$$t = r \sqrt{n - 2} / \sqrt{1 - r^2} \quad (2-III)$$

En el anexo 5, se presenta el desarrollo de las ecuaciones de regresión por Mínimos Cuadrados.

Una vez calculados los diferentes valores anuales para la estación en análisis en base a las diferentes rectas de regresión con otras estaciones completas, se ha obtenido el promedio ponderado para cada año, considerando como peso, el coeficiente de correlación de cada recta, de acuerdo a la fórmula,

$$P_y = \frac{P_{x_1 \cdot r_1} + P_{x_2 \cdot r_2} + \dots + P_{x_n \cdot r_n}}{r_1 + r_2 + \dots + r_n} \quad (2-IV)$$

Se han presentado algunos casos en que el valor estimado mediante la

recta de regresión es igual ó inferior al valor parcial del año en cuestión; en este caso, se ha visto conveniente, calcular los valores mensuales faltantes con el coeficiente de regresión b , y sumar estos valores al valor parcial existente para completar la suma anual; donde,

$$P_y = P_{y \text{ parcial}} + b \cdot P_{x \text{ mensual}} \quad (2-V)$$

Para las estaciones con 5 ó menos años de información, se ha utilizado un método combinado, de la recta de regresión de la CDA y la relación proporcional del período de 15 años al período parcial de 5 años entre la estación y el PPA, como se indica en las fórmulas de adelante.

Se hace notar que, para efectuar la correlación, previamente se ha elaborado la CDA con los valores anuales existentes de la estación y cada una de las estaciones completas, a efecto de escoger aquellos años que representen la tendencia lineal que involucra a los años faltantes.

Efectuado el relleno anual, se ha repetido la CDA con el PPA de cada zona como se ha explicado anteriormente.

$$\bar{Y}_{15} = \bar{X}_{15} * \bar{Y}_k / \bar{X}_k ; \quad k = 1,2,...,5. \quad (2-VI)$$

donde, $\bar{Y}_{15}, \bar{X}_{15}$ = precipitación anual media de 15 años de la estación analizada y de la estación completa. ó de un PPA.

$\bar{Y}_k, \bar{X}_k$ = Precipitación anual media de los k años parciales de la estación analizada y de la estación completa.

$$\bar{Y}_{15} = [B (\sum_{1}^{15} PPA - \sum_{1}^{15} PPA) + \sum_{1}^k P] / 15 ; \quad k = 1,2,...,5,6 \quad (2-VII)$$

donde, B es el coeficiente de la recta de regresión de los valores acumulados,

$$\sum P = A + B \sum PPA = A + B \sum X$$

2.4.3.1 ZONA CENTRAL OESTE.

Estaciones: Tarija AASANA, San Jacinto, Tolomosa Grande, Pampa Redonda, San Andrés, Pinos Sud, Calderillas.

Estación Y: San Jacinto.

Estación X	ecuac. de regresión	peso r	Años rellenados		
			1973	1975	1977
Tarija AASANA	$Y = -142.3 + 1.0683 \cdot X$	0.712	527	516	463
Tolomosa Grande	$Y = 37.8 + 0.6267 \cdot X$	0.933	470	446	501
Pampa Redonda	$Y = 348.4 + 0.9308 \cdot X$	0.703	599	---	469
San Andrés	$Y = 101.2 + 0.4446 \cdot X$	0.836	436	---	549
promedio ponderado			Y = 502	476	498

Estación Y: Pampa Redonda.

			1968	1975
Tarija AASANA	$Y = 58.2 + 1.2026 \cdot X$	0.742	1089*	799
Tolomosa Grde.	$Y = 195.9 + 0.8189 \cdot X$	0.770	973*	729
San Jacinto	$Y = 137.5 + 1.5720 \cdot X$	0.836	1017	---
San Andrés	$Y = 290.7 + 0.5639 \cdot X$	0.802	1166	---
Pinos Sud	$Y = 5.6 + 0.7904 \cdot X$	0.776	1077	---
Calderillas	$Y = 199.4 + 0.5347 \cdot X$	0.713	1012*	---
promedio ponderado			Y = 1057.4	763.0

* calculado con fórmula 2-V

Estación Y: San Andrés.

			1975
Tolomosa Grde.	$Y = 84.6 + 1.1125 \cdot X$	0.833	809
San Jacinto	$Y = 137.5 + 1.5720 \cdot X$	0.836	886*
Pampa Redonda	$Y = 19.3 + 1.1421 \cdot X$	0.803	891*
promedio ponderado			Y = 862.0

* calculado con fórmula 2-V

Estación Y: Pinos Sud.

			1975
Tolomosa Grde.	$Y = 252.4 + 1.2474 \cdot X$	0.723	1066
San Jacinto	$Y = 195.9 + 0.2796 \cdot X$	0.666	1118*
Pampa Redonda	$Y = 358.7 + 0.9840 \cdot X$	0.587	1110*
promedio ponderado			Y = 1097.0

$t = 2.82 > 1.81 = t_{0.95}$
 $t = 2.40 > 1.80 = t_{0.95}$

* calculado con fórmula 2-V

Estación Y: Calderillas.

Estacion X	ecuac. de regresión	peso r	Años rellenados		
			1969	1975	
Tarija AASANA	$Y = 5.2 + 1.9452 \cdot X$	0.634	1215	1527*	$t=2.32 > 1.86=t_{0.95}$
Tolomosa Grde.	$Y = 184.1 + 1.1681 \cdot X$	0.583	1091*	1468*	$t=2.03 > 1.86=t_{0.95}$
San Jacinto	$Y = -324.4 + 2.5999 \cdot X$	0.831	1284*	1490*	
Pampa Redonda	$Y = 107.1 + 1.1741 \cdot X$	0.666	1118*	1571*	
Pinos Sud	$Y = 342.7 + 0.7175 \cdot X$	0.711	1065	1496	
promedio ponderado Y=			1161	1510	

* calculado con fórmula 2-V.

AJUSTE POR CURVA DOBLE ACUMULADAS.

PPA = Promedio (Tolomosa Grande y San Jacinto).

Estación: Pampa Redonda.

Años: 1982 - 1977	$\text{tg } \alpha_1 = 1.24752$	$B_1 = 1$	
" 1977 - 1973	$\text{tg } \alpha_2 = 1.53574$	$B_2 = 0.81232$	(años 1976-73).
" 1973 - 1968	$\text{tg } \alpha_3 = 1.20220$	$B_3 = 1.03769$	(años 1972-68).

Estacion: San Andrés.

Años: 1982 - 1975	$\text{tg } \alpha_1 = 1.57070$	$B_1 = 1$	
" 1975 - 1970	$\text{tg } \alpha_2 = 1.34960$	$B_2 = 1.16377$	(años 1974-70).
" 1970 - 1968	$\text{tg } \alpha_3 = 2.29953$	$B_3 = 0.68305$	(años 1969-68).

Estación: Pinos Sud.

Años: 1982 - 1977	$\text{tg } \alpha_1 = 1.89825$	$B_1 = 1$	
" 1977 - 1974	$\text{tg } \alpha_2 = 2.16075$	$B_2 = 0.87851$	(años 1976-74).
" 1974 - 1968	$\text{tg } \alpha_3 = 1.74236$	$B_3 = 1.08947$	(años 1973-68).

Estación: Calderillas.

Años: 1982 - 1978	$\text{tg } \alpha_1 = 1.45048$	$B_1 = 1$	
" 1978 - 1974	$\text{tg } \alpha_2 = 2.22513$	$B_2 = 0.65186$	(años 1977-74).
" 1974 - 1968	$\text{tg } \alpha_3 = 1.43618$	$B_3 = 1.00996$	(años 1973-68).

PRECIPITACIONES DOBLE ACUMULADAS

Cuadros: 2 - 6

Grupo: Zona Central Oeste

P40: Tolomosa Grande
P33: San Jacinto
P25: Pampa Redonda

P32: San Andrés
P:
PPA: (Tolomosa Grande & San Jacinto)

AÑO	PPA	Σ PPA	P40	Σ P40	P33	Σ P33	P25	Σ P 25	P25	Σ P25	P32	Σ P32	P32	Σ P32
1952	801.0	801.0	978.7	978.7	623.2	623.2	990.0	990.0			1062.3	1062.3		
1953	855.8	1656.8	1024.3	2003.0	687.3	1310.5	908.5	1898.5			1157.5	2219.8		
1954	776.4	2433.2	954.0	2957.0	598.9	1909.4	1023.7	2922.2			1247.6	3467.4		
1955	716.3	3149.5	849.2	3806.2	583.4	2492.8	1027.0	3949.2			1272.0	4739.4		
1956	759.8	3909.3	878.3	4684.5	641.2	3134.0	966.5	4915.7			1151.3	5890.7		
1957	618.3	4527.6	738.6	5423.1	498.0	3632.0	723.3	5639.0		5639.0	1007.3	6898.0		
1958	401.6	4929.2	477.3	5900.4	325.2	3957.8	713.7	6352.7	604.3	6243.3	672.2	7570.2		
1959	565.9	5495.1	651.8	6552.2	476.0	4433.8	763.0	7115.7	646.1	6889.4	862.0	8432.2		8432.2
1960	582.2	6077.3	705.6	7257.8	458.2	4892.6	847.5	7963.2	717.6	7607.0	749.0	9181.2	871.5	9303.7
1961	595.7	6673.0	689.4	7947.2	502.0	5394.6	967.5	8930.7	819.3	8426.3	753.9	9935.1	877.5	10181.2
1962	584.4	7257.4	739.2	8686.4	429.6	5824.6	659.5	9590.2	724.4	9150.7	811.4	10746.5	944.5	11125.7
1963	675.0	7932.4	777.0	9463.4	572.9	6397.1	694.0	10284.2	762.4	9913.1	881.0	11627.5	1025.5	12151.2
1964	551.6	8522.0	713.4	10176.8	469.8	6866.9	766.3	11050.5	841.8	10754.9	892.7	12520.2	1039.0	13190.2
1965	568.2	9090.2	659.0	10835.8	477.5	7344.4	698.0	11748.5	767.8	11522.7	1229.9	13750.1	840.0	14030.2
1966	641.7	9731.9	745.0	11580.8	538.4	7882.8	1057.4	12805.9	818.5	12341.2	1552.3	15302.4	1000.5	15090.7
Precipitación media $\bar{P}$			772.1		525.5		853.7	-3.63 *	822.7		1020.2	-1.39 *	1006.0	
Desviación standard s			143.53		93.72		143.3		134.9		246.1		164.51	
Coef. de variación C_v			0.1859		0.1783		0.1679		0.1639	0.1639	0.2415		0.1635	
Mediana $\bar{M}$			739.2		502.0		847.5		818.5		1007.3		1039.0	
Media log P $\bar{y}$			2.88035		2.71369		2.92554		2.90978		2.99702		2.99692	
Desv. standard $s(y)$			0.08168		0.08183		0.07351		0.07163		0.10401		0.07396	
Varianza $s^2(y)$			0.00700		0.00670		0.00540		0.00513		0.01082		0.00547	
Coef. de asimetría C_s			0.0653		-0.1952		0.0654		0.1658		0.4636		-0.1618	
Coef. de curtosis C_c			2.7283		2.6966		1.3782		1.9012		2.4441		2.4685	
Coef. de asim. $C_s(y)$			-0.4955		-0.7021		-0.0267		-0.0616		0.0866		-0.5453	
Coef. de curt. $C_c(y)$			3.4485		3.5127		1.3811		2.0179		2.0262		2.9504	

* Datos obtenidos mediante curva de regresión

PRECIPITACIONES DOBLE ACUMULADAS

Cuadro: 2 - 7

P26 : Pinos Sud
P04 : Calderillas
P :

Grupo : Zona Central Oeste

P :
P :
PPA : (Tolomosa Grande & San Jacinto)

AÑO	PPA	Σ PPA	P26	Σ P26	P26	Σ P26	P04	Σ P04	P04	Σ P04	P	Σ P	P	Σ P
1982	801.0	801.0	1136.8	1136.8			1168.1	1168.1						
1981	855.8	1656.8	1661.9	2798.7			1448.0	2616.1						
1980	776.4	2433.2	1420.7	4219.4			1167.8	3783.9						
1979	716.3	3149.5	1557.4	5776.8			1473.2	5257.1						
1978	759.8	3909.3	1178.3	6955.1			1286.2	6543.3		6543.3				
1977	618.3	4527.6	1255.7	8210.8		8210.8	1402.7	7946.0		914.5		7457.8		
1976	401.6	4929.2	1024.7	9235.5	900.0	9110.8	1374.3	9320.3		896.0		8353.8		
1975	563.9	5493.1	1097.0*	10332.5	964.0	10074.8	1510.0*	10830.3		984.5		9338.3		
1974	582.2	6075.3	1222.5	11555.0	1074.0	11148.8	1438.6	12268.9		938.0		10276.3		
1973	595.7	6671.0	1062.7	12617.7	1158.0	12306.8	1137.1	13406.0		1148.5		11424.8		
1972	584.4	7255.4	939.6	13557.3	1023.5	13330.3	811.4	14217.4		819.5		12244.3		
1971	675.0	8522.0	865.8	15563.6	943.5	15516.3	716.7	16085.9		724.0		14131.8		
1970	591.6	8522.0	865.8	15563.6	943.5	15516.3	716.7	16085.9		724.0		14131.8		
1969	568.2	9090.2	1007.2	16570.8	1097.5	16613.8	1161.0*	17246.9		1172.5		15304.3		
1968	641.7	9731.9	1355.3	17926.1	1476.5	18090.3	1230.9	18477.8		1243.0		16547.3		
Precipitación media $\bar{P}$			1195.1	+0.91 %	1206.0		1231.9	-10.45 %	1103.2					
Desviación standard s			223.93		230.82		231.18		219.07					
Coef. de variación C_v			0.1874		0.1914		0.1876		0.1986					
Mediana M			1140.5		1158.0		1230.9		1163.5					
Media log P $\bar{P}$			3.07056		3.07421		3.08213		3.03432					
Desv. standard $s(y)$			0.07911		0.08087		0.09260		0.08901					
Varianza $s^2(y)$			0.00626		0.00654		0.00858		0.00792					
Coef. de asimetría C_s			0.6424		0.5828		-0.9019		0.0185					
Coef. de curtosis C_c			2.6332		2.2771		3.1218		2.1818					
Coef. de asim. $C_s(y)$			0.3083		0.3238		-1.2974		-0.3260					
Coef. de curt. $C_c(y)$			2.4053		2.0877		3.9365		2.2689					

* Datos obtenidos mediante curva de regresión

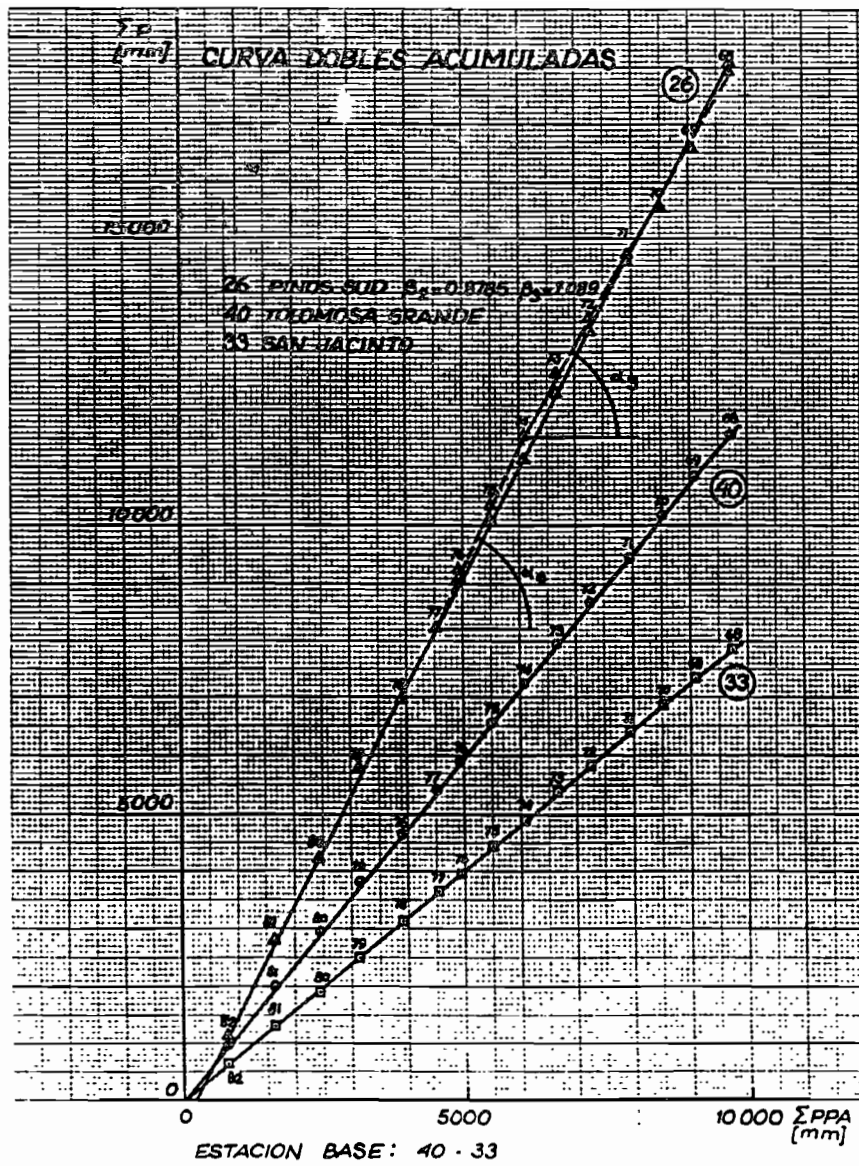


Fig. 2-6

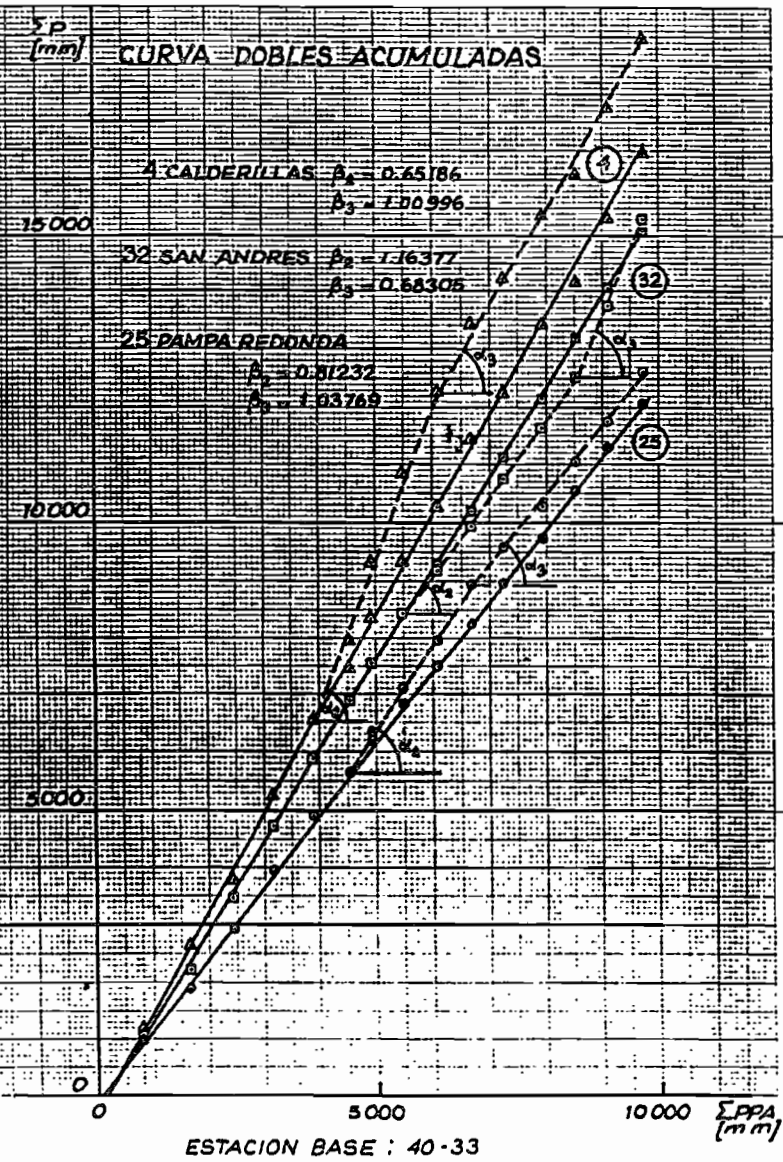


Fig. 2-7

2.4.3.2 ZONA CENTRAL NORTE

Comprende a las estaciones situadas en la cuenca del río alto Guadalquivir y del río Santa Ana, de las cuales 5 tienen información igual ó mayor a 6 años, y son: Tarija SENAMHI, San Lorenzo, Canasmoro, Tomatas Grande y Yesera Norte, que se han rellenado en sus valores anuales mediante las ecuaciones de regresión lineal. Las otras estaciones son 8, con información de 5 años ó menos, y se ha determinado su precipitación media anual mediante la CDA, por extensión de la recta que representa la tendencia; ellas son: Obrajes, San Mateo, Sella, Rincón La Victoria, Tucumilla, Cumbre de Sama, Puente Santa Ana y Junacas.

Estación Y: Tarija SENAMHI.

Estación X	ecuac. de regresión	peso r	Años rellenados				
			1968	1969	1972	1973	1976
Tarija AASANA	$Y = -105.2 + 1.0427 \cdot X$	0.655	522	543	462	549	416
Tolomosa Grde.	$Y = -3.9 + 0.6845 \cdot X$	0.845	506	447	502	468	323
San Jacinto	$Y = -31.5 + 1.0662 \cdot X$	0.908	542	478	427	504	316
promedio ponderado $Y =$			524.0	485	463	503.5	345.5

Tarija AASANA: $t = 2.60 > 1.83 = t_{0.95}$

Estación Y: San Lorenzo.

			1968	1969	
Tarija AASANA	$Y = 150.0 + 0.6165 \cdot X$	0.492	521	485	$t = 1.87 > 1.80 = t_{0.95}$
Tolomosa Grde.	$Y = 127.9 + 0.5971 \cdot X$	0.693	573	569	$t = 2.35 > 1.94 = t_{0.95}$
San Jacinto	$Y = 58.0 + 1.0328 \cdot X$	0.811	614	552	
promedio ponderado $Y =$			577	541	

Estación Y: Canasmoro.

			1968	1969	1970	1972	1974	1975
Tarija AASANA	$Y = -25.6 + 0.9653 \cdot X$	0.743	555	574	589	500	625	569
Tolomosa Grde.	$Y = 61.3 + 0.6394 \cdot X$	0.790	538	483	517	533	513	478
San Jacinto	$Y = 87.9 + 0.8985 \cdot X$	0.823	571	517	510	474	500	516
San Lorenzo	$Y = 159.5 + 0.7430 \cdot X$	0.556	589*	559*	531	561	516	614
promedio ponderado $Y =$			561.5	530.5	536	513.5	538.5	538

San Lorenzo: $t=2.22 > 1.80=t_{0.95}$

* calculado con fórmula 2-V.

Estación Y: Tomatas Grande.

Estación X	ecuac. de regresión	peso r	Años rellenados:					
			1968	1969	1970	1971	1972	1973
San Lorenzo	$Y = -22.8 + 1.3538 \cdot X$	0.765	758	710	654	785	710	857
Canasmoro	$Y = 80.6 + 0.9431 \cdot X$	0.900	610	580	586	686	564	463
promedio ponderado Y=			678	640	617	731	631	644
			<u>1974 1975 1976</u>					
			627 804 477					
			<u>508 588 535</u>					
promedio ponderado Y=			606	687	508			

Estación Y: Yesera Norte.

			1968	1969	1970	1971	1972	1973
			<u>1974 1975 1976</u>					
Tarija AASANA	$Y = 54.2 + 1.0572 X$	0.775	690	712	728	784	629	717
Canasmoro	$Y = 332.1 + 0.6340 X$	0.753	688	668	672	739	657	589
San Lorenzo	$Y = 141.0 + 1.1465 X$	0.756	801	761	714	825	761	886
promedio ponderado Y=			726	714	705	783	682	731
			<u>1974 1975 1976</u>					
			767 705 583					
			673 673 638					
			<u>691 841 564</u>					
promedio ponderado Y=			711	739	595			

AJUSTE POR CURVA DOBLE ACUMULADA.

PPA = Promedio (Tarija AASANA y San Lorenzo).

Estación: Tarija SENAMHI.

Años: 1982 - 1977 $\text{tg } \alpha_1 = 1.06087$ $B_1 = 1$
 " 1977 - 1968 $\text{tg } \alpha_2 = 0.82100$ $B_2 = 1.29217$ (años 1976-68).

Estación: Canasmoro.

Años: 1982 - 1979 $\text{tg } \alpha_1 = 1.23764$ $B_1 = 0.77918$ (años 1982-79).
 " 1979 - 1974 $\text{tg } \alpha_2 = 0.96435^*$ $B_2 = 1$
 " 1973 - 1968 $\text{tg } \alpha_3 = 0.95149$ $B_3 = 1.01352$ (no se ajustó).

* Se ha adoptado la $\text{tg } \alpha_2$, por tener este tramo menor número de datos anuales rellenados con la ecuación de regresión.

Estación: Tomatas Grande.

Años: 1982 - 1977 $\text{tg } \alpha_1 = 1.30513$ $B_1 = 1$
 " 1977 - 1968 $\text{tg } \alpha_2 = 1.10659$ $B_2 = 1.17942$ (años 1976-68).

DETERMINACION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL DE ESTACIONES CON 5 AÑOS DE INFORMACION (1978-82) EN LAS SUBCUENCAS DE LOS RIOS ALTO GUADALQUIVIR Y SANTA ANA.

Se ha utilizado las fórmulas 2-VI y 2-VII, para luego determinar el promedio aritmético de ambas. Donde,

$$\bar{X}_{15} = \sum_{1}^{15} \text{PPA}/15 = 8\ 629.4/15 = 575.3$$

$$\bar{X}_5 = \sum_{1}^5 \text{PPA}/5 = 2\ 929.6/5 = 585.9$$

Estación Y	$\sum_{1}^5 P$	$\bar{Y}_5$	$\bar{Y}_{15}$ (2-VI)	$\Sigma Y = A + B \Sigma X$	$\bar{Y}_{15}$ (2-VII)	Prom. $\bar{Y}_{15}$
Obrajes	4 424.8	885.0	868.9	-396.1 + 1.1640 · ΣX	918.1	894
San Mateo	4 028.3	805.7	791.1	-149.2 + 1.4275 · ΣX	811.0	801
Sella	2 873.9	574.8	564.4	-43.8 + 1.0085 · ΣX	574.8	570
Rincón La Victoria	5 892.0	1 178.4	1 157.0	-236.3 + 2.0665 · ΣX	1 178.0	1 168
Cumbre de Sama	4 652.1	930.4	913.5	-8.6 + 1.5856 · ΣX	912.6	913
Puente Santa Ana	2 399.8	480.0	471.3	-1.1 + 0.8065 · ΣX	466.4	469
Junacas	2 963.2	592.6	581.9	-100.1 + 1.0556 · ΣX	598.7	590
Tucumilla				-2.2 + 1.4740 · ΣX^*	912.0	912

* Se aplicó la fórmula 2-VII con regresión de los últimos 3 años.

PRECIPITACIONES DOBLE ACUMULADAS

Cuadro: 2 - 8

P 37 : Tarija AASANA
P 34 : San Lorenzo
P 38 : Tarija SENAMHI

Grupo : Zona Central Norte

P 05 : Canasmoro
P :
PPA : (Tarija AASANA & San Lorenzo)

AÑO	PPA	Σ PPA	P 37	Σ P 37	P 34	Σ P 34	P 38	Σ P 38	P 38	Σ P 38	P 05	Σ P 05	P 05	Σ P 05
1982	558.8	558.8	554.9	554.9	562.8	562.8	660.7	660.7			574.7	574.7	448.0	448.0
1981	650.6	1209.4	726.0	1280.9	575.2	1138.0	761.6	1422.3			843.9	1418.6	657.5	1105.5
1980	485.6	1695.0	564.8	1845.7	406.4	1544.4	477.9	1900.2			553.3	1971.9	431.0	1536.5
1979	621.5	2316.5	623.5	2469.2	619.5	2163.9	583.2	2483.4			778.2	2750.1	606.5	2143.0
1978	613.1	2929.6	696.8	3166.0	529.4	2693.3	628.5	3111.9			568.0	3318.1		2711.0
1977	510.9	3440.5	566.9	3732.9	454.9	3148.2	605.9	3717.8		3717.8	524.3	3842.4		3235.3
1976	434.6	3875.1	500.1	4233.0	369.1	3517.3	345.5*	4063.3	446.5	4164.3	482.1	4324.5		3717.4
1975	613.3	4488.4	615.7	4848.7	610.9	4128.2	498.0	4561.3	643.5	4807.8	538.0*	4862.5		4255.4
1974	577.0	5065.4	673.8	5522.5	480.2	4608.4	382.1	4943.4	493.5	5301.3	538.5*	5401.0		4793.9
1973	638.6	5704.0	626.6	6149.1	650.5	5258.9	503.5*	5446.9	650.5	5951.8	406.0	5807.0		5199.9
1972	542.7	6246.7	544.0	6693.1	541.4	5800.3	463.0	5909.9	598.0	6549.8	513.5*	6320.5		5713.4
1971	643.4	6890.1	689.7	7382.8	597.1	6397.4	595.5	6505.4	769.5	7319.3	642.0	6962.5		6355.4
1970	568.8	7458.9	637.1	8019.9	500.4	6897.8	463.5	6968.9	599.0	7918.3	536.0	7498.5		6891.4
1969	581.3	8040.2	621.6	8641.5	541.0*	7438.8	485.0	7453.9	626.5	8544.8	530.5*	8029.0		7421.9
1968	589.2	8629.4	601.3	9242.8	577.0*	8015.8	524.0*	7977.9	677.0	9221.8	561.5*	8590.5		7983.4
Precipitación media $\bar{P}$			616.2		534.4		531.9	+15.59 %	614.8		572.7	+7.07 %	532.2	
Desviación standard σ			63.04		79.74		108.4		91.52		109.7		71.56	
Coef. de variación C_v			0.1023		0.1492		0.2039		0.1488		0.1915		0.1344	
Mediana M			621.6		541.4		503.5		628.5		538.5		536.0	
Media log P $\bar{y}$			2.78757		2.72293		2.71727		2.78402		2.75124		2.72235	
Desv. standard $\sigma(y)$			0.04483		0.06933		0.08971		0.06703		0.07709		0.05941	
Varianza $\sigma^2(y)$			0.00201		0.00481		0.00805		0.00449		0.00594		0.00353	
Coef. de Asimetría C_s			+0.0053		-0.6221		0.2997		-0.1810		+1.2909		-0.0018	
Coef. de curtosis C_c			2.2472		2.5648		2.7527		2.6505		4.2717		2.4516	
Coef. de asim. $C_s(y)$			-0.1858		-0.8929		-0.1953		-0.5218		+0.7924		-0.2853	
Coef. de curt. $C_c(y)$			2.3385		2.9702		2.7096		2.7291		3.8416		2.4966	

* Datos obtenidos mediante curva de regresión

PRECIPITACIONES DOBLE ACUMULADAS

Cuadro: 2 - 9

Grupo : Zona Central Norte

P41 : Tomatas Grande

P27 : Puente Santa Ana

P36 : Sella

P : Junacas

P43 : Yesera Norte

PPA : (Tarija AASANA, San Lorenzo)

AÑO	PPA	Σ PPA	P41	Σ P41	P41	Σ P41	P36	Σ P36	P43	Σ P43	P27	Σ P27	P19	Σ P19
1982	558.8	558.8	597.1	597.1			551.7	551.7	686.4	686.4	479.1	479.1	526.1	526.1
1981	650.6	1209.4	807.6	1404.7			535.8	1087.5	871.1	1557.5	481.9	961.0	611.3	1137.4
1980	485.6	1695.0	570.6	1975.3			609.1	1696.6	567.1	2124.6	382.6	1343.6	490.0	1627.4
1979	621.5	2316.5	903.4	2878.7			4658.4	2355.0	669.8	2794.4	491.3	1834.9	811.8	2439.2
1978	613.1	2929.6	652.9	3531.6			518.9	2873.9	752.9	3647.3	564.9	2399.8	524.0	2963.2
1977	510.9	3440.5	826.5	4358.1		4358.1			725.7	4273.0				
1976	434.6	3875.1	508.0*	4866.1	599.0	4957.1			595.0*	4868.0				
1975	613.3	4488.4	687.0	5553.1	810.0	5767.1			739.0*	5607.0				
1974	577.0	5065.4	606.0*	6159.1	714.5	6481.6			711.0*	6318.0				
1973	638.6	5704.0	644.0*	6803.1	759.5	7241.1			731.0	7049.0				
1972	542.7	6246.7	631.0*	7434.1	744.0	7985.1			682.0	7731.0				
1971	643.4	6890.1	731.0*	8165.1	862.0	8847.1			783.0*	8514.0				
1970	568.8	7458.9	617.0*	8782.1	727.5	9574.6			705.0*	9219.0				
1969	581.3	8040.2	640.0*	9422.1	755.0	10329.6			714.0*	9933.0				
1968	589.2	8629.4	678.0*	10100.1	799.5	11129.1		8550.0	726.0*	10659.0		7035.0		8850.0
Precipitación media F			673.3	+10.19	741.9		570.0		710.6		469.0		590.0	
Desviación standard s			104.7		100.0				71.49					
Coef. de variación Cv			0.1555		0.1348				0.1006					
Mediana M			644.0		759.5				714.0					
Media log P y			2.82356		2.86651				2.84954					
Desv. standard s(y)			0.06531		0.06066				0.04435					
Varianza s²(y)			0.00427		0.00368				0.00197					
Coef. de asimetría Cs			0.754		0.324				0.005					
Coef. de curtosis Cc			2.937		2.121				3.814					
Coef. de asim. Cs(y)			0.431		-0.516				-0.391					
Coef. de curt. Cc(y)			2.764		2.177				3.725					

* Datos obtenidos mediante curva de regresión

PRECIPITACIONES DOBLE ACUMULADAS

Cuadro: 2 - 10

Grupo: Zona Central Norte

P23: Obrajes
P35: San Mateo
P29: Rincón La Victoria

P42: Tucumilla
P10: Cumbre de Sama
PPA: (Tarija AASANA y San Lorenzo)

AÑO	PPA	Σ PPA	P23	Σ P23	P35	Σ P35	P29	Σ P29	P42	Σ P42	P10	Σ P10	P	Σ P
1982	558.8	558.8	703.2	703.2	689.3	689.3	1100.6	1100.6	835.9	835.9	821.2	821.2		
1981	650.6	1209.4	695.8	1399.0	857.7	1547.0	979.3	2079.9	910.7	1746.6	1172.0	1993.2		
1980	485.6	1695.0	818.6	2217.6	657.3	2204.3	1070.5	3150.4	769.0	2515.6	709.9	2703.1		
1979	621.5	2316.5	1338.1	3555.7	1013.5	3217.8	1442.8	4593.2	1911.8	4427.4	893.7	3596.8		
1978	613.1	2929.6	869.1	4424.8	810.5	4028.3	1298.8	5892.0	850.7	5278.1	1055.2	4652.0		
1977	510.9	3440.5												
1976	434.6	3875.1												
1975	613.3	4488.4												
1974	577.0	5065.4												
1973	638.6	5704.0												
1972	542.7	6246.7												
1971	643.4	6890.1												
1970	568.8	7458.9												
1969	581.3	8040.2												
1968	589.2	8629.4												
			13410.0		12015.		17520.		13679.7		13695.			
Precipitación media F			894.0		801.0		1168.0		912.0		913.0			
Desviación standard s														
Coef. de variación Cv														
Mediana $\bar{M}$														
Media log P $\bar{y}$														
Desv. standard $s(y)$														
Varianza $s^2(y)$														
Coef. de asimetría Ca														
Coef. de curtosis Cc														
Coef. de asim. Ca(y)														
Coef. de curt. Cc(y)														

* Datos obtenidos mediante curva de regresión

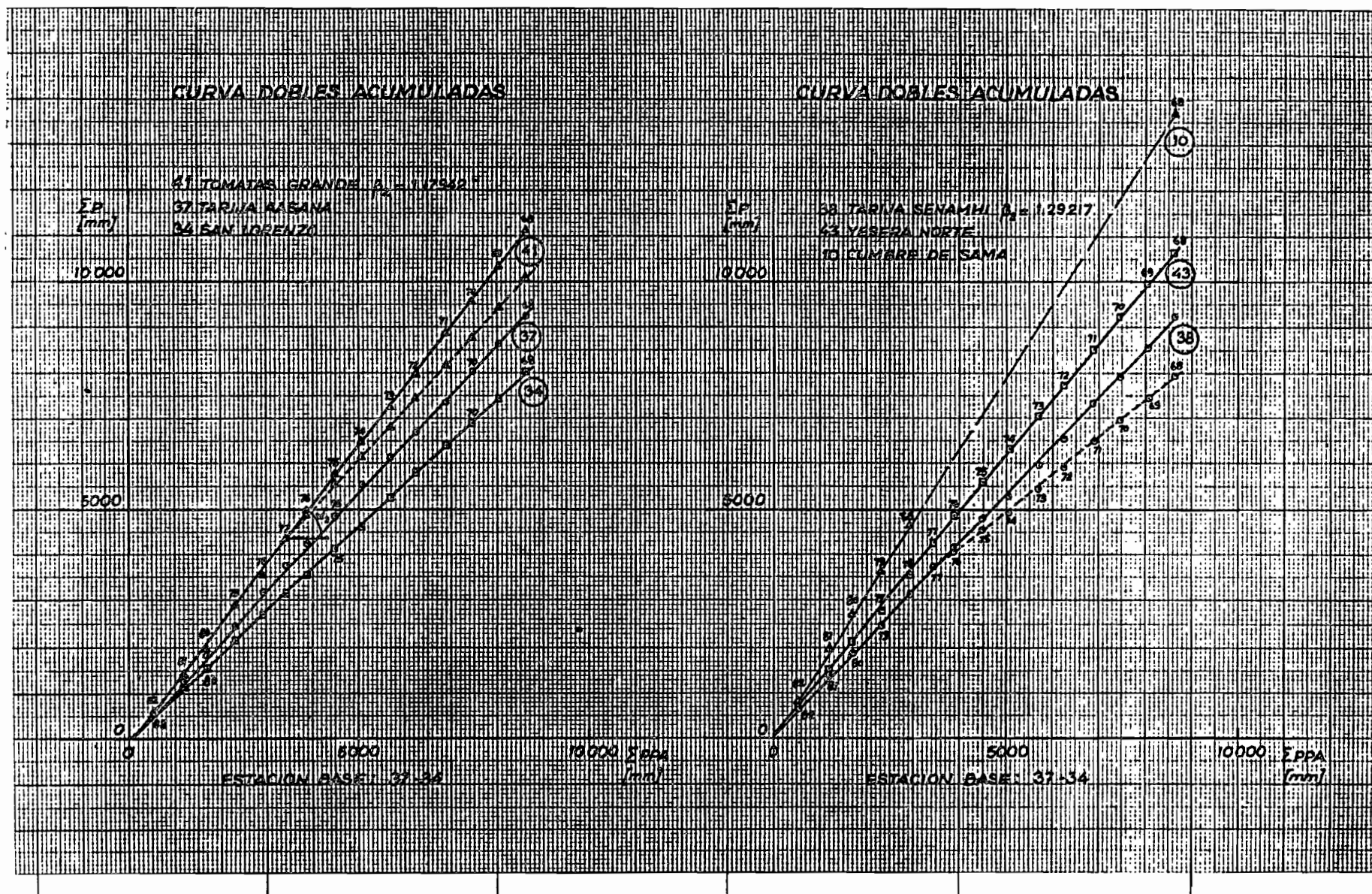


Fig. 2-8

Fig. 2-9

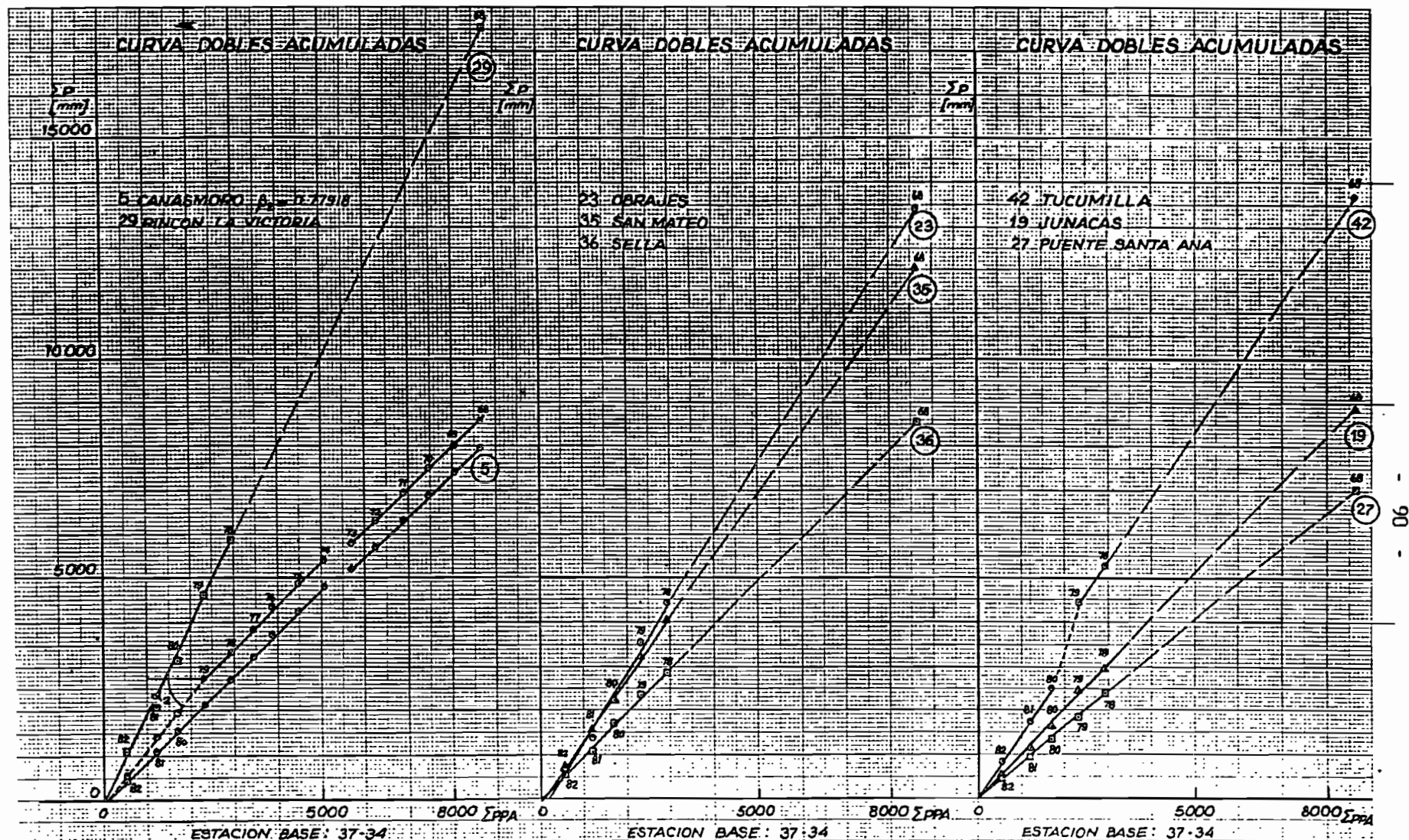


Fig. 2-10

Fig. 2-11

Fig. 2-12

2.4.3.3 ZONA CENTRAL SUD OESTE.

Comprende a las estaciones de la subcuenca del río Camacho. Cuatro de ellas: Concepción, Chocloca, Juntas y canchas Mayu, con 10 años y más de información, han sido rellenados mediante las ecuaciones de regresión con las estaciones Tarija AASANA, Tolomosa Grande y San Jacinto. En las estaciones Alizos, Cañas y Rincón Cañas, con sólo 5 años de información, se ha calculado la precipitación media anual mediante la CDA. La estación Padcaya situada en la subcuenca del río orosas, por su cercanía a las estaciones anteriores tiene un régimen similar; por esto, se ha correlacionado con Juntas y Chocloca.

Estación Y: Juntas.

Estación X	ecuac. de regresión	peso r	Años rellenados:					
			1968	1969	1970	1972	1974	1975
Tarija AASANA	$Y = -158.0 + 1.4752 \cdot X$	0.834	729	760	782	644	837	751
Tolomosa Grde.	$Y = 125.7 + 0.7388 \cdot X$	0.720	676	612	652	672	647	607
San Jacinto	$Y = 57.8 + 1.2153 \cdot X$	0.747	712	639	629	580	616	636
promedio ponderado			Y = 707	674	692	632	706	669

Estación Y: Chocloca.

			1968	1969	1975	
Tarija AASANA.	$Y = -148.2 + 1.2840 \cdot X$	0.727	623	650	643	
Tolomosa Grde.	$Y = 83.4 + 0.7990 \cdot X$	0.725	650	610	576	
San Jacinto.	$Y = 262.9 + 0.7058 \cdot X$	0.563	642	600	599	$t = 2.16 > 1.81 = t_{0.95}$
promedio ponderado			Y = 638	622	607	

Estación Y: Canchas Mayu.

			1968	1969	1974	1975
Tarija AASANA	$Y = -27.6 + 1.5488 \cdot X$	0.800	903	936	1016	926
Tolomosa Grde.	$Y = 180.0 + 0.9177 \cdot X$	0.804	864	785	828	778
San Jacinto	$Y = 130.7 + 1.4494 \cdot X$	0.797	910	824	796	821
promedio ponderado			Y = 892	848	830	842

Estación Y: Concepción.

Estación X	ecuac. de regresión	peso r	Años rellenados:		
			1968	1969	
Tarija AASANA	$Y = 1349.4 - 1.3433 \cdot X$	-0.645	542	514	$t = 2.23 > 1.90 = t_{0.95}$
Tolomosa Grde.	$Y = -175.0 + 0.8374 \cdot X$	0.725	449	377	
San Jacinto	$Y = 72.9 + 0.7584 \cdot X$	0.710	481	435	
promedio ponderado		$Y =$	488.7	439.3	
<u>1975</u>					
Tarija AASANA	$Y = -250.2 + 1.8537 \cdot X$	0.990	892		
Tolomosa Grde.	$Y = 85.8 + 1.2450 \cdot X$	0.942	898		
San Jacinto	$Y = 232.8 + 1.4683 \cdot X$	0.799	932		
promedio ponderado		$Y =$	905.4		

AJUSTE POR CURVA DOBLE ACUMULADA.

PPA = Promedio (Tarija AASANA y Juntas).

Estación: Chocloca.

Años: 1982 - 1973	$\text{tg } \alpha_1 = 1.01961$	$B_1 = 1$	
" 1973 - 1968	$\text{tg } \alpha_2 = 0.80737$	$B_2 = 1.26288$	(años 1972-68).

Estación: Canchas Mavú.

Años: 1982 - 1976	$\text{tg } \alpha_1 = 1.48642$	$B_1 = 1$	
" 1976 - 1972	$\text{tg } \alpha_2 = 1.23157$	$B_2 = 1.20693$	(años 1975-72).
" 1972 - 1968	$\text{tg } \alpha_3 = 1.17435$	$B_3 = 1.26573$	(años 1971-68)

Estación: Concepción.

Años: 1982 - 1977	$\text{tg } \alpha_1 = 0.75405$	$B_1 = 1$	
" 1977 - 1973	$\text{tg } \alpha_2 = 1.37710$	$B_2 = 0.54756$	(años 1976-73).
" 1973 - 1968	$\text{tg } \alpha_3 = 0.64453$	$B_3 = 1.16992$	(años 1972-68).

DETERMINACION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL DE ESTACIONES CON 5 AÑOS DE INFORMACION (1978-82) EN LA SUBCUENCA DEL RIO CAMACHO.

Se ha utilizado las fórmulas 2-VI y 2-VII, calculando el promedio de ambos valores para la precipitación media anual. Siendo,

$$\bar{X}_{15} = \sum_{1}^{15} PPA/15 = 10\ 125.6/15 = 675.0$$

$$\bar{X}_5 = \sum_{1}^5 PPA/5 = 3\ 470.1/5 = 694.1$$

$$\bar{V}_5 = (P_{82} + \dots + P_{78})/5$$

Estación Y	$\sum_{1}^5 P$	$\bar{V}_5$	$\bar{V}_{15}$ (2-VI)	$\Sigma Y = A + B \Sigma X$	$\bar{V}_{15}$ (2-VII)	Prom. $\bar{V}_{15}$
Alizos	4 480.9	976.2	949.5	82.0 + 1.3552 ΣX	926.7	938.0
Rincón Cañas	5 659.0	1 131.8	1 100.8	188.8 + 1.5982 ΣX	1 086.4	1 093.6

La estación Cañas tiene valores muy elevados los años 1982,81, por lo que se ha calculado su media anual utilizando sólo la tg de los años 1980 a 1977, de la manera siguiente:

Estación: Cañas

Años: 1982 - 1981 tg $\alpha_1 = 2.14795$ $B_1 = 0.62595$ (años 1981-82).

" 1981 - 1977 tg $\alpha_2 = 1.34452$ $B_2 = 1$

" 1976 - 1968 $\Sigma P = (\Sigma PPA_{68} - \Sigma PPA_{77}) * tg \alpha_2$

$\Sigma P = (10\ 125.6 - 4\ 176.9) * 1.34452$

$\Sigma P = 7\ 998.1$

Estación Y: Padcaya.

Estación X	ecuac. de regresión	peso r	1968
Chocloca	$Y = 367.5 + 0.4546 \cdot X$	0.542	657.6
Juntas	$Y = 324.6 + 0.4566 \cdot X$	0.552	647.4
promedio ponderado		Y=	652.5

$t=2.23 > 1.78 = t_{0.95}$
Id.

AJUSTE POR CURVA DOBLE ACUMULADA.

Estación: Padcaya.

Años: 1982 - 1972 $\text{tg } \alpha_1 = 0.99915$ $B_1 = 1$
 " 1972 - 1968 $\text{tg } \alpha_2 = 0.90154$ $B_2 = 1.10827$ (años 1971-68).

2.4.3.4 ZONA CENTRAL SUD.

Es la zona del río bajo Guadalquivir, donde se producen las precipitaciones más bajas de toda la cuenca y comprende a las estaciones Calamuchita, La Angostura y Colón Sud.

Estación Y: Calamuchita.

Estación X	ecuac. de regresión	peso r	Años rellenados:					
			1968	1969	1970	1973	1974	1975
Tarija AASANA	$Y = -0.89 + 0.6598 X$	0.888	396	410	419	413	444	406
San Jacinto	$Y = 99.1 + 0.4860 X$	0.700	361	331	327	343	322	330
San Lorenzo	$Y = 74.9 + 0.5858 X$	0.781	413	392	368	456	356	433
	promedio ponderado $Y =$		391	381	375	406	378	392

Las precipitaciones medias anuales de La Angostura, con 6 años de información (1977-82), y de Colón Sud, con 5 años (1978-82), se han obtenido mediante las fórmulas 2-VI y 2-VII, utilizando como estación X los PPA de Tarija AASANA y Calamuchita (1), y de Tarija AASANA Y Juntas (2).

$$\bar{Y}_k = \sum_{i=1}^k P/k \quad ; \quad k = 5 \text{ ó } 6$$

$$(1): \bar{X}_{15} = 7\,512.7/15 = 500.85 ; \bar{X}_6 = 3\,004.7/6 = 500.78 ; \bar{X}_5 = 2\,543.3/5 = 508.66$$

$$(2): \bar{X}_{15} = 10\,125.6/15 = 675.04 ; \bar{X}_5 = 3\,470.1/5 = 694.02$$

PPA	Estación Y	k	$\sum_{i=1}^k P$	$\bar{Y}_k$	$\bar{Y}_{15}$	$\Sigma Y = A + B \Sigma X$	$\bar{Y}_{15}$	Prom. $\bar{Y}_{15}$
(1)	La Angostura	6	1 983.4	330.6	330.6	$-170.8 + 0.7140 \Sigma X$	346.8	338.7
(1)	Colón Sud	5	2 065.4	413.1	406.7	$-266.5 + 0.9119 \Sigma X$	439.8	423.2
(2)	Colón Sud	5	2 065.4	413.1	401.8	$-196.9 + 0.6492 \Sigma X$	425.7	413.8
promedio Colón Sud						$\bar{Y}_{15} =$	418.5	

PRECIPITACIONES DOBLE ACUMULADAS

Cuadro 2 - 11

P37 : Tarija AASANA
P20 : Juntas
P12 : Chocloca

Grupo : Zona Central Sudoeste

P01 : Alizos
P : -
PPA : (Tarija AASANA, Juntas)

AÑO	PPA	Σ PPA	P37	Σ P37	P20	Σ P20	P12	Σ P12	P12	Σ P12	P01	Σ P01	Σ
1982	533.6	533.6	554.9	554.9	512.3	512.3	566.0	566.0			858.3	858.3	
1981	740.1	1273.7	726.0	1280.9	754.1	1266.4	653.3	1219.3			953.5	1811.8	
1980	784.8	2058.5	564.8	1845.7	1004.7	2271.1	875.7	2095.0			985.6	2797.4	
1979	684.1	2742.6	623.5	2469.2	744.6	3015.7	794.6	2889.6			923.8	3721.7	
1978	727.5	3470.1	696.8	3166.0	758.2	3773.9	797.3	3686.9			1159.7	4880.9	
1977	706.8	4176.9	566.9	3732.9	846.7	4620.6	605.4	4292.3					
1976	521.6	4698.5	500.1	4233.0	543.1	5163.7	492.3	4784.6					
1975	642.4	5340.9	615.7	4848.7	669.0*	5832.7	607.0*	5391.6					
1974	689.9	6030.8	673.8	5522.5	706.0*	6538.7	805.3	6196.9					
1973	714.3	6745.6	626.6	6149.1	803.0	7341.7	702.9	6899.8		6899.8			
1972	588.0	7333.6	544.0	6693.1	632.0*	7973.7	406.5	7306.3	513.5	7413.3			
1971	825.4	8159.0	689.7	7382.8	961.0	8934.7	660.7	7967.0	834.5	8247.8			
1970	664.5	8823.6	637.1	8019.9	692.0*	9626.7	436.2	8403.2	551.0	8798.8			
1969	647.8	9471.4	621.6	8641.5	674.0*	10300.7	622.0*	9025.2	785.5	9584.3			
1968	654.2	10125.6	601.3	9242.8	707.0*	11007.7	638.0*	9663.2	805.5	10389.8		14070.0	
Precipitación media $\bar{P}$			616.2		733.8		644.2	+7.53 %	692.7		938.0		
Desviación standard s	0		63.04		133.8		136.7		129.3				
Coef. de variación C_v			0.1023		0.1823		0.2123		0.1866				
Mediana M			621.6		707.0		638.0		702.9				
Media log P $\bar{y}$			2.78757		2.85893		2.79932		2.83311				
Desv. standard $s(y)$			0.04483		0.07895		0.09686		0.08400				
Varianza $s^2(y)$			0.00201		0.00623		0.00938		0.00706				
Coef. de asimetría C_s			0.0053		0.4298		-0.0798		-0.1764				
Coef. de curtosis C_c			2.2472		2.8943		2.2452		1.5256				
Coef. de asim. $C_s(y)$			-0.1858		-0.0371		-0.4830		-0.3197				
Coef. de curt. $C_c(y)$			2.3385		2.8171		2.4989		1.6328				

* Datos obtenidos mediante curva de regresión

PRECIPITACIONES DOBLE ACUMULADAS

Cuadro: 2 - 12

Grupo : Zona Central Sudoeste

PO6 : Canchas Mayu

P :

PO9 : Concepción

P :

P28 : Rincón Cañas

PPA : (Tarija AASANA, Juntas)

AÑO	PPA	Σ PPA	PO6	Σ PO6	PO6	Σ PO6	PO9	Σ PO9	PO9	Σ PO9	P28	Σ P28	P	Σ P
1982	533.6	533.6	886.4	886.4			799.7	799.7			953.9	953.9		
1981	740.1	1273.7	1279.0	2165.4			598.5	1398.2			1346.9	2300.8		
1980	784.8	2058.5	1006.2	3171.6			629.7	2027.9			1217.9	3518.7		
1979	684.1	2742.6	1025.8	4197.4			622.5	2650.4			1100.0	4618.7		
1978	727.5	3470.1	1157.3	5354.7			412.1	3062.5			1040.3	5659.0		
1977	706.8	4176.9	943.4	6298.1			455.8	3518.3						
1976	521.6	4698.5	779.1	7077.2		7077.2	683.5	4201.8	374.2	3892.5				
1975	642.4	5340.9	842.0*	7919.2	1016.0	8093.2	905.4*	5107.2	495.8	4388.3				
1974	689.9	6030.8	880.0*	8799.2	1062.0	9155.2	1019.0	6126.2	558.0	4946.3				
1973	714.2	6745.6	875.6	9674.8	1056.5	10211.7	885.0	7011.2	484.5	5430.9				
1972	588.0	7333.6	647.7	10322.5	781.5	10993.2	475.9	7487.1	556.8	5987.7				
1971	825.4	8159.0	720.8	11043.3	912.5	11905.7	400.0	7887.1	468.0	6455.7				
1970	664.6	8823.6	788.5	11831.8	998.0	12903.7	439.4	8326.5	514.1	6969.8				
1969	647.2	9471.4	848.0*	12679.2	1073.5	13977.2	439.3	8765.8	513.9	7483.7				
1968	654.2	10125.6	892.0*	13571.8	1129.0	15106.2	488.7	9254.5	571.7	8055.4		16404.0		
Precipitación media $\bar{P}$			904.8	+11.31 %	1007.1		617.0	-12.97 %	537.0		1093.6			
Desviación standard s			162.3		134.21		201.7		103.4					
Coef. de variación C_v			0.1793		0.1332		0.3269		0.1926					
Mediana M			880.0		1016.0		598.5		514.1					
Media log P $\bar{y}$			2.95032		2.99938		2.76987		2.72283					
Desv. standard $s(y)$			0.07546		0.05903		0.13584		0.08102					
Varianza $s^2(y)$			0.00569		0.00348		0.01845		0.00656					
Coef. de asimetría C_s			0.764		-0.009		0.680		0.834					
Coef. de curtosis C_c			3.309		2.791		2.158		3.968					
Coef. de asim. $C_s(y)$			0.311		-0.341		0.385		0.247					
Coef. de curt. $C_c(y)$			2.956		2.734		1.780		3.174					

* Datos obtenidos mediante curva de regresión

PRECIPITACIONES DOBLE ACUMULADAS

Cuadro: 2-13

Grupo: Zona Central Sud Oeste

P 07: Cañas
P 08: Colón Sud
P 24: Padcaya

P :
P :
PPA : (Tarija AASANA, Juntas)

AÑO	PPA	Σ PPA	P07	Σ P07	P07	Σ P07	P08	Σ P08	P24	Σ P24	P24	Σ P24	Σ
1982	533.6	533.6	1648.1	1648.1	1031.6	1031.6	163.2	163.2	588.7	588.7			
1981	740.1	1273.7	1589.7	3237.8	995.1	2026.7	442.4	605.6	732.0	1320.7			
1980	784.2	2058.5	1194.3	4422.1		3211.0	552.0	1157.6	714.4	2035.1			
1979	684.1	2742.6	880.5	5302.6		4031.5	408.6	1566.2	844.1	2879.2			
1978	727.5	3470.1	924.2	6226.8		5015.7	499.2	2065.4	651.8	3531.0			
1977	706.3	4176.9	958.0	7184.8		5973.7			638.8	4169.8			
1976	521.6	4698.5							425.0	4594.8			
1975	642.4	5340.9							654.3	5249.1			
1974	689.9	6030.8							748.8	5997.9			
1973	714.2	6745.6							791.0	6788.9			
1972	588.0	7333.6							594.0	7382.9		7382.9	
1971	825.4	8159.0							719.0	8101.9	797.0	8179.9	
1970	664.6	8823.6							688.9	8791.8	763.5	8943.4	
1969	647.8	9471.4							456.7	9247.5	506.0	9449.4	
1968	654.2	10125.6				13971.2		6277.5	652.5*	9900.0	723.0	10072.4	
Precipitación media $\bar{P}$					931.5		418.5		660.0	+2.76 %	678.2		
Desviación standard σ									112.8		114.2		
Coef. de variación C_v									0.1708		0.1693		
Mediana M									654.3		714.4		
Media log P $\bar{y}$									2.81292		2.82482		
Desv. standard $\sigma(y)$									0.08099		0.08033		
Varianza $\sigma^2(y)$									0.00656		0.00645		
Coef. de asimetría C_s									-0.624		-0.673		
Coef. de curtosis C_c									3.010		2.782		
Coef. de asim. $C_s(y)$									-1.030		-1.042		
Coef. de curt. $C_c(y)$									3.495		3.508		

* Datos obtenidos mediante curva de regresión

PRECIPITACIONES DOBLE ACUMULADAS

Cuadro: 2-14

Grupo: Central Sur

P37: Tarija AASANA

PO8: Colón Sud

PO3: Calamuchita

P:

P21: La Angostura

PPA: (Tarija AASANA, Calamuchita)

AÑO	PPA	Σ PPA	P37	Σ P37	PO3	Σ PO3	P21	Σ P21	PO8	Σ PO8	Σ	Σ
1982	434.8	434.8	554.9	554.9	314.6	314.6	175.0	175.0	163.2	163.2		
1981	603.1	1037.9	726.0	1280.9	480.2	794.8	335.2	510.2	442.4	605.6		
1980	467.0	1504.9	564.8	1845.7	369.1	1163.9	420.5	930.7	552.0	1157.6		
1979	530.5	2035.4	623.5	2469.2	437.5	1601.4	336.2	1266.9	408.6	1566.2		
1978	507.9	2543.3	696.8	3166.0	319.0	1920.4	382.9	1649.8	499.2	2065.4		
1977	461.4	3004.7	566.9	3732.9	355.8	2276.2	333.6	1983.4				
1976	432.7	3437.4	500.1	4233.0	365.3	2641.5						
1975	503.8	3941.2	615.7	4848.7	392.0*	3033.5						
1974	525.9	4467.1	673.8	5522.5	378.0*	3411.5						
1973	516.3	4983.4	626.6	6149.1	406.0*	3817.5						
1972	453.4	5436.8	544.0	6693.1	362.9	4180.4						
1971	572.4	6009.2	689.7	7382.8	455.1	4635.5						
1970	506.0	6515.2	637.1	8019.9	375.0*	5010.5						
1969	501.3	7016.5	621.6	8641.5	381.0*	5391.5						
1968	496.2	7512.7	601.3	9242.8	391.0*	5782.5	5080.5		6227.5			
Precipitación media $\bar{P}$			616.2		385.5		338.7		418.5			
Desviación standard s			63.04		45.29							
Coef. de variación C_v			0.1023		0.1175							
Mediana M			621.6		378.0							
Media log P $\bar{y}$			2.78757		2.58329							
Desv. standard $s(y)$			0.04483		0.05029							
Varianza $s^2(y)$			0.00201		0.00253							
Coef. de asimetría C_s					0.504							
Coef. de curtosis C_c					2.865							
Coef. de asim. $C_s(y)$					0.224							
Coef. de curt. $C_c(y)$					2.761							

* Datos obtenidos mediante curva de regresión

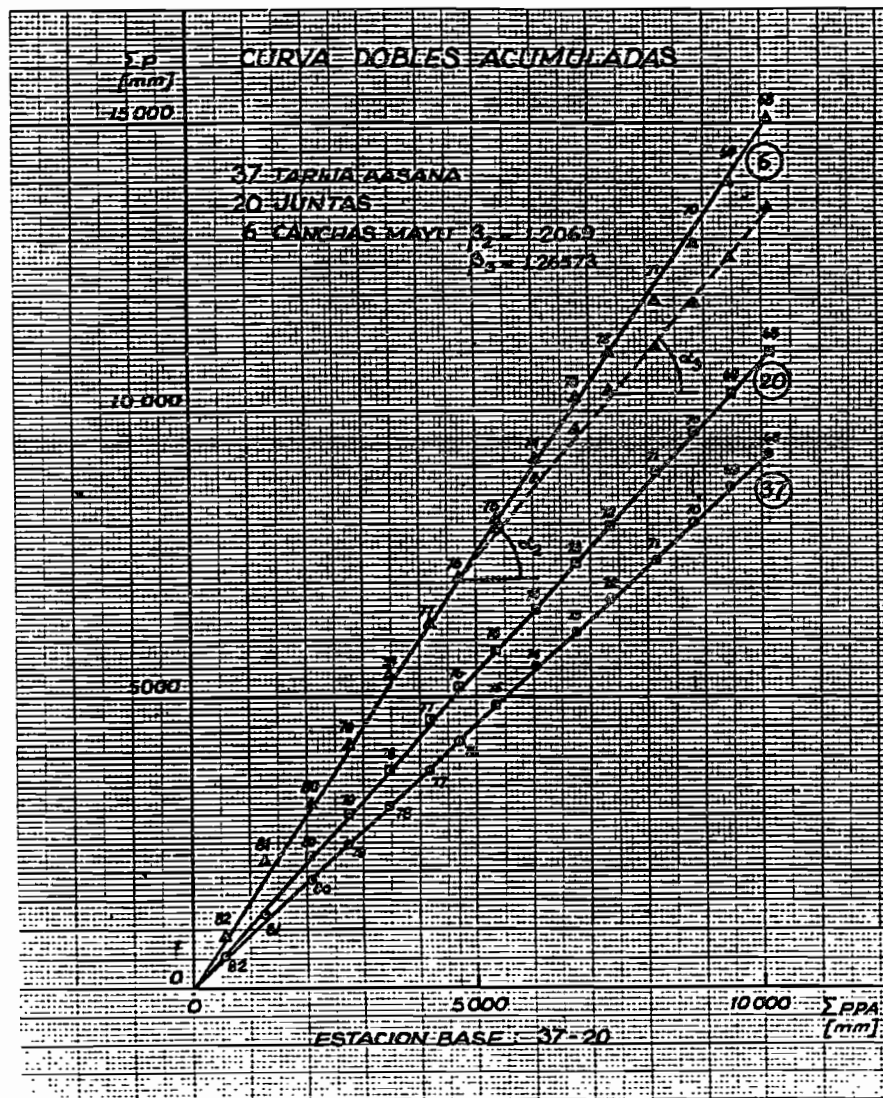


Fig. 2-13

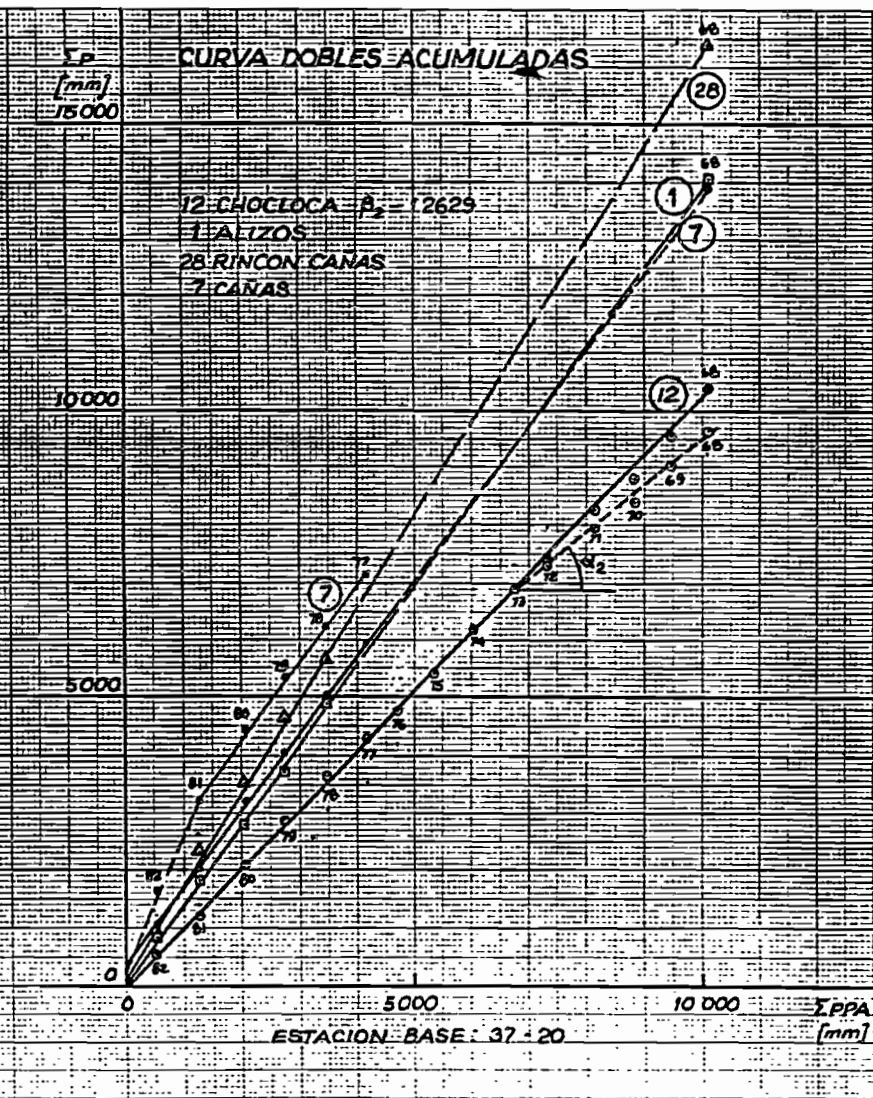


Fig. 2-14

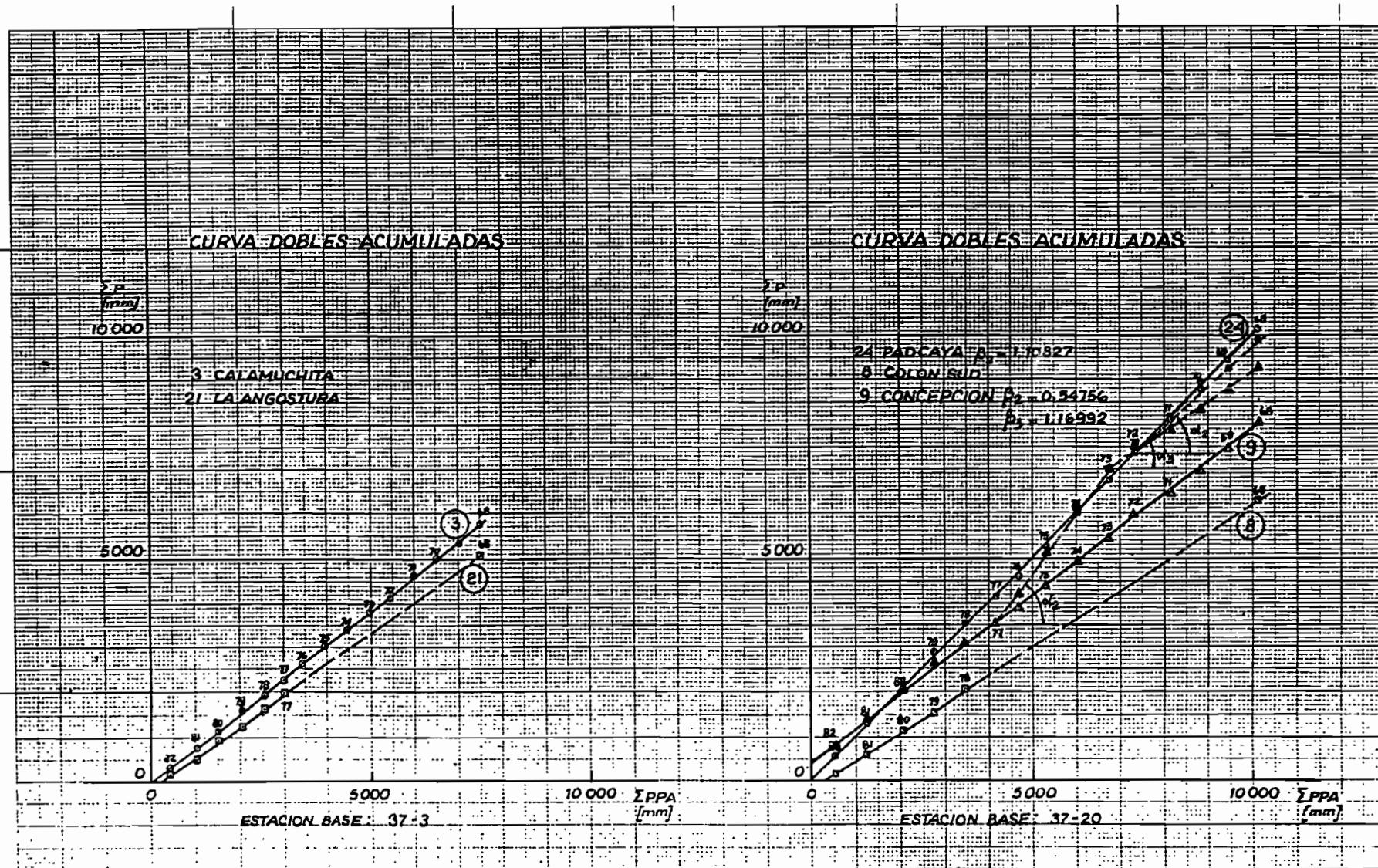


Fig. 2-15

Fig. 2-16

2.4.3.5 ZONA SUR.

Comprende a las estaciones Emborozú, Guandacay, Río Conchas, El Salado, Bermejo, Fortín Campero, y Orán Meteorológica de Argentina, al sur de Juntas de San Antonio.

Estación Y: Bermejo.

Estación X	ecuac.de regresión	peso r	Años rellenados: 1973
Orán meteorol.	$Y = 315.7 + 0.8590 X$	0.794	1028*

* calculado con formula 2-V.

Estación Y: Fortín Campero.

			1968	1969	1973	1974	1975
Bermejo	$Y = 281.0 + 0.6761 X$	0.966	1011.9	933.2	976.1	1078.5	866.6
Orán meteorol.	$Y = 730.7 + 0.3833 X$	0.934	1082.8	1057.8	989.9	1080.1	1052.1
promedio ponderado Y=			1046.8	994.4	982.9	1079.3	957.8

Estación Y: Orán meteorológica.

			1972
Bermejo	$Y = -96.9 + 0.9247 X$	0.794	946.0*
Fortín Campero	$Y = 174.9 + 0.8750 X$	0.738	927.4
promedio ponderado Y:			937.0

* calculado con fórmula 2-V.

Estación Y: El Salado.

			1968	1969	1970		
Bermejo	$Y = 281.6 + 0.9414 X$	0.638	1299	1190	1319	$t=1.85>1.48=t_{0.90}$	
Fortín Campero	$Y = 225.1 + 1.1454 X$	0.624	1424	1364	1471	$t=1.60>1.53=t_{0.90}$	
promedio ponderado Y:			1360.8	1276	1394.2		
			1971	1972	1973	1974	1975
			1312	1145	1249	1392	1096
			1365	1210	1359	1461	1322
promedio ponderado Y=			1338.2	1177.1	1303.4	1426.1	1207.7

Estación Y: Guandacay.

Se presenta una inversión de los valores de precipitación los años 1977-78, como se muestra, adelante, en la comparación con las estaciones cercanas. Por esto, no se ha tomado en cuenta estos años en las ecuaciones de regresión, y además, se han invertido estos datos para el ajuste por CDA.

Año	Guandacay	Orán meteor.	Ftn. Campero	Bermejo	El Salado	Emborozú
1976	754	788	999	938	960	2 019
1977	792	1 374	1 249	1 438	1 718	2 448
1978	1 373	884	710	677	1 168	1 660

Estación X	ecuac. de regresión	peso r	Años rellenados:				
			1968	1969	1973	1974	1975
Bermejo	$Y = -169.7 + 1.2482 X$	0.817	1180	1035	1113	1303	911
Fortín Campero	$Y = -131.4 + 1.2592 X$	0.715	1187	1121	1115	1228	1075
	promedio ponderado Y:		1183.2	1075	1114	1268	987.5

Estación Y: Emborozú.

			1968	1969	1970	1971	1972
Bermejo	$Y = 1095.9 + 0.9617 X$	0.936	2135	2023	2156	2149	1977
Fortín Campero	$Y = 990.9 + 1.0850 X$	0.877	2127	2070	2172	2070	1924
Guandacay	$Y = 1153.3 + 0.7376 X$	0.872	2240	2141	2192	2000	2032
	promedio ponderado Y:		2166	2076.6	2173	2074.8	1977.6
			1973	1974	1975		
			2084	2230	1929		
			2065	2162	2030		
			2177	2318	2060		
			2108	2236.4	2004.5		

Estación Y: Río Conchas.

Tiene 5 años de información, por lo cual se ha utilizado las fórmulas 2-VI y 2-VII, para la determinación de su precipitación media anual, con las estaciones X: Bermejo, Fortín Campero y Guandacay. ajustadas por CDA.

Estación X	$\frac{\bar{x}_{15}}{\bar{x}_5}$	ΣY_5	$\bar{Y}_5$	$\bar{Y}_{15}$ 2-VI	$\Sigma Y = A + B \Sigma X$	$\bar{Y}_{15}$ 2-VII	Prom. $\bar{Y}_{15}$
Bermejo	0.96398	6830.6	1366.1	1316.9	-37.0 + 1.1873 XX	1295.1	1306.0
Ftn. Campero	0.95417	6830.6	1366.1	1303.5	270.0 + 1.1491 XX	1240.9	1272.2
Guandacay	0.95261	6830.6	1366.1	1301.4	60.0 + 0.9167 XX	1274.6	1288.0
					promedio Río Conchas	$\bar{Y}_{15} = 1288.7$	

AJUSTE POR CURVA DOBLE ACUMULADA

PPA = Bermejo.

Estación: Orán meteorológica.

Años: 1982 - 1975 $\text{tg } \alpha_1 = 0.94067$ $B_1 = 1$
 " 1975 - 1968 $\text{tg } \alpha_2 = 0.79053$ $B_2 = 1.18992$ (años 1974-68).

Estación: Guandacay.

Años: 1982 - 1979 $\text{tg } \alpha_1 = 1.27517^*$ $B_1 = 1$
 " 1979 - 1968 $\text{tg } \alpha_2 = 1.02377$ $B_2 = 1.24556$ (años 1978-68).

* se adopto como $\text{tg } \alpha_1$ por ser el tramo con un coeficiente de correlación mayor en la regresión de los valores puntuales.

2.4.3.6 ZONA ESTE.

Se ha visto conveniente designar a esta zona como el área que encierra a las estaciones Entre Ríos, Itau, Chiquiaca, Salinas, La Cueva y Tariquía.

Estación Y: Entre Ríos.

Tiene un registro de 12 años completos; de éstos, los años 1968, 69 y 70 han sido registrados por la Corporación Boliviana de Fomento, CBF. Se ha rellenado los años 1973 y 74, mediante las ecuaciones de regresión con las estaciones Tolomosa Grande y Bermejo, equidistantes de la estación en estudio, que presentan una precipitación similar, sin tomar en cuenta las condiciones exigidas de similitud de altitud y distancia.

En el gráfico de CDA, con las estaciones citadas como PPA, se observa un quiebre de la tendencia el año 1976. Sin embargo, se ha mantenido ese dato sin

PRECIPITACIONES DOBLE ACUMULADAS

Cuadro: 2-15

Grupo: Zona Sur

P 16: Fortín Campero
P 60: Orán meteorológica
P 13: El Salado

P :
P :
PPA: Berrejo

AÑO	PPA	Σ PPA	P16	Σ P16	P60	Σ P60	P60	Σ P60	P13	Σ P13	Σ	Σ
1982	1381.5	1381.5	1208.0	1208.0	1074.6	1074.6			1417.1	1417.1		
1981	1288.9	2670.4	1149.6	2357.6	1172.8	2247.4			1956.5	3373.6		
1980	1093.7	3764.1	1004.1	3761.7	1102.0	3349.4			863.9	4237.5		
1979	1166.5	4930.6	1033.7	4795.4	866.0	4215.4			1404.0	5641.5		
1978	677.3	5607.9	709.9	5505.3	884.0	5099.4			1168.9	6810.4		
1977	1438.2	7046.1	1249.9	6755.2	1374.2	6473.6			1718.4	8528.8		
1976	938.3	7984.4	999.0	7754.2	788.5	7262.1			960.3	9489.1		
1975	866.1	8850.5	957.8	8712.0	838.4	8100.5		8100.5	1207.7*	10696.8		
1974	1179.5	10030.0	1079.3*	9791.3	911.5	9012.0	1084.6	9185.1	1426.1*	12122.9		
1973	1028.0*	11058.0	982.9*	10774.2	676.2	9688.2	804.6	9989.7	1303.4*	13426.3		
1972	916.7	11974.7	860.1	11634.3	937.0*	10625.23	1115.0	11104.7	1177.1*	14603.4		
1971	1095.4	13070.1	995.1	12629.4	655.1	11280.3	779.5	11884.2	1338.2*	15941.6		
1970	1102.0	14172.1	1088.4	13717.8	872.4	12152.7	1038.1	12922.3	1394.2*	17335.8		
1969	964.6	15136.7	994.4*	14712.2	853.2	13005.9	1015.2	13937.5	1276.0*	18611.8		
1968	1081.0	16217.7	1046.8*	15759.0	918.6	13924.5	1093.1	15030.6	1360.8*	19972.6		
Precipitación media $\bar{P}$	1081.2		1050.6		928.3		1002.0		1331.5			
Desviación standard s	198.53		163.94		187.3		170.21		266.27			
Coef. de variación C_v	0.1836		0.1560		0.2018		0.1699		0.1999			
Mediana M	1093.7		1033.7		884.0		1038.1		1338.2			
Media log P	3.03383		3.01637		2.95985		2.99509		3.11630			
Desv. standard $s(y)$	0.08313		0.06938		0.08467		0.07340		0.08686			
Varianza $s^2(y)$	0.00691		0.00481		0.00717		0.00539		0.00754			
Coef. de asimetría C_s	-0.0169		0.1506		0.797		0.3556		0.551			
Coef. de curtosis C_c	2.782		3.477		3.396		2.530		3.707			
Coef. de asim. $C_e(y)$	-0.550		-0.437		0.293		0.064		-0.142			
Coef. de curt. $C_c(y)$	3.337		3.801		2.504		2.064		3.395			

* Datos obtenidos mediante curva de regresión

PRECIPITACIONES DOBLE ACUMULADAS

Cuadro: 2-16

Grupo: Zona Sur

P17: Guanacay
P14: Emborozú
P30: Río Conchas

P:
P:
PPA: Bermejo

AÑO	PPA	Σ PPA	P17	Σ P17	P17	Σ P17	P14	Σ P14	P30	Σ P30	Σ	Σ
1982	1381.5	1381.5	1702.4	1702.4			2299.7	2299.7	1651.4	1651.4		
1981	1288.9	2670.4	1638.8	3341.2			2409.7	4709.4	1501.0	3152.4		
1980	1093.7	3764.1	1415.9	4757.1			2308.5	7017.9	1220.9	4373.3		
1979	1166.5	4930.6	1471.0	6228.1		6228.1	2203.9	9221.8	1226.2	5599.5		
1978	677.3	5607.9	792.4	7020.5	987.9	7216.0	1660.2	10882.0	1231.1	6830.6		
1977	1438.2	7046.1	1372.9	8393.4	1710.0	8926.0	2447.8	13329.8				
1976	938.3	7984.4	754.0	9147.9	939.2	9865.2	2019.2	15349.0				
1975	666.1	8650.5	987.5*	10134.9	1230.0	11095.2	2004.5*	17353.5				
1974	1179.5	10030.0	1268.0*	11402.9	1579.4	12674.6	2236.4*	19589.9				
1973	1028.0*	11058.0	1114.0*	12516.9	1387.6	14062.2	2108.0*	21697.9				
1972	916.7	11974.7	956.9	13473.8	1191.9	15254.1	1977.6*	23675.5				
1971	1095.4	13070.1	921.4	14395.2	1147.7	16401.8	2074.8	25750.3				
1970	1102.0	14172.1	1130.1	15525.3	1407.6	17809.4	2173.0*	27923.3				
1969	964.6	15136.7	1075.0*	16600.3	1339.0	19148.4	2076.6*	29999.9				
1968	1081.0	16217.7	1183.2*	17783.5	1473.7	20622.1	2166.0*	32165.9		19330.5		
Precipitación media $\bar{P}$			1185.6		1374.8		2144.4		1288.7			
Desviación standard s	289.27		289.27		239.03		195.50					
Coef. de variación C_v	0.2440		0.2440		0.1739		0.0911					
Mediana $\bar{M}$	1130.1		1130.1		1407.6		2166.0					
Media log P $\bar{y}$	3.06171		3.06171		3.13165		3.32953					
Desv. standard $s(y)$	0.10725		0.10725		0.07969		0.04130					
Varianza $s^2(y)$	0.01150		0.01150		0.00635		0.00171					
Coef. de asimetría C_s	0.263		-0.323		-0.670							
Coef. de curtosis C_c	2.100		2.194		3.732							
Coef. de asim. $C_s(y)$	-0.091		-0.613		-0.996							
Coef. de curt. $C_c(y)$	2.085		2.472		4.412							

* Datos obtenidos mediante curva de regresión

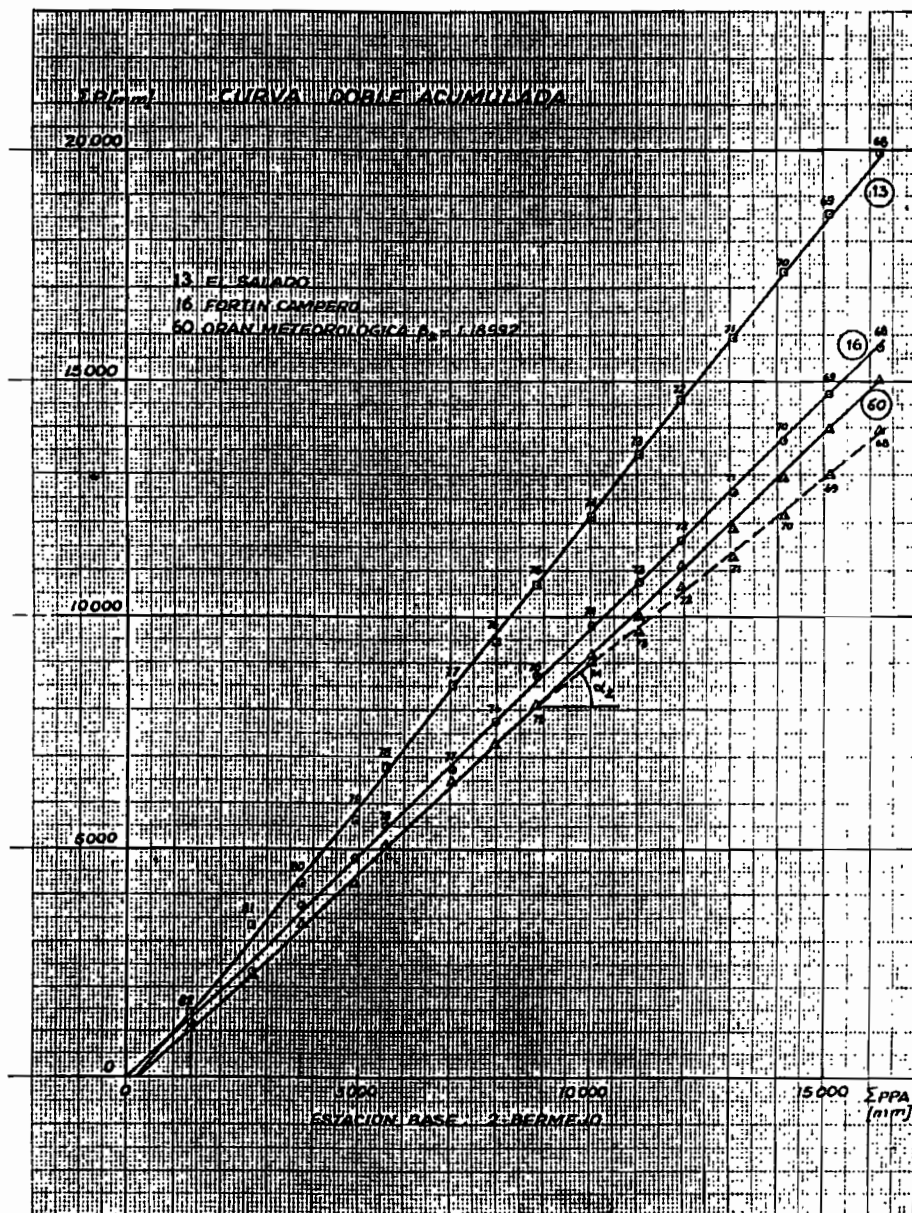


Fig. 2-17

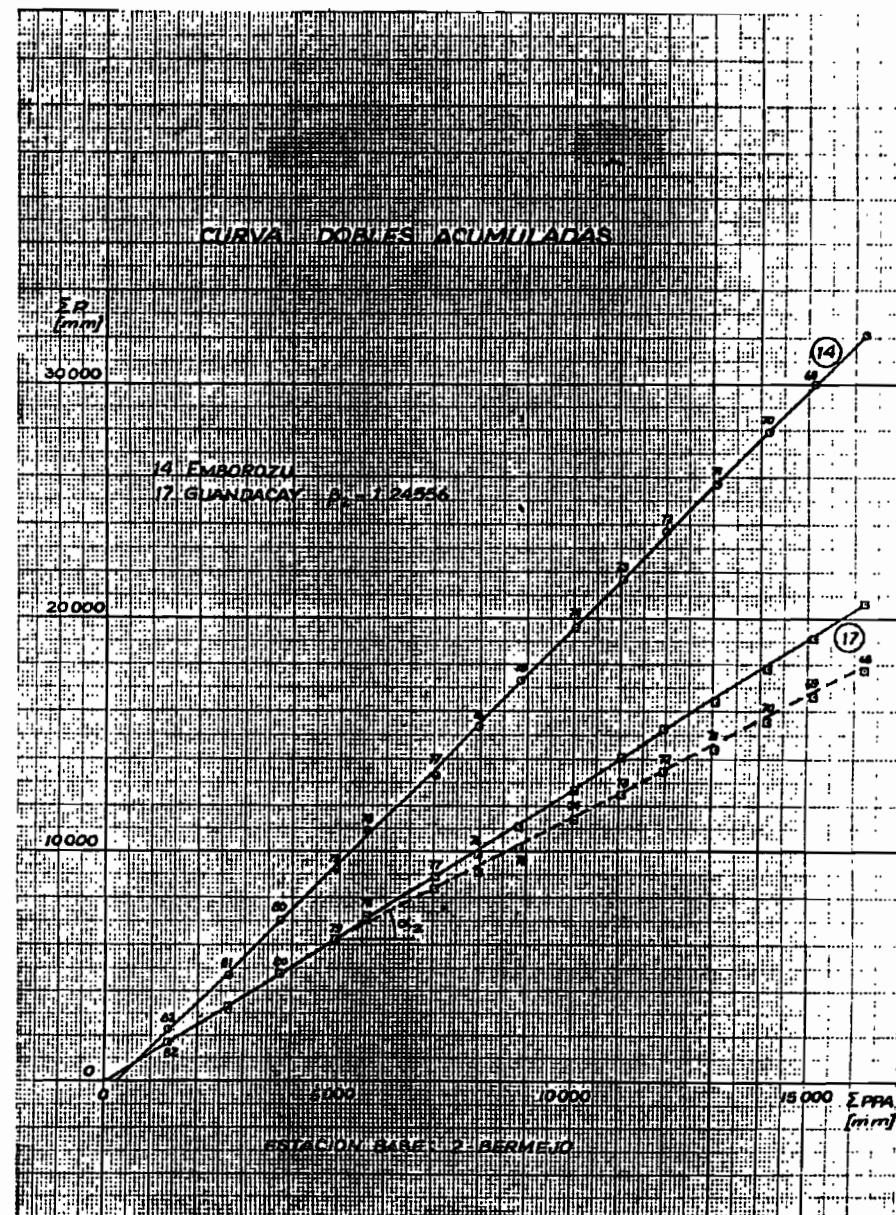


Fig. 2-18

efectuar el ajuste, considerando a Entre Ríos con sus datos originales como estación Base, para la verificación por CDA de las demás estaciones de esta zona.

Estación X	ecuac. de regres.	peso r	Años rellenados:	
			1973	1974
Tolomosa G.	$Y = -665.9 + 2.0242 \cdot X$	0.858	1315.0*	1122.0*
Bermejo	$Y = -393.1 + 1.2880 \cdot X$	0.653	1221.4*	1126.2
promedio ponderado			Y = 1274.5	1123.8

$$t = 2.58 > 1.83 = t_{0.95}$$

* calculado con fórmula 2-V.

Estación Y: Itau.

Para el relleno se utilizó los datos de las estaciones Entre Ríos y Yacuibá; esta última, por tener un registro completo y precipitación similar a Itau.

			1968	1969	1970	1971	1972	1973
Entre Ríos	$Y = -137.4 + 0.9179 \cdot X$	0.700	763.9	429.8	714.3	458.8	451.2	1032.4
Yacuiba	$Y = 253.6 + 0.5631 \cdot X$	0.854	709.1	685.9	776.2	780.3	694.7	886.9
promedio ponderado			Y = 733.8	570.5	748.3	635.5	585.0	952.9

Estación Y: Salinas.

			1968	1969	1970	1971	1972	1973
Entre Ríos	$Y = 387.6 + 0.9015 \cdot X$	0.709	1272.8	944.7	1224.2	973.1	965.7	1536.6
Itau	$Y = 300.5 + 1.0564 \cdot X$ *	0.808	1134.3	948.8	1150.8	1022.7	965.2	1382.8
promedio ponderado			Y = 1199.0	946.9	1185.1	999.5	965.4	1454.7

* se efectuó la correlación con los datos ajustados por CDA.

Estación Y: La Cueva.

			1968	1969	1971	1974	1975	1976
Salinas	$Y = 534.7 + 0.3105 \cdot X$	0.988	907.0	828.7	845.2	1069.7	955.1	950.7
Entre Ríos	$Y = 720.7 + 0.2080 \cdot X$	0.867	925.0	849.3	856.0	954.6	883.2	963.7
promedio ponderado			Y = 915.4	838.3	850.2	1015.9	921.5	956.8
			1979	1980	1981	1982		
			1149.8	994.2	1103.5	1099.2		
			970.0	980.1	1052.4	968.3		
promedio ponderado			Y = 1065.8	987.6	1079.6	1038.0		

Estación Y: Chiquiaca.

Estación X	ecuac. de regres.	peso r	Años rellenados:					
			1968	1969	1974	1975	1976	1977
Entre Ríos	Y= 470.6 + 0.6215 X	0.746	1081	855	1169	956	1196	1303
La Cueva	Y= 99.2 + 1.0460 X	0.900	1056	976	1162	1064	1369	1387
	promedio ponderado	Y=	1067.3	921.2	1165.7	1015.1	1290.6	1226.5
			1978	1979	1980	1981	1982	
			1093	1215	1246	1461	1210	
			1407	1514	1411	1532	1478	
	promedio ponderado	Y=	1096.8	1378.5	1336.2	1499.8	1356.5	

Estación: Tariquí.

			1968	1969	1970	1971	1972	1973
Entre Ríos	$Y = 387.0 + 1.0804 X$	0.787	1448	1055	1390	1089	1080	1765
Salinas	$Y = 706.1 + 0.5200 X$	0.898	1330	1199	1322	1226	1208	1463
Guandacay	$Y = 2635.4 - 0.6117 X$	-0.842	1734	1816	1774	1933	1906	1786
Emborozú	$Y = 3406.7 - 0.7476 X$	-0.640	1787	1855	1782	1855	1928	1831
	promedio ponderado	Y=	1559.1	1459.8	1552.0	1507.0	1507.3	1698.3
			1974	1975	1976	1977		
			1601	1231	1649	1834		
			1602	1410	1403	1461		
			1670	1883	2061	1589		
			1735	1909	1897	1577		
	promedio ponderado	Y=	1646.7	1592.1	1738.9	1611.2		

AJUSTE POR CURVA DOBLE ACUMULADA

PPA = Entre Ríos.

Estación: Itau.

Años:	1982 - 1978	$\text{tg } \alpha_1 = 0.90964$	$\beta_1 = 1$	
"	1978 - 1975	$\text{tg } \alpha_2 = 0.59124$	$\beta_2 = 1.53853$	(años 1977-75)
"	1975 - 1968	$\text{tg } \alpha_3 = 0.83112$	$\beta_3 = 1.09447$	(años 1974-68)

Estación: Salinas.

Años:	1982 - 1978	$\text{tg } \alpha_1 = 1.33958$	$B_1 = 1$	
"	1978 - 1975	$\text{tg } \alpha_2 = 0.97224$	$B_2 = 1.37783$	(años 1977-75)
"	1975 - 1968	$\text{tg } \alpha_3 = 1.30417$	$B_3 = 1.02154$	(no se ajustó)

Estación: La Cueva

Para el ajuste por CDA se ha utilizado la tg del tramo que en la correlación de datos anuales con el PPA da un mayor coeficiente de correlación r .

Años:	1982 - 1976	$\text{tg } \alpha_1 = 0.81766$	$B_1 = 1.26922$	(años 1976-82)	$r = 0.499$
"	1976 - 1968	$\text{tg } \alpha_2 = 1.03779$	$B_2 = 1$		$r = 0.881$

Estación: Chiquiaca.

Años:	1982 - 1973	$\text{tg } \alpha_1 = 1.05361$	$B_1 = 1$	
"	1973 - 1968	$\text{tg } \alpha_2 = 1.37901$	$B_2 = 0.76403$	(años 1972-68)

Estación: Tariquía.

Años:	1981 - 1976	$\text{tg } \alpha_1 = 1.39997$	$B_1 = 1$	
"	1973 - 1968	$\text{tg } \alpha_2 = 1.98348$	$B_2 = 0.70582$	(años 1972-68)

2.4.4 EVALUACION DE LA PRECIPITACION ESPACIAL.

En la determinación de la precipitación espacial se ha utilizado el Método de Isoyetas, el cual es el recomendado para América del Sur por la GMBH.

- Permite estimar la variación de la precipitación en el espacio, mediante el trazado de líneas de igual precipitación.
- Permite el cálculo y trazado de isolíneas de Evapotranspiración Real apoyándose en el mapa de isotermas.
- Permite evaluar la precipitación caída sobre una cuenca, y compararla con la esorrentía registrada a su salida.

A efecto de comparación se ha determinado también, la precipitación es-

PRECIPITACIONES DOBLE ACUMULADAS

Cuadro: 2-17

P11 : Chiquiaca
P18 : Itau
P39 : Tariquía

Grupo : Zona Este

P :
P :
PPA : Bermejo

AÑO	PPA	Σ PPA	P11	Σ P11	P11	Σ P11	P18	Σ P18	P18	Σ P18	P39	Σ P39	P39	Σ P39
11982	1190.5	1190.5	1356.5*	1356.5			1145.2	1145.2			1574.1	1574.1		
11981	1594.4	2784.9	1499.8*	2856.3			1440.8	2586.0			1642.3	3216.4		
1980	1246.8	4031.7	1336.2*	4192.5			1110.7	3696.7			1712.0	4928.4		
1979	1197.9	5229.6	1378.5*	5571.0			1107.4	4804.1			1804.1	6732.5		
1978	1000.9	6230.5	1096.8*	6667.8			932.3	5736.4		5736.4	1467.1	8199.6		
1977	1338.6	7569.1	1226.5*	7894.3			853.1	6589.5	1312.5	7048.9	1611.2*	9810.8		
1976	1168.4	8737.5	1290.6*	9184.9			506.1	7095.6	778.8	7827.6	1738.9*	11549.7		
1975	780.7	9518.2	1015.1*	10200.0			584.3	7679.9	899.0	8726.6	1592.1*	13141.8		
1974	1123.8	10642.0	1165.7*	11365.7			851.6	8531.5	932.1	9658.7	1646.7*	14788.5		
1973	1274.5*	11916.5	1054.0	12419.7		12419.7	952.4	9483.9	1042.4	10701.1	1698.3*	16486.8		16486.8
1972	641.3	12557.8	978.0	13397.7	747.2	13166.9	585.0*	10068.9	640.3	11341.3	1507.3*	17994.1	1063.9	17550.7
1971	649.5	13207.3	1027.5	14425.2	785.0	13951.9	635.9*	10704.4	695.5	12036.9	1507.0*	19501.11	1063.7	18614.4
1970	928.0	14135.3	1224.7	15649.9	935.7	14887.6	748.3*	11452.7	819.0	12855.9	1552.0*	21053.1	1095.4	19709.8
1969	618.0	14753.3	921.2*	16571.1*	703.8	15591.4	570.5*	12023.2	624.4	13480.3	1459.8*	22512.9	1030.3	20740.1
1968	981.9	15735.2	1067.3*	17638.4	815.4	16406.8	733.8*	12757.0	803.1	14283.4	1559.1*	24072.0	1100.4	21840.5
Precipitación media $\bar{E}$	1049.0		1175.9	-6.98 %	1093.8		850.5	+11.96 %	952.2		1604.8	-9.27 %	1456.0	
Desviación standard s	285.2		170.57		255.37		266.6		240.2		102.18		292.59	
Coef. de variación C_v	0.2718		0.1451		0.2335		0.3134		0.2522		0.0637		0.2010	
Mediana M	1123.8		1165.7		1096.8		851.6		932.1		1592.1		1592.1	
Media log P $\bar{y}$	3.00440		3.06614		3.02717		2.91027		2.96599		3.20461		3.15417	
Desv. standard $s(y)$	0.12672		0.06267		0.10640		0.13394		0.10895		0.02746		0.09365	
Varianza $s^2(y)$	0.01606		0.00393		0.01132		0.01794		0.01187		0.00075		0.00877	
Coef. de asimetría C_s	-0.0611		0.280		-0.105		0.604		0.456		0.326		-0.510	
Coef. de curtosis C_c	2.243		1.980		1.748	9	2.588		2.383		2.184		1.520	
Coef. de asim. $C_s(y)$	-0.486		0.096		-0.354		0.134		0.050		0.229		-0.578	
Coef. de curt. $C_c(y)$	2.113		1.880		1.810		1.981		2.093		2.110		1.530	

* Datos obtenidos mediante curva de regresión

PRECIPITACIONES DOBLE ACUMULADAS

Cuadros: 2-18

Grupo: Zona Este

P22: La Cueva

P31: Salinas

P:

P:

P:

PPA: Entre Rios

AÑO	PPA	Σ PPA	P22	Σ P22	P22	Σ P22	P31	Σ P31	P31	Σ P31	Σ	Σ
1982	1190.5	1190.5	1038.0*	1038.0	1317.5	1317.5	1818.3	1818.3				
1981	1594.4	2784.9	1079.6*	2117.6	1370.2	2687.7	1831.5	3649.8				
1980	1246.8	4031.7	987.6*	3105.2	1253.5	3941.2	1479.5	5129.3				
1979	1197.9	5229.6	1065.8*	4171.0	1352.7	5293.9	1981.1	7110.0				
1978	1000.9	6230.5	984.5	5155.5	1249.5	6543.4	1412.2	8522.6		8522.6		
1977	1338.6	7569.1	970.0	6125.5	1231.1	7774.5	1143.8	9666.4	1576.0	10098.6		
1976	1168.4	8737.5	956.8*	7082.3	1214.4	8988.9	1055.4	10721.8	1454.2	11522.8		
1975	780.7	9518.2	921.5*	8003.8		9910.4	1066.5	11788.3	1469.5	13022.3		
1974	1123.8*	10642.0	1015.9*	9019.7		10926.3	1357.0	13145.3		14379.3		
1973	1274.5*	11916.5	994.5	10014.2		11920.8	1454.7*	14600.0		15834.0		
1972	641.3	12557.8	836.0	10850.2		12756.8	965.4*	15565.4		16799.4		
1971	649.5	13207.3	850.2*	11700.4		13607.0	999.5*	16564.9		17798.9		
1970	928.0	14135.3	898.3	12598.7		14505.3	1185.1*	17750.0		18984.0		
1969	618.0	14753.3	838.3*	13437.0		15343.6	946.9*	18696.9		19930.9		
1968	981.9	15735.2	915.4*	14352.4		16259.9	1199.0*	19895.9		21129.9		
Precipitación media $\bar{P}$			956.8	+13.28 %	1083.9		1326.4	+6.20 %	1408.7			
Desviación standard s			78.71		203.87		334.41		314.98			
Coef. de variación C_v			0.0823		0.1881		0.2521		0.2236			
Mediana M			970.0		1015.9		1199.0		1454.2			
Media log P			2.97944		3.02776		3.11052		3.13836			
Desv. standard $s(y)$			0.03611		0.08229		0.10491		0.09958			
Varianza $s^2(y)$			0.00130		0.00677		0.01101		0.00992			
Coef. de asimetría C_s			-0.146		0.097		0.692		0.149			
Coef. de curtosis C_c			1.960		1.348		2.259		2.215			
Coef. de asim. $C_a(y)$			-0.257		0.004		0.418		-0.227			
Coef. de curt. $C_c(y)$			1.972		1.340		1.960		2.139			

* Datos obtenidos mediante curva de regresión

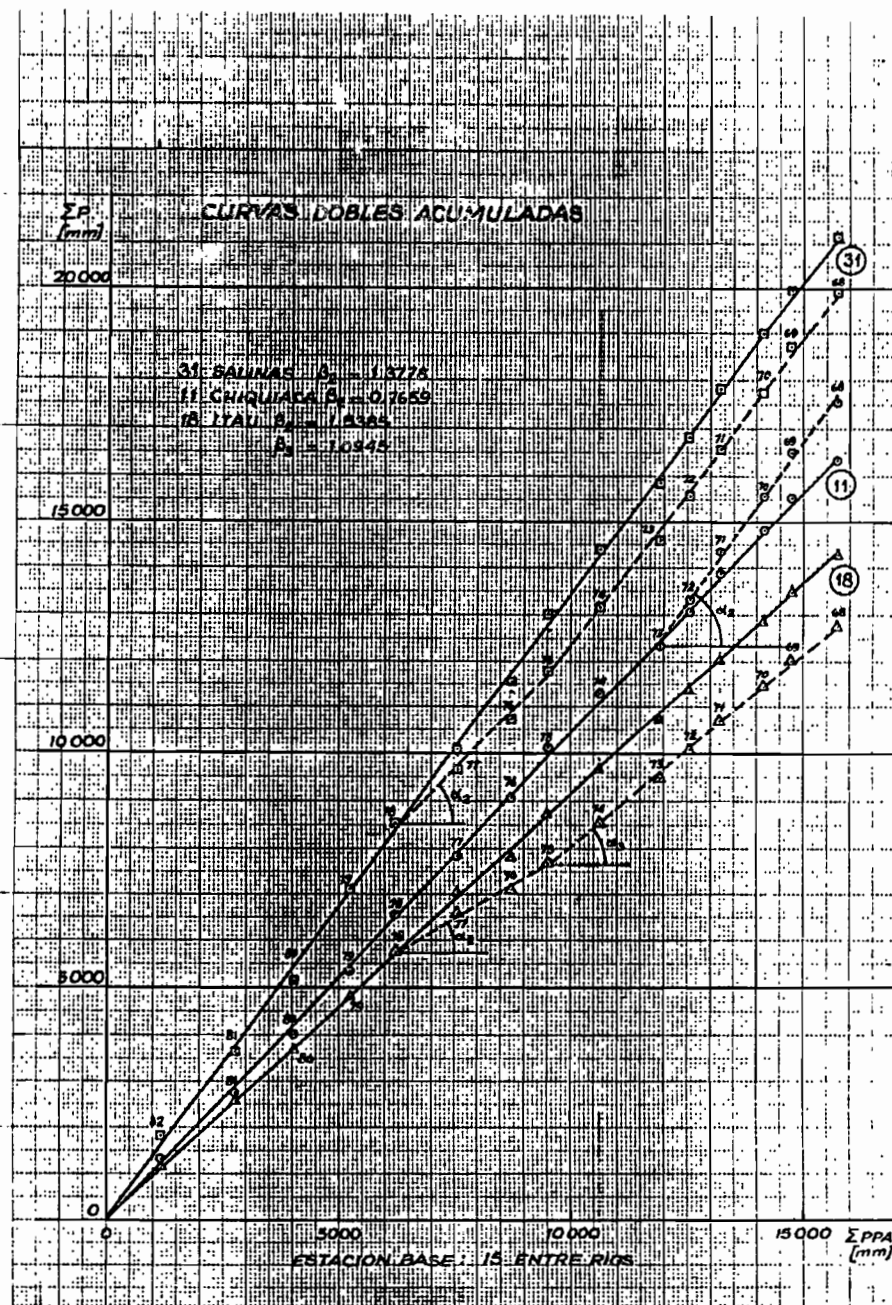


Fig. 2-19

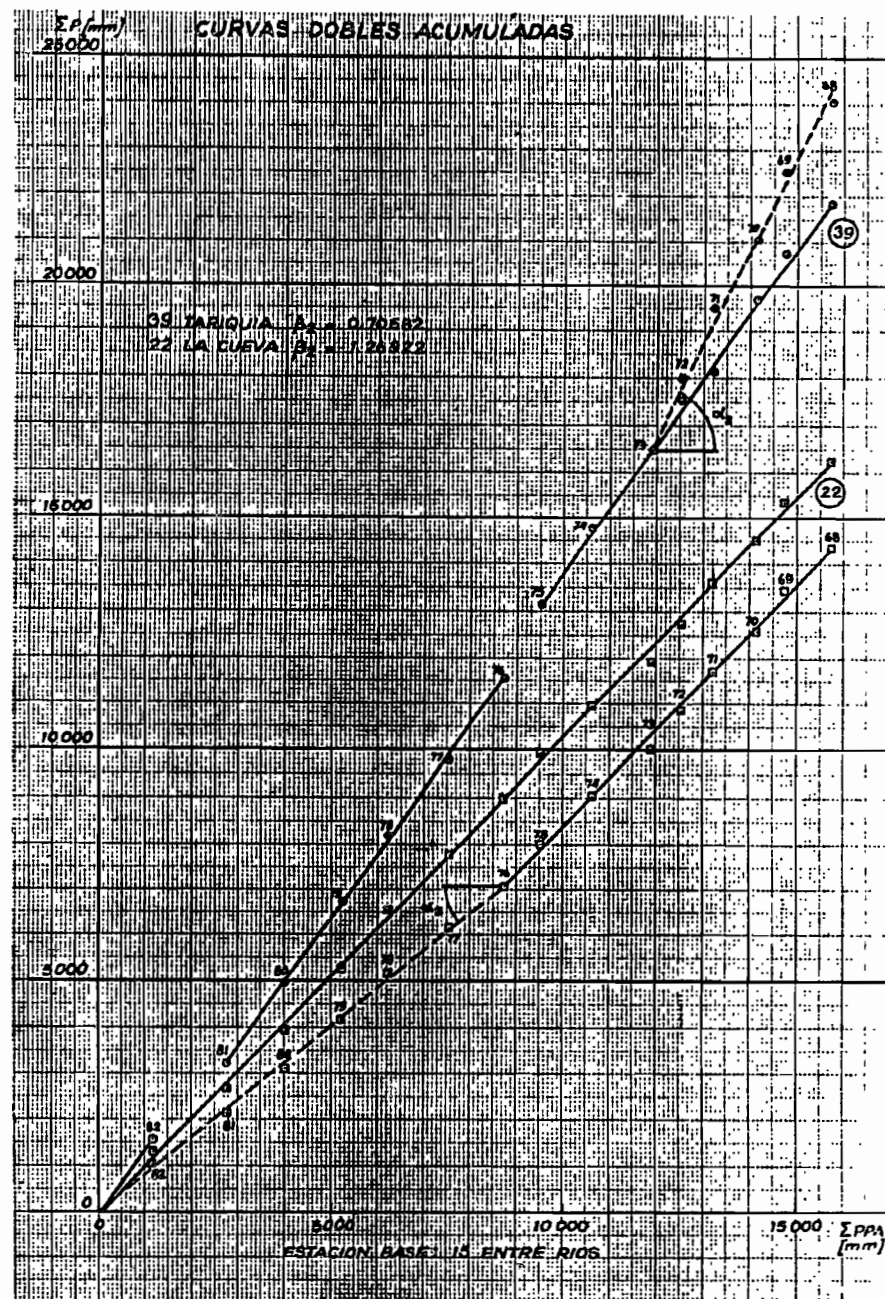


Fig-2-20

pacial en cada cuenca por el Método de Thiessen, (Anexo 6).

El trazado de las isoyetas se ha realizado sobre un mapa con curvas de nivel, copia de las cartas del I.G.M. a escala 1:250 000.

en las zonas, donde se encuentran situadas las estaciones pluviométricas, relativamente planas, se ha obtenido las isolíneas por interpolación lineal entre dichos puntos pluviométricos.

En las zonas montañosas, y en las planas donde no existe información pluviométrica, se ha obtenido el valor de precipitación mediante las curvas de cinco perfiles pluviométricos, ó sea las funciones gráficas $P = f(z)$, siendo z un vector i -dimensional de variables de posición de las estaciones (altitud H , latitud ϕ , longitud λ , distancia D), donde i varía de 1 a 3.

Para tal objeto, se ha formado grupos de estaciones, con el criterio de que, para cada grupo, la precipitación es función de la altitud, latitud y longitud geográficas, efectuando una regresión simple y múltiple de P con estas 3 variables, como se presenta en las figuras 2-22 a 2-26. Se ha elaborado un perfil pluviométrico de P en función de la distancia a la divisoria oeste de la cuenca en dirección noreste-sur oeste (Fig. 2-27).

Se hace notar que las isoyetas trazadas muestran la precipitación espacia a nivel de la cuenca entera y no a nivel de cada subcuenca, en cuyo caso se obtendría una distribución espacial mas sinuosa, debido a las características de microclima que presenta cada subcuenca. Esta tendencia regional, que muestran las isoyetas se observa con claridad en la zona oriental de la cuenca, de clima subhúmedo.

Para estimar la precipitación media anual en la vertiente derecha del río Bermejo en territorio de Argentina, se ha utilizado el perfil pluviométrico del grupo (8), $P = f(H)$, de estaciones situadas a lo largo de la divisoria oeste de la cuenca, que comprende la serranía de Sama y su prolongación al sur. Las precipitaciones así obtenidas, representan las máximas en las alturas, bajo el criterio que estas máximas se producen a una altitud H igual a $2/3$ de las altitudes máximas de la serranía. En el Anexo 7 se presenta las coordenadas de puntos auxiliares situados en territorio de Argentina, utilizados para tal objeto.

Las curvas de $P=f(H)$, de los perfiles pluviométricos de los grupos (3) a (7), que comprenden a las estaciones situadas en la subcuenca del río Guadalquivir,

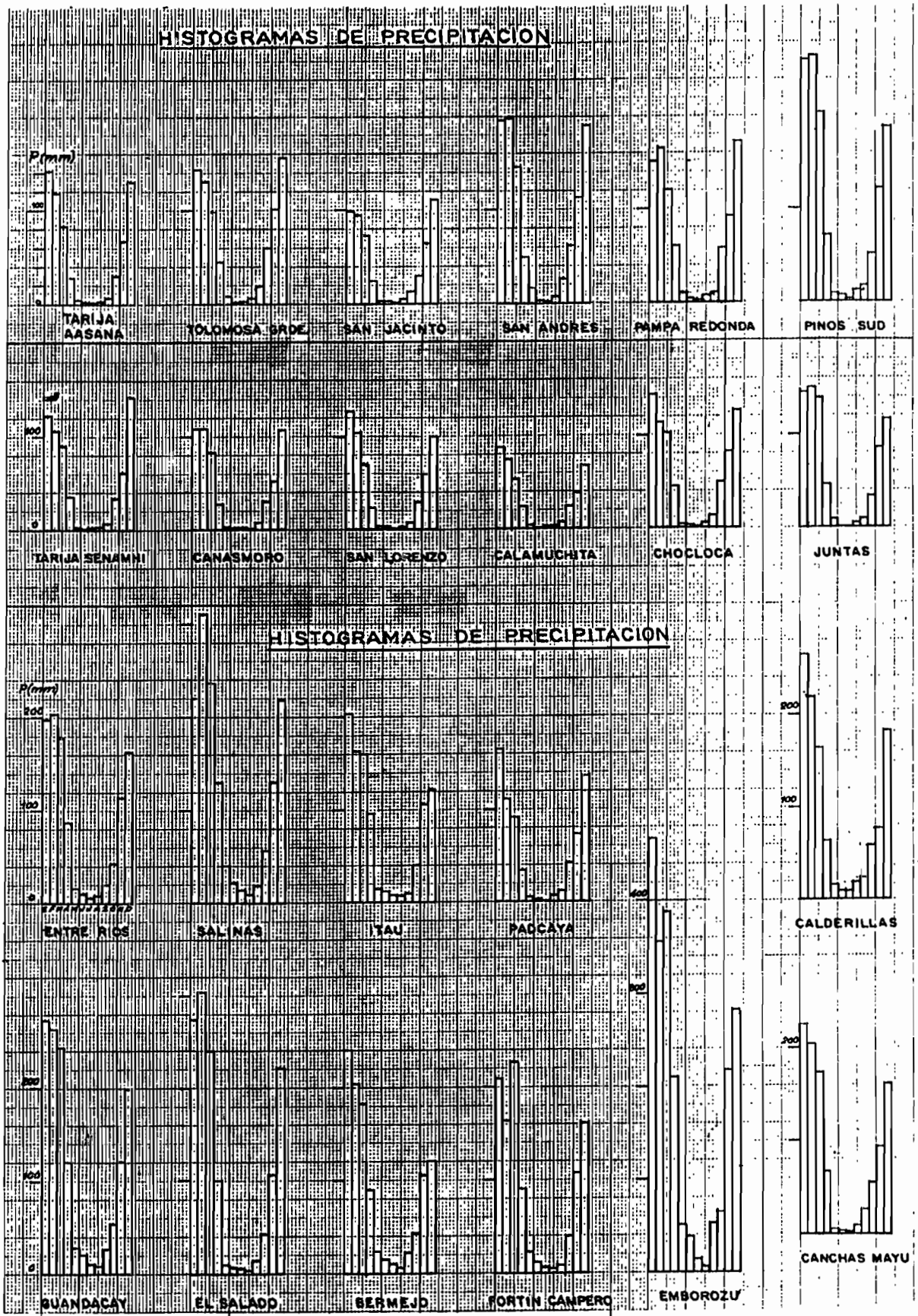


Fig. 2-21

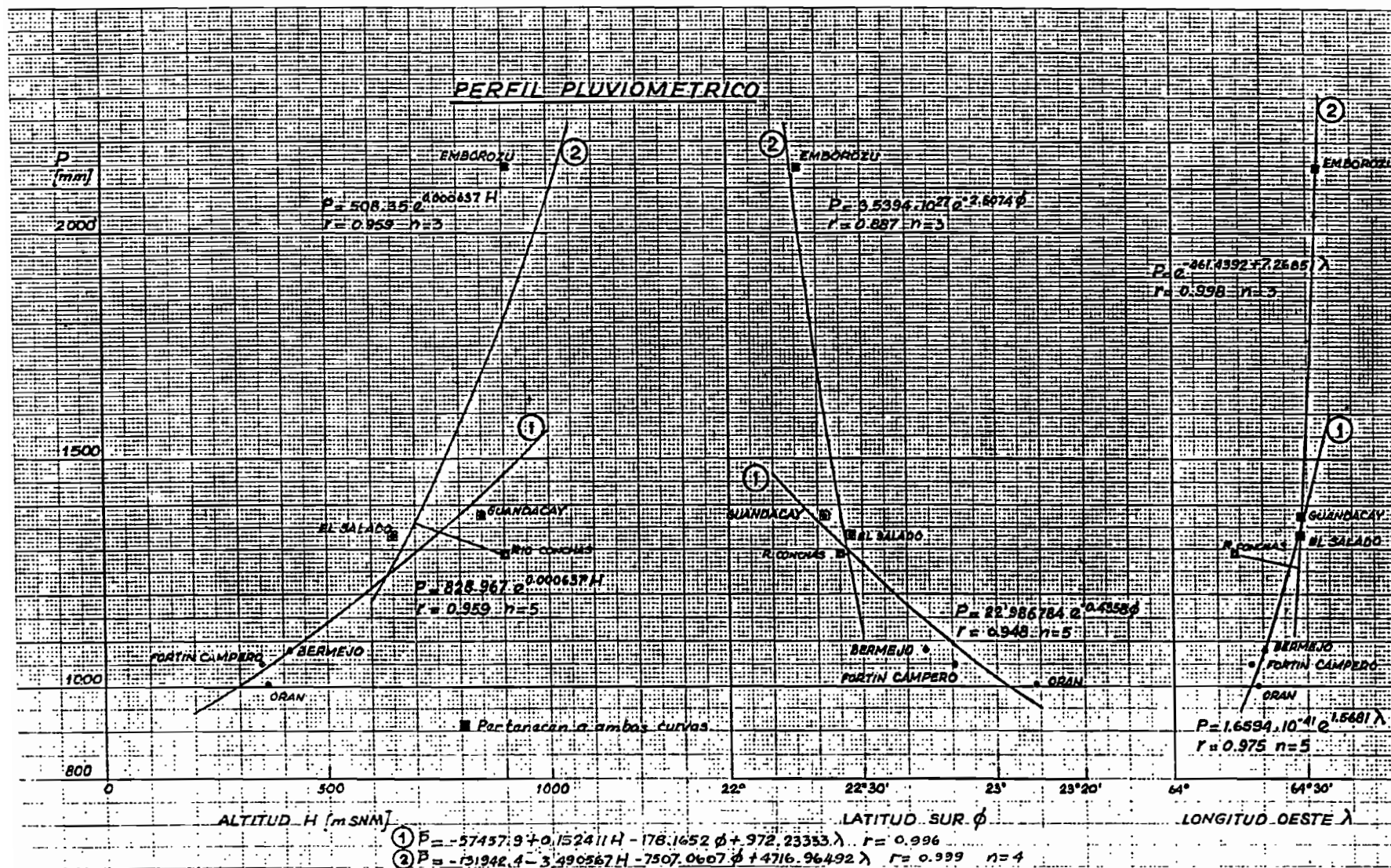


Fig. 2-22

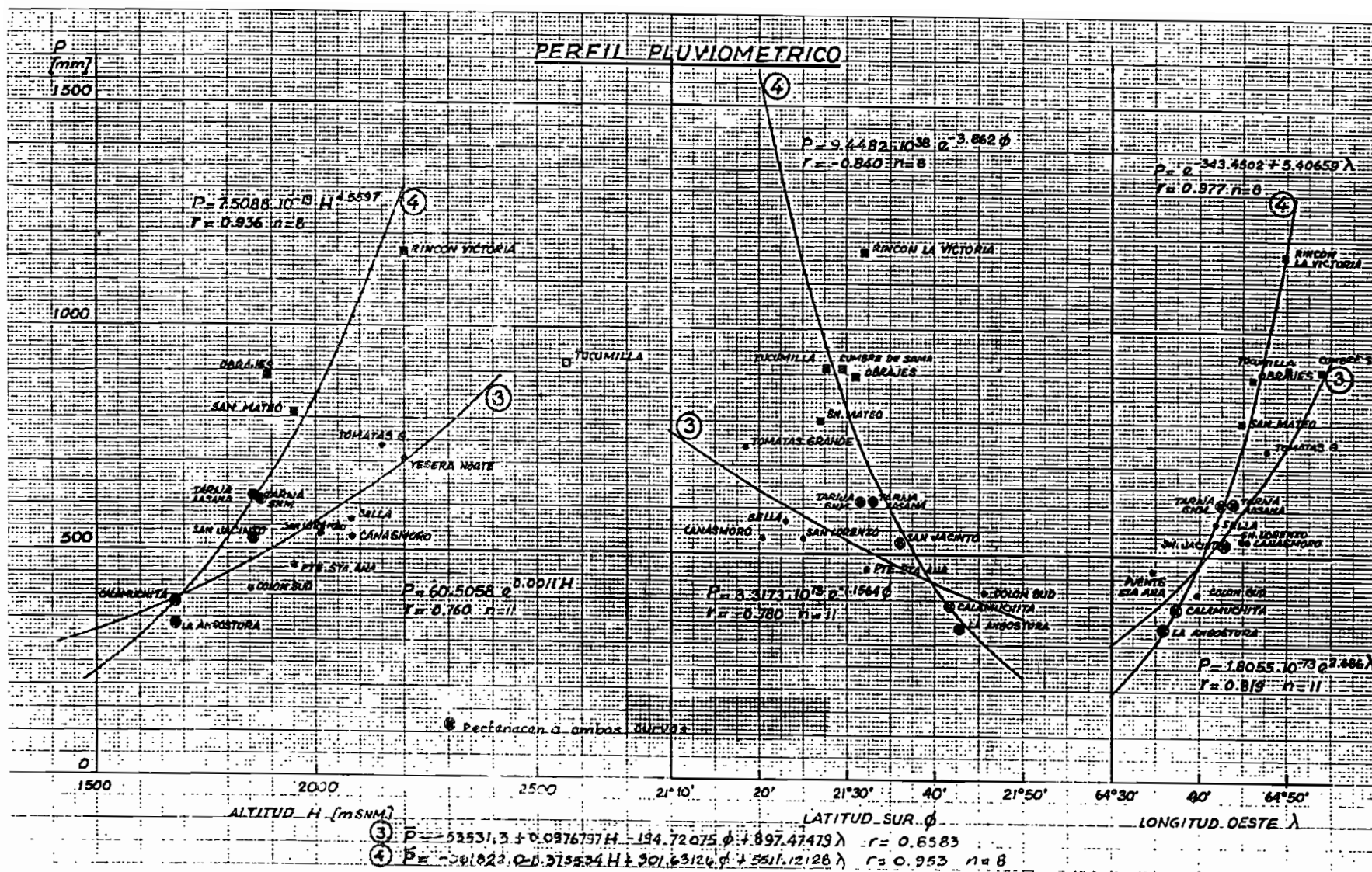


Fig. 2-23

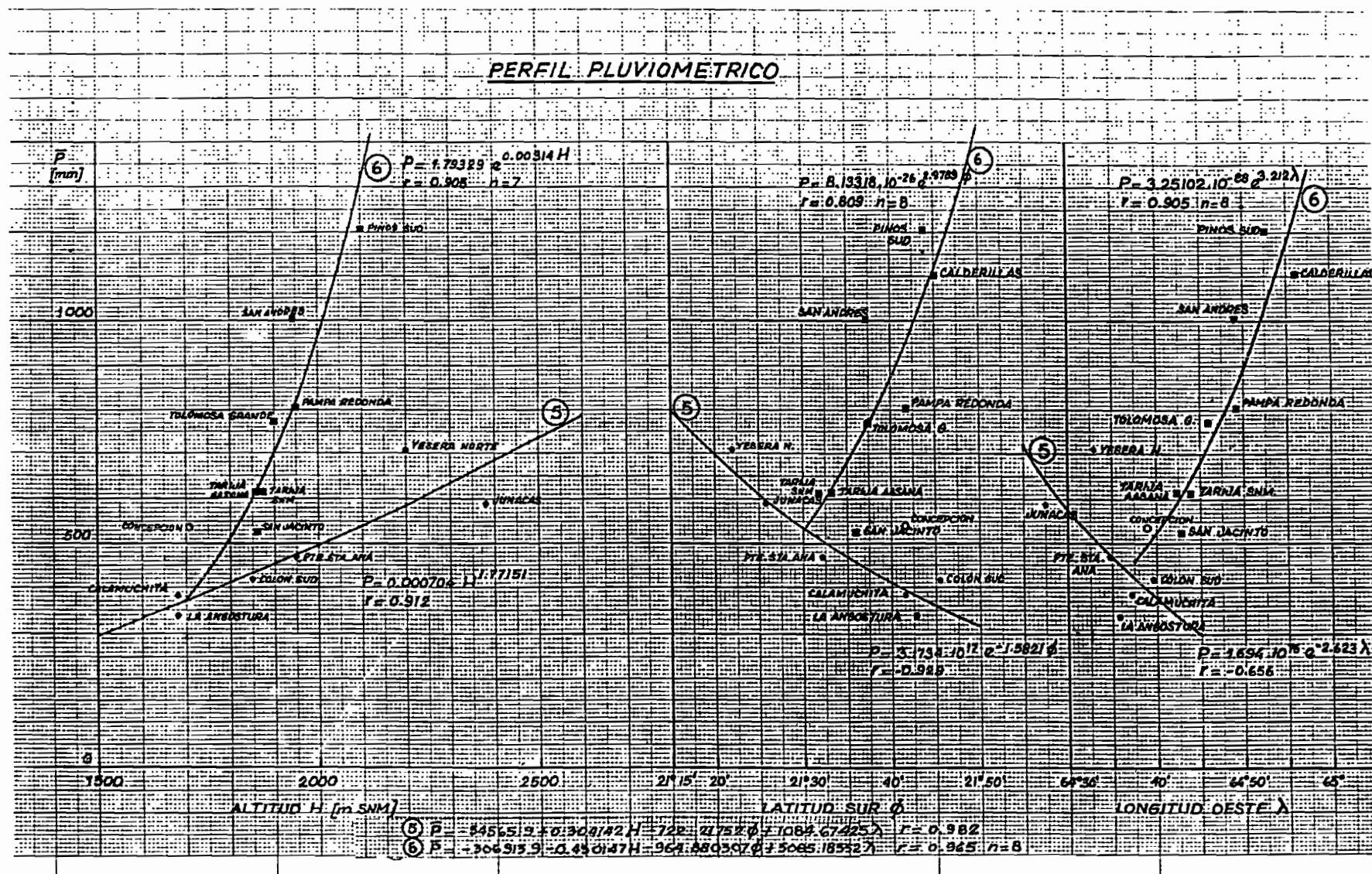


Fig. 2-24

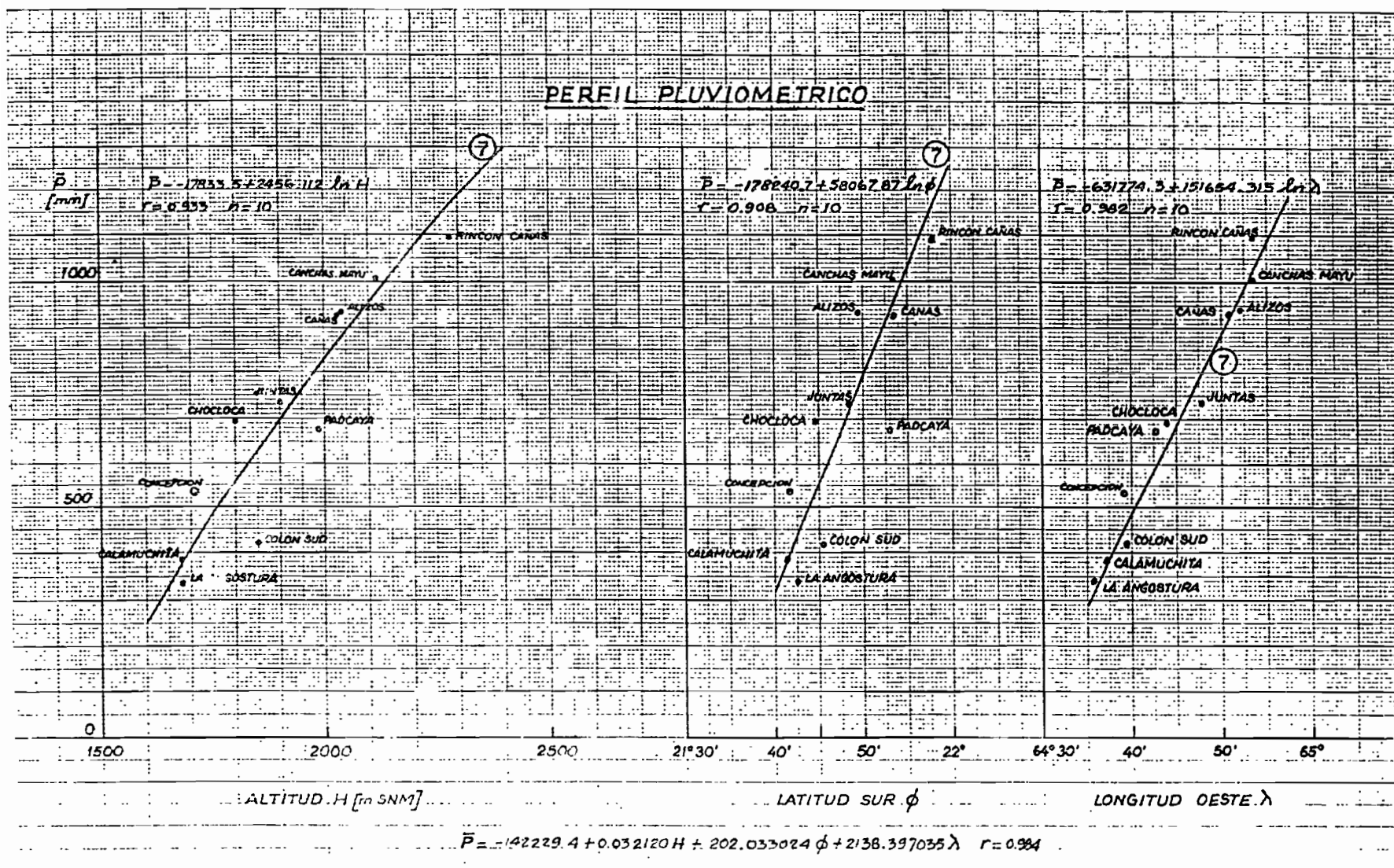


Fig. 2-25

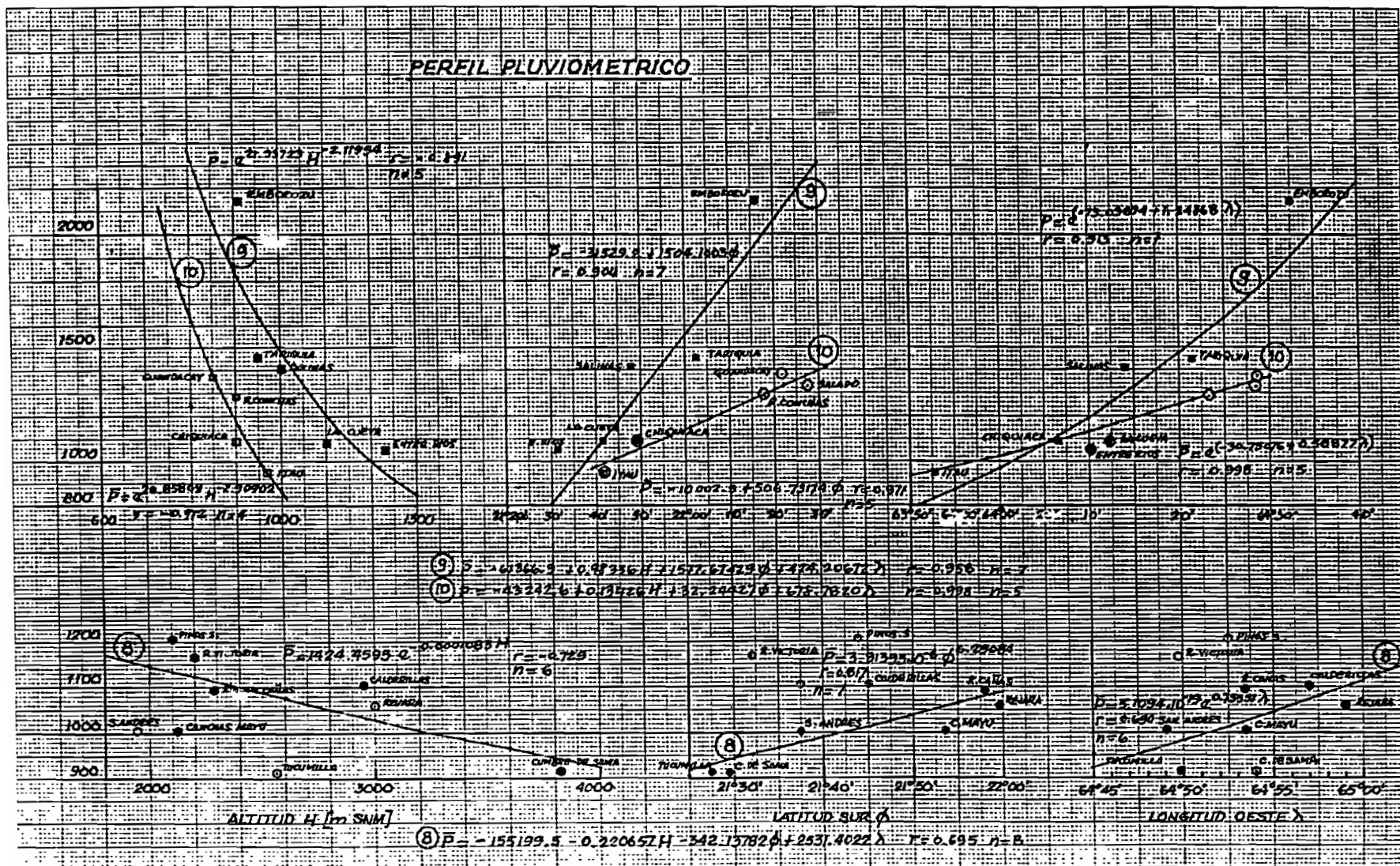


Fig. 2-26

PERFIL PLUVIOMETRICO..... $\bar{P}$ vs. D

$\bar{P}$ = precipitación media anual en un punto

D = distancia a la divisoria oriental de la cuenca en dirección NE a SW.

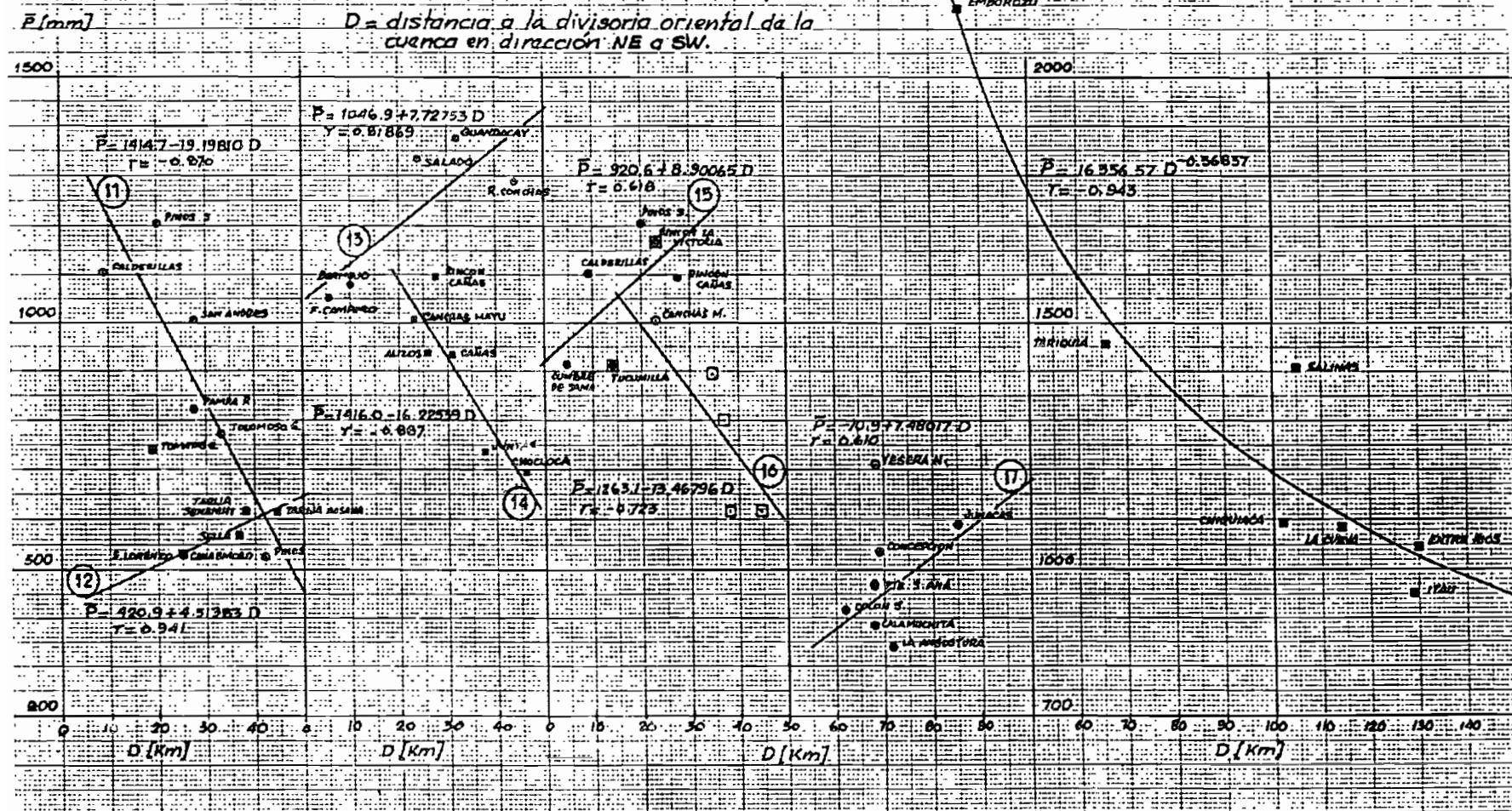


Fig. 2-27

dan como límite superior de P y H , la intersección de estas curvas con la correspondiente del grupo (8), la cual representa las estimaciones de máxima precipitación que se produce en las alturas de esta subcuenca.

La precipitación media anual en cada subcuenca se ha determinado utilizando la siguiente ecuación:

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{\left[\frac{\bar{P}_m + \bar{P}_1}{2} \right] \cdot A_1 + \sum_{i=1}^{n-1} \left[\frac{\bar{P}_i + \bar{P}_{i+1}}{2} \right] \cdot A_{i+1} + \left[\frac{\bar{P}_n + \bar{P}_M}{2} \right] \cdot A_{n+1}}{A_c} \quad (2-VIII)$$

donde, $\langle \bar{P}_c \rangle$ = Precipitación media anual de la cuenca, en mm.

$\bar{P}_m$ = Precipitación media anual mínima, en mm.

$\bar{P}_i$ = valor de una isoyeta i , en mm.

$\bar{P}_M$ = Precipitación media anual máxima, en mm.

A_c = $\sum A_i$ = Área de la superficie de la cuenca, en Km².

A_i = Área de la superficie comprendida entre 2 isoyetas contiguas.

2.4.5 PRESENTACION DE RESULTADOS.

Los valores de precipitación media anual espacial utilizados en la ecuación del Balance Hídrico Superficial de la cuenca de los ríos Bermejo y Grande de Tarija, son los determinados por el método de Isoyetas, cuyo desarrollo se presenta en los Cuadros 2-19 a 2-38. El Cuadro 2-39 es un resumen de las precipitaciones medias de las subcuencas.

Cuadro: 2-19

Subcuenca: C1 río: Chamata
lugar de cierre: estación Canasmoro

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Área entre Isoyetas (Km ²)	Volumen precipitación entre Isoyetas (Km ² ·mm)
m	532			
1	600	566	3.7	2 094.2
2	700	650	10.1	6 565.0
3	800	750	41.7	31 275.0
4	900	850	124.4	105 740.0
M	950	925	47.1	43 567.5
			227.0	189 241.7

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{189\,241.7}{227.0} = 833.7 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-20

Subcuenca: C2* río: alto Guadalquivir

Lugar de cierre: estación Obrajes

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km ²)	Volumen precipitación entre Isoyetas (Km ² mm)
m	534			
1	600	567	112.7	63 900.9
2	700	650	101.5	65 975.0
3	800	750	99.3	74 475.0
4	900	850	167.0	141 950.0
5	1 000	950	121.4	115 330.0
6	1 100	1 050	48.5	50 925.0
M	1 168	1 134	44.1	50 009.4
			694.5	562 565.3

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{562\,565.3}{694.5} = 810.0 \text{ mm}$$

El Total de la precipitación media anual de la subcuenca del río alto Guadalquivir hasta la estación Obrajes, es:

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{751\,807.0}{921.5} = 815.8 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-21

Subcuenca: C3 río: Tolomosa

Lugar de cierre: estación San Jacinto

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km ²)	Volumen precipitación entre Isoyetas ((Km ² mm)
m	525			
1	600	562.5	5.0	2 812.5
2	700	650	10.0	6 500.0
3	800	750	38.3	28 725.0
4	900	850	35.4	30 090.0
5	1 000	950	52.6	49 970.0
Σ	980	---	---	---
m	980	990	25.1	24 849.0
5	1 000	1 050	134.7	141 435.0
6	1 100	1 150	118.4	136 160.0
7	1 200	1 203	40.5	48 721.5
M	1 206			
			460.0	469 263.0

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{469\,263.0}{460.0} = 1\,020.1 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-22

Subcuenca: C4 río: Santa Ana
Lugar de cierre: estación La Pintada

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km2)	Volumen Precipitación entre Isoyetas (Km2 mm)
m	430			
1	500	465	65.9	30 643.5
2	600	550	160.8	88 440.0
3	700	650	180.9	117 585.0
3	740	720	33.6	24 192.0
M'	740	---	-----	-----
3	700	750	58.8	44 100.0
4	800	850	62.0	52 700.0
M	900			
			562.0	357 660.5

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{357\ 660.5}{562.0} = 636.4 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-23

Subcuenca: C5 río: Camacho
Lugar de cierre: estación San Nicolás

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km2)	Volumen Precipitación entre Isoyetas (Km2 mm)
m	500			
1	600	550	20.4	11 220.0
2	700	650	52.8	34 320.0
3	800	750	114.8	86 100.0
4	900	850	50.5	42 925.0
5	1 000	950	66.5	63 175.0
M'	970	---	-----	-----
5	1 000	985	172.1	169 518.5
6	1 100	1 050	103.5	108 675.0
M	1 190	1 145	169.4	193 963.0
			750.0	709 896.5

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{709\ 896.5}{750.0} = 946.5 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-24

Subcuenca: C6* río: bajo Guadalquivir
Lugar de cierre: La Angostura

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km ²)	Volumen Precipitación entre Isoyetas (Km ² mm)
m	339			
1	400	369.5	14.3	5 283.9
2	500	450	170.1	76 545.0
3	600	550	220.1	121 055.0
4	700	650	108.8	70 720.0
M'	760	730	16.7	12 191.0
4	700	---	---	---
5	800	750	38.9	29 175.0
6	900	850	21.2	18 020.0
M	1 000	950	19.9	18 905.0
			610.0	351 894.9

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{351\,894.9}{610.0} = 576.9 \text{ mm}$$

El total de la Precipitación media anual de la subcuenca del río Guadalquivir hasta La Angostura, es:

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{2\,640\,521.9}{3\,303.5} = 799.3 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-25

Subcuenca: C8 río: Pajonal
Lugar de cierre: estación Entre Ríos

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km ²)	Volumen Precipitación entre Isoyetas (Km ² mm)
m m	700			
1	800	750	32.5	24 375.0
2	900	850	32.8	27 880.0
3	1 000	950	123.4	117 230.0
M	1 049	1 024.5	33.8	34 628.1
			222.5	204 113.1

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{204\,113.1}{222.5} = 917.4 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-26

Subcuenca: C9 río: Santa Ana

lugar de cierre: estación Entre Ríos

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km2)	Volumen Precipitación entre Isoyetas (Km2 mm)
m	660	680	13.0	8 840.0
1	700	750	32.1	24 075.0
2	800	850	61.8	52 530.0
3	900	950	124.3	118 085.0
4	1 000	1 024.5	64.8	66 387.6
M	1 049			
			296.0	269 917.6

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{269\,917.6}{296.0} = 911.9 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-27

Subcuenca: C10* río: Salinas

Lugar de cierre: junta con río Tarija.

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km2)	Volumen Precipitación entre Isoyetas (Km2 mm)
m	980	990	9.7	9 603.0
1	1 000	1 050	217.3	228 165.0
2	1 100	1 150	113.9	113 985.0
3	1 200	1 250	56.6	70 750.0
4	1 300	1 350	120.9	163 215.0
5	1 400	1 419	63.6	90 248.4
M	1 438			
			582.0	692 966.4

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{692\,966.4}{582.0} = 1\,190.7 \text{ mm}$$

El total de la precipitación media anual de la subcuenca del río Salinas hasta la junta con el río Salinas, es:

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{1\,166\,997.1}{1\,100.5} = 1\,060.5 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-28

Subcuenca: C7*

río: Tarija superior

Lugar de cierre: junta con río Salinas

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km ²)	Volumen Precipitación entre Isoyetas (Km ² mm)
m	339			
1	400	369.5	13.0	4 803.5
2	500	450	23.4	10 530.0
3	600	550	49.5	27 225.0
4	700	650	173.7	112 905.0
5	800	750	178.9	134 175.0
6	900	850	188.7	160 395.0
7	1 000	950	282.3	268 185.0
8	1 100	1 050	188.2	197 610.0
9	1 200	1 150	78.6	90 390.0
10	1 300	1 250	76.6	95 750.0
11	1 400	1 350	30.9	41 715.0
M	1 438	1 419	23.2	32 920.8
			1 307.0	1 176 604.3

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{1\ 176\ 604.3}{1\ 307.0} = 900.2 \text{ mm}$$

El total de la Precipitación media anual de la subcuenca del río Tarija superior hasta la junta con el río Salinas, es:

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{4\ 984\ 123.3}{5\ 711.0} = 872.2 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-29

Subcuenca: C11

río: Pampa Grande

Lugar de cierre: estación Tariquíá

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km ²)	Volumen Precipitación entre Isoyetas (Km ² mm)
m	960			
1	1 000	980	9.2	9 016.
2	1 100	1 050	101.4	106 470.
3	1 200	1 150	97.7	112 355.
4	1 300	1 250	75.1	93 875.
5	1 400	1 350	70.8	95 580.
6	1 500	1 450	74.5	108 025.
7	1 600	1 550	48.9	75 795.
8	1 700	1 650	32.4	53 460.
9	1 800	1 750	20.8	36 400.
M	1 840	1 820	4.2	7 644.
			535.0	698 620.0

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{698\ 620.0}{535.0} = 1\ 305.8 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-30

Subcuenca: C12

río: Chiquiaca

Lugar de cierre: junta con el río Tarija

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km2)	Volumen Precipitación entre Isoyetas (Km2 mm)
m	1 000			
1	1 100	1 050	455.1	477 855.
2	1 200	1 150	322.9	371 335.
M	1 300	1 250	142.0	177 500.
			920.0	1 026 690.0

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{1\,026\,690.0}{920.0} = 1\,116.0 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-31

Subcuenca: C13

río: Itau

Lugar de cierre: junta con el río Tarija

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km2)	Volumen Precipitación entre Isoyetas (Km2 mm)
m	952			
1	1 000	976	370.1	361 217.6
M	1 040	1 020	738.9	753 678.0
			1 109.0	1 114 895.6

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{1\,114\,895.6}{1\,109.0} = 1\,005.3 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-32

Subcuenca: C14*

río: Tarija inferior

lugar de cierre: junta con el río Itau

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	P entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km2)	Volumen Precipitación entre Isoyetas (Km2 mm)
m	1 040			
1	1 100	1 070	334.7	358 129.
2	1 200	1 150	283.5	326 025.
3	1 300	1 250	115.1	143 875.
4	1 400	1 350	134.2	181 170.
5	1 500	1 450	151.9	220 255.
6	1 600	1 550	54.5	84 475.
7	1 700	1 650	22.8	37 620.
8	1 800	1 750	18.3	32 025.
M	1 850	1 825	9.5	17 337.5
			1 124.5	1 400 911.5

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{1\,400\,911.5}{1\,124.5} = 1\,245.8 \text{ mm}$$

El total de la Precipitación media anual de la subcuenca del río Tarija, hasta la junta con el río Itau, es:

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{9\,225\,240.4}{9\,399.5} = 981.4 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-33

Subcuenca: C15* río: Grande de Tarija
lugar de cierre: junta con el río Bermejo

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km2)	Volumen Precipitación entre Isoyetas (Km2 mm)
m	1 040	1 070	997.1	1 066 897.
1	1 100	1 150	407.4	468 510.
2	1 200	1 225	108.0	132 300.
M	1 250			
			1 512.5	1 667 707.0

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{1\,667\,707.0}{1\,512.5} = 1\,102.6 \text{ mm}$$

El total de la Precipitación media anual de la subcuenca del río Grande de Tarija, es:

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{10\,892\,947.4}{10\,912.0} = 998.2 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-34

Subcuenca: C16 río: Orosas
lugar de cierre: estación La Mamora

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km2)	Volumen Precipitación entre Isoyetas (Km2 mm)
m	600	650	33.5	21 775.0
1	700	750	53.5	40 125.0
2	800	850	115.1	97 835.0
3	900	950	114.4	108 680.0
4	1 000	1 050	139.9	146 895.0
5	1 100			
m	1 026	1 063	44.8	47 622.4
5	1 100	1 125	273.7	307 912.5
6	1 150	1 175	38.2	44 885.0
7	1 200	1 250	15.4	19 250.0
M	1 300			
			828.5	834 979.9

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{834\,979.9}{828.5} = 1\,007.8 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-35

Subcuenca: C17 río: Emborozú

Lugar de cierre: estación Emborozú

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km2)	Volumen Precipitación entre Isoyetas (Km2 mm)
m	1 200	1 250	2.6	3 250.
1	1 300	1 350	7.7	10 395.
2	1 400	1 450	11.5	16 675.
3	1 500	1 550	14.7	22 785.
4	1 600	1 650	17.3	28 545.
5	1 700	1 750	17.3	30 275.
6	1 800	1 850	37.8	69 930.
7	1 900	1 950	37.2	72 540.
8	2 000	2 050	34.0	69 700.
9	2 100	2 122	6.4	13 580.8
M	2 144			
			186.5	337 675.8

$$\langle \bar{P} \rangle_c = \frac{337\ 675.8}{186.5} = 1\ 810.6 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-36

Subcuenca: C18 río: Salado

lugar de cierre: estación El Salado

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km2)	Volumen Precipitación entre Isoyetas (Km2 mm)
m	1 250	1 275	87.0	110 925.
1	1 300	1 350	141.3	190 755.
2	1 400	1 450	24.6	35 670.
3	1 500	1 550	20.2	31 310.
4	1 600	1 650	20.8	34 320.
5	1 700	1 750	12.6	22 050.
6	1 800	1 825	4.5	8.212.5
M	1 850			
			311.0	433 242.5

$$\langle \bar{P} \rangle_c = \frac{433\ 242.5}{311.0} = 1\ 393.1$$

Cuadro: 2-37

Subcuenca: C19* río: Bermejo
lugar de cierre: estación Aguas Blancas

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km2)	Volumen Precipitación entre Isoyetas (Km2 mm)
m	940			
1	1 000	970	249.8	242 306.
2	1 100	1 050	713.0	748 650.
3	1 150	1 125	469.4	528 075.
4	1 200	1 175	276.9	325 357.5
$\bar{m}$	1 130	-----	-----	-----
4	1 200	1 165	99.3	115 684.5
5	1 300	1 250	859.1	1 073 875.
6	1 400	1 350	500.4	675 540.
7	1 500	1 450	136.4	197 780.
8	1 600	1 550	84.5	130 975.
9	1 700	1 650	74.3	122 595.
10	1 800	1 750	66.1	115 675.
11	1 900	1 850	52.7	97 495.
12	2 000	1 950	31.0	60 450.
13	2 100	2 050	13.6	27 880.
M	2 144	2 122	3.5	7 427.
			3 630.0	4 469 765.0

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{4\,469\,765.0}{3\,630.0} = 1\,231.3 \text{ mm}$$

El total de la Precipitación media anual de la subcuenca del río Bermejo, hasta la estación Aguas Blancas, es:

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{6\,075\,663.2}{4\,956.0} = 1\,225.9 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-38

Subcuenca: C20* río: bajo Bermejo
Lugar de cierre: junta con el río Grande de Tarija

Nº de Isoyeta	Precipitación de la Isoyeta (mm)	$\bar{P}$ entre Isoyetas (mm)	Area entre Isoyetas (Km2)	Volumen Precipitación entre Isoyetas (Km2 mm)
m	1 051			
1	1 100	1 075.5	56.1	60 335.6
2	1 200	1 150	78.4	90 160.
M	1 244	1 222	45.5	55 601.
			180.0	206 096.6

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{206\,096.6}{180.0} = 1\,145.0 \text{ mm}$$

El total de la Precipitación media anual de la subcuenca del río Bermejo, hasta la confluencia con el río Grande de Tarija, es:

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{6\,281\,759.8}{5\,136.0} = 1\,223.1 \text{ mm}$$

La Precipitación media anual de la cuenca de los ríos Bermejo y Grande de Tarija, hasta Juntas de San Antonio, es:

$$\langle \bar{P}_c \rangle = \frac{17\,174\,707.2 \text{ Km}^2 \text{ mm}}{16\,048.0 \text{ Km}^2} = 1\,070.2 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-39

RESUMEN DE PRECIPITACIONES MEDIAS ANUALES DE LAS SUBCUENCAS
DE LA CUENCA DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA, DETERMINADAS
POR LOS METODOS DE ISOYETAS Y DE THIESSEN.

Subcuenca Río	Lugar de cierre ó.de control	Area (Km ²)	Precip. $\langle \bar{P}_c \rangle$	
			Isoyetas (mm)	Thiessen (mm)
C1 Chamata	Canasmoro	227.0	833.7	747.5
C2* alto Guadalquivir	Obrajes	694.5	810.0	751.4
Acumul. alto Guadalq.	estación Obrajes	921.5	815.8	750.5
C3 Tolomosa	estación San Jacinto	460.0	1 020.1	995.5
C4 Santa Ana	estación La Pintada	562.0	636.4	581.0
C5 Camacho	estación San Nicolás	750.0	946.5	936.4
C6* bajo Guadalquivir	estación La Angostura	610.0	576.9	537.0
Acumul. Guadalquivir	estación La Angostura	3 303.5	799.3	758.6
C8 Pajonal	estación Entre Ríos	222.5	917.4	852.2
C9 Santa Ana	estación Entre Ríos	296.0	911.9	870.2
C10* Salinas	junta c/río Tarija	582.0	1 190.7	1 215.7
Acumul. Salinas	junta c/río Tarija	1 100.5	1 060.5	1 049.3
C7* Tarija superior	junta c/río Salinas	1 307.0	900.2	800.1
Acumul. Tarija superior	junta c/río Salinas	5 711.0	872.7	824.1

Cuadro: 2-39

Subcuenca Río	Lugar de cierre ó de control	Area (Km ²)	Precip. $\langle \bar{P}_c \rangle$	
			Isoyetas (mm)	Thiessen (mm)
C11 Pampa Grande	estación Tariquía	535.0	1 305.8	1 335.6
C12 Chiquiaca	junta c/río Tarija	920.0	1 116.0	1 145.3
C13 Itau	junta c/río Tarija	1 109.0	1 005.3	1 086.3
C14* Tarija inferior	junta c/río Itau	1 124.5	1 245.8	1 365.0
Acumul. Tarija	junta c/río Itau	9 399.5	981.4	980.3
C15* Grande de Tarija	junta c/río Bermejo	1 512.5	1 102.6	1 182.0
Acumul. Grde. de Tarija	junta c/río Bermejo	10 912.0	998.2	1 008.1
C16 Orosas	estación La Mamora	828.5	1 007.8	953.8
C17 Emborozú	estación Emborozú	186.5	1 810.6	1 776.2
C18 Salado	estación El Salado	311.0	1 393.1	1 399.9
C19* Bermejo	estación Aguas Blancas	3 630.0	1 231.3	1 290.4
Acumul. Bermejo	estación Aguas Blancas	4 956.0	1 225.9	1 259.3
C20* bajo Bermejo	junta c/río Gde. de Trja.	180.0	1 145.0	1 071.3
Acumul. Bermejo	junta c/río Gde. de Trja.	5 136.0	1 223.1	1 252.7
Acumulado ríos Bermejo y Grande de Tarija	Juntas de San Antonio	16 048.0	1 070.2	1 086.5

2.5 EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION.

En la cuenca en estudio no existen áreas grandes de lagos ó embalses, razón por la que no se ha tomado en cuenta el cálculo de la Evaporación, la cual es considerada como, "la cantidad de agua que se transforma en vapor por efecto de la radiación".

En la cuenca existen 5 estaciones con evaporímetros, con datos registrados desde el año 1978. La estación Tarija SENAMHI es la única estación con un registro completo desde el año 1968.

2.5.1 ESTIMACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION.

La Evapotranspiración (ET) es el efecto combinado de la evaporación del

agua interceptada por el suelo y de la transpiración de las plantas.

En la cuenca en estudio, no existen superficies regadas de gran extensión, razón por la que se ha utilizado las fórmulas para superficies naturales, que son las de Turc, de Coutagne y de Thornthwaite-Mather.

La Evapotranspiración potencial (ETP), es la cantidad de agua que, si estuviera disponible, sería evapotranspirada desde una superficie dada.

La Evapotranspiración real (ETR), es la cantidad de agua que realmente pasa a la atmósfera por el proceso de evapotranspiración. Su valor máximo viene a ser la evapotranspiración potencial.

Es necesario aclarar que en la fórmula de Thornthwaite, se desconoce la capacidad de retención de humedad del suelo, que da valores variables desde 40 mm a 100 mm de lámina de agua, obteniéndose valores de ETR mayores que los calculados por las fórmulas de Turc y de Coutagne, las cuales dan valores similares para una misma estación, con una diferencia entre ambos que es el 8% del valor calculado con la fórmula de Coutagne. Por esta razón se ha visto conveniente adoptar el promedio que dan ambas fórmulas como estimación de la ETR para el trazado de las isolíneas respectivas.

2.5.1.1 TEMPERATURA MEDIA ANUAL Y SU ESTIMACION.

Las temperaturas medias, mensuales y anual de cada estación, se utilizan para calcular la ETR mediante las tres fórmulas citadas. Con relación a los datos obtenidos del archivo del SENAMHI se observa lo siguiente:

- En una estación, para cada mes, no existe gran diferencia entre los valores mensuales y su media. Por esta razón, la media mensual de 4 ó 5 años, es aproximadamente igual a la media mensual de 15 años.
- Entre los valores medios mensuales consecutivos de una misma estación, no existe una variación grande, como ocurre, por ejemplo, con las medias mensuales de precipitación al pasar de los meses húmedos a los secos.
- Existe una buena correlación del valor medio anual con la altitud, de las estaciones termométricas distribuidas en toda la cuenca, pudiendo de esta manera, obtener una sola recta de regresión.

El relleno de los valores mensuales para la estimación de la media anual, se ha realizado mediante la regresión lineal de la mayoría de las estaciones termométricas con la estación Tarija AASANA, la única que tiene el registro completo durante el período 1968-82. (Cuadro 2-40).

2.5.1.2 FORMULA DE TURC (1955).

$$ETR = \bar{P} / \sqrt{0.9 + (\bar{P}^2 / L^2)} \quad (2-IX)$$

donde, ETR = evapotranspiración real anual, en mm.

$\bar{P}$ = precipitación media anual, en mm.

L = parámetro heliotérmico que representa la cantidad de evaporación, y esta expresado por,

$$L = 300 + 25 T + 0.05 T^3 \quad (2-X)$$

T = temperatura media anual en °c.

2.5.1.3 FORMULA DE COUTAGNE.

$$ETR = \bar{P} - \lambda \bar{P}^2 \quad (2-XI)$$

$$\lambda = 1 / (0.8 + 0.14 T) \quad (2-XII)$$

donde, ETR = evapotranspiración real anual, en m.

$\bar{P}$ = precipitación media anual, en m.

T = temperatura media anual, en °c.

Esta fórmula es válida para $\bar{P}$, tal que $\frac{1}{8\lambda} < \bar{P} < \frac{1}{2\lambda}$

- Si $\bar{P} < 1/8\lambda$, significa que la ETR ó déficit de escurrimiento es igual a las precipitaciones y no hay escurrimiento.
- Si $\bar{P} > 1/2\lambda$, significa que el déficit de escurrimiento es prácticamente independiente de P y dado por la relación siguiente:

si en la fórmula 2-XI se hace $\bar{P} = 1/2\lambda$, se encuentra que el déficit es igual a $1/4\lambda$, y la fórmula se transforma en:

$$ETR = 0.25 + 0.035 T \quad (2-XIII)$$

Cuadro: 2-40

ECUACIONES DE REGRESION PARA AMPLIACION DE DATOS TERMOMETRICOS

Estación rellenada Y	Estación X	ecuac. regres. $Y = a + b X$	Nº Dat.	coef. r	valores calculados
02 Bermejo	Tarija AASANA	$-6.25 + 1.5301 X$	12*	0.992	mensuales
05 Canasmoro	se relleno con sus promedios mensuales.				
07 Cañas	Padcaya	$6.42 + 0.7138 X$	18	0.808	prom.mensuales
15 Entre Ríos	Tarija AASANA	$-0.56 + 1.0790 X$	114	0.900	mensuales
19 Junacas	Id.	$0.38 + 0.7346 X$	35	0.760	prom.mensuales
24 Padcaya	Id.	$4.52 + 0.6807 X$	93	0.765	mensuales
30 Río Conchas	Bermejo	$7.47 + 0.7365 X$	25	0.720	prom.mensuales
32 San Andrés	Tarija AASANA	$3.24 + 0.7464 X$	42	0.982	mensuales
33 San Jacinto	Id.	$-0.53 + 0.9457 X$	12*	0.996	mensuales
38 Tarija SENAMHI	Id.	$-1.82 + 1.0319 X$	12*	0.937	mensuales
39 Tariquía	Id.	$-1.85 + 1.0744 X$	36	0.912	mensuales
49 Iscayachi	Id.	$2.57 + 0.4297 X$	55	0.882	prom.mensuales
60 Orán meteorol.	Id.	$-6.93 + 1.4937 X$	12*	0.992	mensuales

* Correlación con los promedios mensuales.

Cuadro: 2-41

PROMEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA PARA EL PERIODO 1968-82

Estación	M e s e s												Prom Anual
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
02 Bermejo	27.4	26.5	24.8	22.2	19.0	16.0	16.8	18.8	21.3	25.1	25.9	27.2	22.6
05 Canasmoro	20.5	20.3	19.7	17.4	15.3	13.8	13.6	14.7	16.8	18.6	19.5	20.4	17.6
07 Cañas	20.3	20.0	19.7	18.8	17.8	16.9	16.8	17.5	18.3	19.3	20.0	20.2	18.8
15 Entre Ríos	23.0	22.6	21.4	19.5	17.4	15.0	15.3	16.8	19.1	21.3	22.7	23.2	19.7
19 Junacas	16.0	16.0	15.4	14.2	12.8	10.9	11.4	12.5	13.6	15.5	16.3	16.1	14.2
24 Padcaya	19.4	19.1	18.6	17.4	16.0	14.7	14.5	15.5	16.6	18.0	19.0	19.4	17.4
30 Río Conchas	27.5	26.7	25.9	23.7	21.6	19.3	19.8	21.1	23.0	26.0	26.7	27.8	24.1
32 San Andrés	19.2	19.0	18.6	17.1	15.5	14.1	14.3	15.5	17.1	18.4	19.3	19.5	17.3
33 San Jacinto	19.8	19.4	18.9	17.2	15.0	13.1	13.6	15.0	16.9	18.7	19.7	20.0	17.3
37 Tarija AASANA	21.5	21.3	20.4	18.6	16.4	14.5	14.8	16.4	18.6	20.4	21.5	21.7	18.8
38 Tarija SENAMHI	20.8	20.3	19.8	17.7	15.2	13.4	13.6	15.1	17.3	19.3	20.4	20.8	17.8
39 Tariquía	21.5	21.1	20.3	18.4	15.9	13.6	14.1	15.4	17.9	19.8	21.1	21.6	18.4
49 Iscayachi	11.8	11.7	11.4	10.6	9.6	8.9	8.9	9.5	10.5	11.4	11.9	11.9	10.7
55 Yacuiba	26.8	26.0	24.3	21.3	18.9	16.1	16.9	19.1	22.4	25.4	26.7	27.2	22.6
60 Orán meteor.	25.6	24.8	23.6	20.9	18.1	14.9	14.6	17.1	20.4	23.3	24.9	25.6	21.2

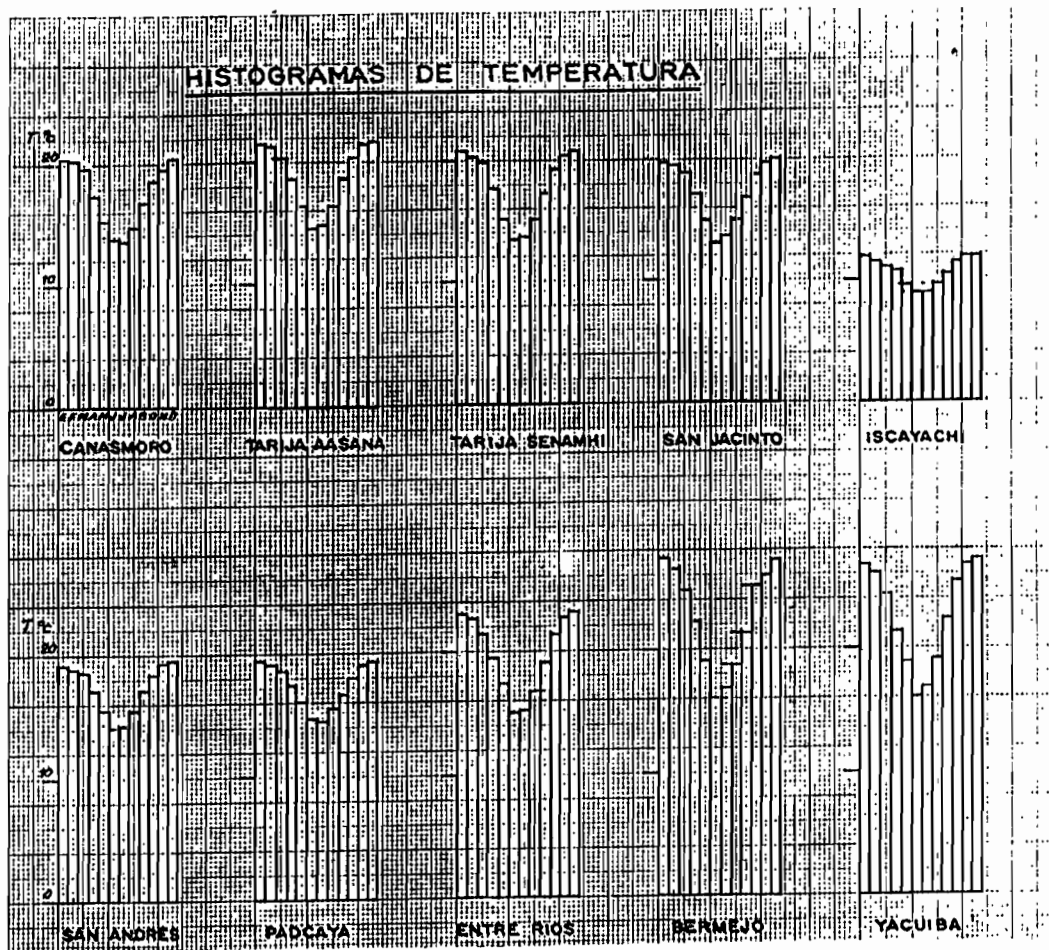
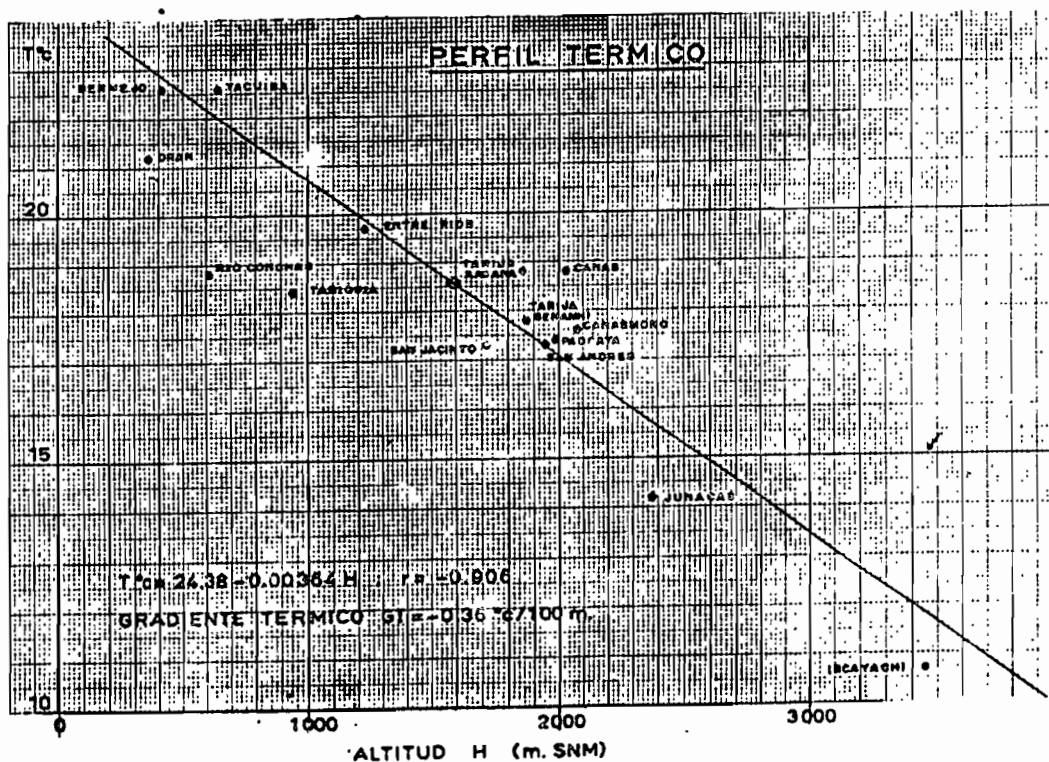


Fig. 2-28



Correlación múltiple: $T = -61.73 - 0.0048 H - 1.3002 \lambda - 1.8041 \lambda ; r = 0.915 \quad n=15$

Fig. 2-29

2.5.1.4 FORMULA DE THORNTHWAIT - MATHER (1955).

Tiene la ventaja -al igual que las 2 anteriores- de utilizar sólo los parámetros de información climática (T y P), sin considerar el efecto de la cubierta vegetal; pero, presenta la desventaja de que al considerar como principal parámetro la temperatura, desvirtúa en algo la realidad, ya que, en condiciones similares de temperatura, la fórmula puede ofrecer resultados semejantes en zonas con características climáticas diferentes.

La fórmula consiste en calcular para cada mes la evapotranspiración potencial y a partir de su suma, la evapotranspiración anual. Luego, se obtiene la ETR según el siguiente método, desarrollado en los cuadros 2-42 a 2-51:

- 1) Cálculo mes a mes de un índice térmico i, a partir de la fórmula:

$$i = (t/5)^{1.5142} \quad (2-XIV)$$

donde, t = temperatura media mensual en °C del período considerado; (fila 2 de la planila correspondiente a cada cuadro).

- 2) Índice térmico anual I, que es la suma de los 12 índices i:

$$I = \sum_{i=1}^{12} i \quad (2-XV)$$

- 3) La evapotranspiración potencial no corregida de cada mes, es: (fila 4)

$$ETP'_m = c \cdot T^a \quad [mm]. \quad (2-XVI)$$

donde, $c = 16 (10/I)^a \quad (2-XVII)$

$$a = 675 \cdot 10^{-9} \cdot I^3 - 771 \cdot 10^{-7} \cdot I^2 + 1.792 \cdot I + 0.492 \quad (2-XVIII)$$

- 4) Los valores ETP'_m se multiplican por un coeficiente K (fila 3) que representa la duración de la insolación con relación a la insolación teórica de 12 horas, y se obtiene en función de la latitud y el mes en cuestión, del cuadro 2-52.

(fila 5) $ETP_m = K ETP'_m \quad (2-XIX)$

La evapotranspiración anual será igual a la suma de los valores mensuales sea,

$$ETP = \sum_{m=1}^{12} ETP_m \quad (2-XX)$$

- 5) La precipitación media mensual P se anota en la fila 6.
- 6) La diferencia $P_m - ETP_m - \Delta H$ con su signo, se anota en la fila 7.
- 7) La evaluación de la reserva de agua disponible contenida en el suelo ó almacenaje (fila 9), es bastante compleja; la parte de esta reserva utilizable por las plantas, es apenas la mitad cuando el suelo tiene suficiente agua. Thornthwaite se baso en gran número de observaciones para establecer lo siguiente:
 - La reserva útil depende de la naturaleza del suelo, y varía entre los 100 mm de agua por metro de profundidad en terreno arenoso y los 300 mm en terreno arcilloso.
 - Según el tipo de vegetación, se debe considerar diferentes espesores de terreno. Para plantas cultivadas, de 0.50 a 1 m; para terrenos forestales debe tomarse 2 m.

Durante el período en que ΔH es negativo (sequía), la cantidad de agua que queda en el suelo ó Almacenaje, se calcula con la siguiente fórmula:

$$Y = A \cdot e^{(-x/A)} \quad (2-XXI)$$

donde, Y = almacenaje ó reserva útil, en mm.

A = almacenaje máximo ó saturación del suelo que Thornthwaite consideró como 100 mm, valor que debe adaptarse a cada caso en particular.

x = valor negativo acumulado de ΔH (fila 8).

- 8) La variación de Almacenaje es igual a $Alm_i - Alm_{i-1}$ (fila 10), siendo i el mes considerado, i indica la cantidad de agua perdida por evaporación de un mes al otro.
- 9) Para obtener la evapotranspiración ETR (fila 11), la cual se utiliza para el calculo del Balance Hídrico Superficial, se establece ciertas hipótesis basadas en efectuar el balance mes a mes, que son:

- a) Si la precipitación mensual P_m es superior a ETP_m , entonces,

$$ETR = ETP \quad (2-XXII)$$

- b) Si $P_m < ETP_m$, la primera estimación de ETR se efectúa suponiendo que se evapora toda la lluvia caída. Luego, se adiciona a ese valor la cantidad de evaporación de una fracción de agua del suelo, que precisamente es la variación del Almacenaje (fila 10), tomado éste en valor absoluto, ó sea,

$$ETR_i = \bar{P}_i + Alm_{i-1} + Alm_i \quad (2-XXIII)$$

ó mejor,

$$ETR_i = \bar{P}_i + | \text{variación Almac.} | \quad (2-XXIV)$$

- 10) La diferencia $ETP_m - ETR_m$ (fila 12) se denomina Déficit agrícola, y es la cantidad de agua con que debe irrigarse el suelo

- 11) El excedente de agua (fila 13), es la cantidad sobrante cuando el suelo esta saturado (almacenaje máximo adoptado), y se calcula para $\Delta H > 0$; y si el Almacenaje = saturación, entonces,

$$Exc_i = Alm_{i-1} + \Delta H_i - \text{saturación} \quad (2-XXV)$$

Este excedente es la cantidad disponible para la Escorrentía hacia la capa freática y hacia los ríos.

- 12) El cálculo de la Escorrentía (fila 14), según la regla empírica de Thornthwaite, es el siguiente:

- Del excedente de agua para el mes i, el 50% "escurre" hacia los ríos durante el mes en cuestión, y el resto se infiltra hacia los mantos freáticos para aumentar al excedente del mes siguiente, cantidad con la que se repite el proceso en un ciclo cerrado.

- 13) La suma de las ETR mensuales representa la ETR media anual en la estación analizada.

- 14) La suma de los déficits es el déficit anual d, y la suma de los excedentes mensuales es el excedente anual s, que debe ser igual a la Escorrentía anual q.

- 14) La prueba final para la verificación del cálculo, es:

$$ETR = ETP - d \quad (2-XXVI)$$

$$ETR = P - s \quad (2-XXVII)$$

Cuadro: 2-42

BALANCE HIDRICO THORNTHWAITE - MATHER (1964 - 1982)

Estación: 02 Bermejo Provincia: Arce Departamento: Tarija			Subcuenca: río Bermejo Cuenca: río Bermejo Precip. media anual: 1081.2 mm Temp. media anual: 22.6°C										Latitud Sur 22° 43.9' Longitud Oeste 64° 20.1' Altitud 414 m snm.	
D A T O S		Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost.	Septb.	Octub.	Novb.	Dicb.	T O T A L E S
(1)	Temperat. media mensual t.	27.4	26.5	24.8	22.2	19.0	16.0	16.7	18.8	21.3	25.1	25.9	27.2	T = 22.58°C
(2)	Índice de calor mensual i (2-XIV)	13.142	12.494	11.301	9.556	7.549	5.820	6.210	7.429	8.975	11.508	12.068	12.997	$\Sigma i = 119.049$ (2-XV) a = 2.672 (2-XVIII)
(3)	Índice de iluminación; unidad mensual 12 h (Cuadro 2-52)	1.16	1.00	1.05	0.96	0.95	0.89	0.94	0.98	1.00	1.00	1.10	1.17	
(4)	Evapotranspiración Potencial sin corregir ETP_m' (2-XVI)	148.4	135.7	113.7	84.6	55.8	35.3	39.5	54.2	75.7	117.4	127.7	145.5	
(5)	Evapotranspiración Potencial $ETP_m = (3) \cdot (4)$ (2-XIX)	172.1	135.7	119.4	81.2	53.0	31.4	37.1	53.1	75.7	128.0	140.5	170.2	$\Sigma = ETP = 1197.4$ mm
(6)	Precip. media mensual P_m	238.8	204.4	182.1	90.3	23.6	14.7	9.8	6.2	22.3	42.6	105.8	140.6	$\Sigma = P = 1081.2$ mm
(7)	$P_m - ETP_m = \Delta H = (6) - (5)$	66.7	68.7	62.7	9.1	-29.4	-16.7	-27.3	-46.9	-53.4	-85.4	-34.7	-29.6	
(8)	Negativo acumulado: $\Delta H_i + \Delta H_{i-1}$ para $\Delta H < 0$					-29.4	-46.1	-73.4	-120.3	-173.7	-259.1	-293.8	-323.4	
(9)	Almacenaje Alm (2-XXI)	70.6	100	100	100	74.5	63.1	48.0	30.0	17.6	-7.5	5.3	3.9	
(10)	Variación de Almacenaje $Alm_i - Alm_{i-1}$	+66.7	+29.4	0	0	-25.5	-11.4	-15.1	-18.0	-12.4	-10.1	-2.2	-1.4	
(11)	Evapotranspiración Real ETR_m (2-XXII) ó (2-XXIV) ^m	172.1	135.7	119.4	81.2	49.1	26.1	24.9	24.2	34.7	52.7	108.0	142.0	$\Sigma = ETR = 970.1$ mm
(12)	Déficit de agua $ETP_m - ETR_m = (5) - (11)$					3.9	5.3	12.2	28.9	41.0	75.3	32.5	28.2	$\Sigma = d = 277.3$ mm
(13)	Excedente de agua (2-XXV)		39.3	62.7	9.1									$\Sigma = s = 111.1$ mm
(14)	Escurrimiento	0.0	19.7	41.2	25.1	12.6	6.3	3.1	1.6	0.8	0.4	0.2	0.1	$\Sigma = q = 111.1$ mm

Los números romanos se refieren
a las fórmulas utilizadas.

Prueba: $ETR = ETP - d = 1197.4 - 227.3$
 $ETR = P - s = 1081.2 - 111.1$

BALANCE HIDRICO THORNTHWAITTE - MATHER (1968 - 1982)

Estación: 05 Canasmoro Provincia: Mendez Departamento: Tarija		Subcuenca: río Chamata Cuenca: río Grande de Tarija Precip. media anual: 532.2 mm Temp. media anual: 17.6 °C				Latitud Sur: 21° 20.4' Longitud Oeste: 64° 45.4' Altitud: 2080 m snm.							
D A T O S	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Octb.	Novb.	Dícb.	T O T A L E S
(1) Temperatura media mensual t	20.5	20.3	19.7	17.4	15.3	13.8	13.6	14.7	16.8	18.6	19.5	20.4	$\bar{T} = 17.55$ °C
(2) Índice de calor mensual i (2-XIV)	8.470	8.345	7.974	6.608	5.439	4.652	4.550	5.119	6.266	7.310	7.852	8.407	I = 80.992 (2-XV) e = 1.796 (2-XVIII)
(3) Coef. de iluminación K; unidad mensual 12 h (Cuadro 2-52)	1.15	1.00	1.05	0.97	0.95	0.90	0.94	0.99	1.00	1.09	1.10	1.16	
(4) Evapotranspiración Potencial sin corregir ETP _m (2-XVI)	84.8	83.3	79.0	63.2	50.1	41.7	40.6	46.7	59.3	71.2	77.5	84.1	
(5) Evapotranspiración Potencial ETP _m = (3)·(4) (2-XIX)	97.5	83.3	83.0	61.3	47.6	37.5	38.2	46.2	59.3	77.6	85.3	97.6	ETP = 814.4 mm
(6) Precip. media mensual $\bar{P}_m$	108.3	108.8	82.9	26.7	2.8	2.4	2.4	1.5	8.2	29.6	51.6	107.0	P = 532.2 mm
(7) $\bar{P}_m - ETP_m = \Delta H = (6) - (5)$	+10.8	+25.5	-0.1	-34.6	-44.8	-35.1	-35.8	-44.7	-51.1	-48.0	-33.7	+9.4	
(8) Negativo acumulado $\Delta H_i + \Delta H_{i-1}$ para $\Delta H < 0$			-0.1	-34.7	-79.5	-114.6	-150.4	-195.1	-246.2	-294.2	-327.9		
(9) Almacenaje Alm (2-XXi)	20.2	40.0	39.9	16.8	5.5	2.3	0.9	0.3	0.1	0.0	0.0	9.4	
(10) Variación de Almacenaje $Alm_i - Alm_{i-1}$	+10.8	+19.8	-0.1	-23.1	-11.3	-3.2	-1.4	-0.6	-0.2	-0.1	0.0	+9.4	
(11) Evapotranspiración Real ETR _m (2-XXII) ó (2-XXIV)	97.5	83.3	83.0	49.8	14.1	5.6	3.8	2.1	8.4	29.7	51.6	97.6	ETR = 526.5 mm
(12) Déficit de agua ETP _m - ETR _m = (5) - (11)				11.5	33.5	31.9	34.4	44.1	50.9	47.9	33.7		d = 287.9 mm
(13) Excedente de agua (2-XXV)		5.7											s = 5.7 mm
(14) Escurrimiento	0	2.9	1.4	0.7	0.4	0.2	0.1	0	0	0	0	0	Q = 5.7 mm

Los números romanos se refieren a las fórmulas utilizadas

Prueba: $ETR = ETP - d = 814.4 - 287.9$
 $ETR = \bar{P} - s = 532.2 - 5.7$

Cuadro: 2-44

BALANCE HIDRICO THORNTON-HWAITE - MATHER (1968 - 1982)

. Estación: 15 Entre Ríos Provincia: D ^o Connor Departamento: Tarija		Subcuenca: río Pajonal Cuenca: río Grande de Tarija Precip. media anual: 1049 mm Temp. media anual: 19.7°C										Latitud Sur: 21° 31.4' Longitud Oeste: 64° 10.2' Altitud: 1230 m snm		
D A T O S		Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Octb.	Novb.	Dicb.	T O T A L E S
(1) Temperatura media mensual t		23.0	22.6	21.4	19.5	17.4	15.0	15.0	16.8	19.1	21.3	22.7	23.2	$\bar{T} = 19.7^{\circ}\text{C}$
(2) Índice de calor mensual i (2-XIV)		10.148	9.686	8.912	7.913	6.665	5.278	5.278	6.266	7.549	8.912	9.818	10.282	I = 96.707 (2-XV) a = 2.112 (2-XVIII)
(3) Coef. de iluminación K; unidad mensual 12 h (Cuadro 2-52)		1.15	1.00	1.05	0.97	0.95	0.90	0.94	0.99	1.00	1.09	1.10	1.16	
(4) Evapotranspiración Potencial sin corregir ETP_m^1 (2-XVI)		100.6	94.3	84.0	71.1	56.0	40.4	40.4	51.4	66.6	84.0	96.1	102.5	
(5) Evapotranspiración Potencial $ETP_m = (3) (4)$ (2-XIX)		115.7	94.3	88.2	69.0	53.2	36.4	38.0	50.9	66.6	91.6	105.7	118.9	ETP = 928.5 mm
(6) Precip. media mensual $\bar{P}_m$		197.8	204.4	178.1	87.8	15.8	10.7	6.5	8.2	19.7	43.3	113.8	162.9	P = 1049.0 mm
(7) $\bar{P}_m - ETP_m = \Delta H = (6) - (5)$		+82.1	+110.1	+89.8	+18.8	-37.4	-25.8	-31.5	-42.7	-46.9	-48.4	+8.1	+44.0	
(8) Negativo acumulado $\Delta H_i = \Delta H_{i-1}$ para $\Delta H < 0$						-37.4	-63.2	-94.7	-137.4	-184.3	-232.7			
(9) Almacenaje Alm (2-XXI)		100	100	100	100	68.8	53.2	38.8	25.3	15.8	9.8	17.9	61.9	
(10) Variación de Almacenaje $Alm_i - Alm_{i-1}$		+38.1	0	0	0	-31.2	-15.6	-14.4	-13.5	-9.5	-6.0	+8.1	+44.0	
(11) Evapotranspiración Real ETR_m (2-XXII) ó (2-XXIV)		115.7	94.3	88.2	69.0	47.0	26.2	20.9	21.7	29.2	49.2	105.7	118.9	ETR = 786.0 mm
(12) Déficit de agua $ETP_m - ETR_m = (5) - (11)$						6.2	10.2	17.1	29.2	37.4	42.4			d = 142.5 mm
(13) Excedente de agua (2-XXV)		44.0	110.1	89.8	18.8									s = 262.7 mm
(14) Escurrimiento		22.0	66.1	77.9	48.4	24.2	12.1	6.0	3.0	1.5	0.8	0.4	0.3	q = 262.7 mm

Los números romanos se refieren a las fórmulas utilizadas

Prueba: $ETR = ETP - d = 928.5 - 142.5$
 $ETR = \bar{P} - s = 1049.0 - 262.7$

BALANCE HIDRICO THORNTHWAITE - MATHER

(1968 - 1982)

Estación: 24 Padcaya Provincia: Arce Departamento: Tarija		Subcuenca: río Orosas Cuenca: río Bermejo Precip. media anual: 678.2 mm Temp. media anual: 17.4°C										Latitud Sur: 21° 53.0' Longitud Oeste: 64° 42.7' Altitud: 1990 m snm	
D A T O S	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Octb.	Novb.	Dicb.	T O T A L E S
(1) Temperatura media mensual $\bar{t}$	19.4	19.1	18.6	17.4	16.0	14.7	14.5	15.5	16.6	18.0	19.0	19.4	$\bar{T} = 17.4^{\circ}\text{C}$
(2) Índice de calor mensual i (2-XIV)	7.791	7.610	7.310	6.608	5.820	5.119	5.014	5.547	6.153	6.956	7.549	7.791	$I = 79.268$ (2-XV) $a = 1.763$ (2-XVIII)
(3) Coef. de Iluminación K; unidad mensual 12 h (Cuadro 2-52)	1.15	1.00	1.05	0.97	0.95	0.90	0.94	0.99	1.00	1.10	1.10	1.16	
(4) Evapotranspiración Potencial sin corregir ETP_m (2-XVI)	77.5	75.4	72.0	64.0	55.2	47.5	46.4	52.2	58.9	67.9	74.7	77.5	
(5) Evapotranspiración Potencial $ETP_m = (3)-(4)$ (2-XX)	89.1	75.4	75.6	62.1	52.4	42.8	43.6	51.7	58.9	74.7	82.2	89.9	$ETP = 798.4$ mm
(6) Precip. media mensual $\bar{P}_m$	165.4	111.2	92.0	33.7	4.5	1.6	0.9	5.9	12.1	61.7	73.0	136.2	$P = 678.2$ mm
(7) $\bar{P}_m - ETP_m = \Delta H = (6) - (5)$	+76.3	+35.8	+16.4	-28.4	-47.9	-41.2	-42.7	-45.8	-46.8	-33.0	-9.2	-46.3	
(8) Negativo acumulado $\Delta H_i + \Delta H_{i-1}$ para $\Delta H < 0$				-28.4	-76.3	-117.5	-160.2	-206.0	-252.8	-285.8	-295.0		
(9) Almacenaje Alm (2-XXI)	100	100	100	75.3	46.6	30.9	20.1	12.7	8.0	5.7	5.2	51.5	
(10) Variación de Almacenaje $Alm_i - Alm_{i-1}$	+48.5	0	0	-24.7	-28.7	-15.7	-10.8	-7.4	-4.7	-2.3	-0.5	+46.3	
(11) Evapotranspiración Real ETR_m (2-XXII) δ (2-XXIV)	89.1	75.4	75.6	58.4	33.2	17.3	11.7	13.3	16.8	44.0	73.5	89.9	$ETR = 598.2$ mm
(12) Déficit de agua $ETP_m - ETR_m = (5) - (11)$				3.7	19.2	25.5	31.9	38.4	42.1	30.7	8.7		$d = 200.2$ mm
(13) Excedente de agua (2-XXV)	27.8	35.8	16.4										$s = 80.0$ mm
(14) Escurrimiento	13.9	24.9	20.6	10.3	5.2	2.6	1.3	0.6	0.3	0.2	0.1	0.0	$q = 80.0$ mm

Los números romanos se refieren a las fórmulas utilizadas

Prueba: $ETR = ETP - d = 798.4 - 200.2$
 $ETR = \bar{P} - s = 678.2 - 80.0$

Cuadro: 2-46

BALANCE HÍDRICO THORNTHWAITE - MATHER

(1968 - 1982)

Estación: 32 San Andrés		Subcuenca: río Fiolmosa										Latitud Sur: 21° 37.3'		
Provincia: Avilés		Cuenca: río Grande de Tarija										Longitud Oeste: 64° 49.1'		
Departamento: Tarija		Precip. media anual: 1006.0 mm Temp. media anual: 17.3°C										Altitud: 1945 m snm		
D A T O S		Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Octb.	Novb.	Dicb.	T O T A L E S
(1) Temperatura media mensual t		19.2	19.0	18.6	17.1	15.5	14.1	14.3	15.5	17.1	18.4	19.3	19.5	$\bar{T} = 17.3^{\circ}\text{C}$
(2) Índice de calor mensual i (2-XIV)		7.670	7.549	7.310	6.436	5.547	4.806	4.909	5.547	6.436	7.191	7.731	7.852	$I = 78.984$ (2-XV) $a = 1.757$ (2-XVIII)
(3) Coef. de iluminación K ; unidad mensual 12 h (Cuadro 2-52)		1.15	1.00	1.05	0.97	0.95	0.90	0.94	0.99	1.00	1.09	1.10	1.16	
(4) Evapotranspiración Potencial sin corregir ETP'_m (2-XVI)		76.2	74.8	72.1	62.2	52.3	44.3	45.4	52.3	62.2	70.7	76.9	78.3	
(5) Evapotranspiración Potencial $ETP_m = (3) \cdot (4)$ (2-XIX)		87.6	74.8	75.7	60.3	49.7	39.9	42.7	51.8	62.2	77.1	84.6	90.8	$ETP = 797.2$ mm
(6) Precip. media mensual $\bar{P}_m$		196.2	197.9	146.2	49.2	10.6	3.2	2.8	7.6	25.9	62.6	113.6	190.2	$P = 1006.0$ mm
(7) $\bar{P}_m - ETP_m = (6) - (5)$		+108.6	+123.1	+70.4	-11.1	-39.1	-36.7	-39.9	-44.2	-36.3	-14.5	+28.9	+99.4	
(8) Negativo acumulado $\Delta H_i = \Delta H_{i-1}$ para $\Delta H < 0$					-11.1	-50.2	-86.9	-126.8	-171.0	207.3	-221.8			
(9) Almacenaje Alm (2-XXI)		100	100	100	89.5	60.5	41.9	28.1	18.1	12.6	10.9	39.8	100	
(10) Variación de Almacenaje $Alm_i - Alm_{i-1}$		0	0	0	-10.5	-29.0	-18.6	-13.8	-10.0	-5.5	-1.7	+28.9	+60.2	
(11) Evapotranspiración Real ETR_m (2-XXII) ó (2-XXIV)		87.6	74.8	75.7	59.7	39.6	21.8	16.6	17.6	31.4	64.3	84.6	90.8	$ETR = 664.5$ mm
(12) Déficit de agua $ETP_m - ETR_m = (5) - (11)$					0.6	10.1	18.1	26.1	34.2	30.8	12.8			$d = 132.7$ mm
(13) Excedente de agua (2-XXV)		108.6	123.1	70.4										$s = 341.3$ mm
(14) Escurrimiento		64.1	93.6	82.0	41.0	20.5	10.3	5.1	2.6	1.3	0.6	0.6	19.6	$Q = 341.3$ mm

Los números romanos se refieren a las fórmulas utilizadas

Pruebas: $ETR - ETP - d = 797.2 - 132.7$
 $ETR - \bar{P} - s = 1006.0 - 341.3$

Cuadro: 2-47

BALANCE HÍDRICO THORNTHWAITE - MATHER

(1968 - 1982)

Estación: 33 San Jacinto Provincia: Avilés Departamento: Tarija	Subcuenca: río Tolomosa Cuenca: río Grande de Tarija Precip. media anual: 525.7 mm Temp. media anual: 17.3 °C										Latitud Sur: 21° 36.0' Longitud Oeste: 64° 42.9' Altitud: 1860 m s.n.m.		
D A T O S	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Octb.	Novb.	Dicb.	T O T A L E S
(1) Temperatura media mensual t	19.8	19.4	18.9	17.2	15.0	13.1	13.6	15.0	16.9	18.7	19.7	20.0	$\bar{T} = 17.28$ °C
(2) Índice de calor mensual i (2-XIV)	8.036	7.791	7.489	6.493	5.278	4.299	4.550	5.278	6.322	7.370	7.974	8.159	$I = 79.059$ (2-XV) $a = 1.760$ (2-XVIII)
(3) Coef. de iluminación K ; unidad mensual 12 h (Cuadro 2-52)	1.15	1.00	1.05	0.97	0.95	0.90	0.94	0.99	1.00	1.09	1.10	1.16	
(4) Evapotranspiración Potencial sin corregir ETP_m' (2-XVI)	80.5	77.7	74.2	62.9	49.4	38.9	41.6	49.4	61.0	72.8	79.8	82.0	
(5) Evapotranspiración Potencial $ETP_m = (3) \cdot (4)$ (2-XIX)	92.6	77.7	77.9	61.0	46.9	35.0	39.1	40.9	61.0	79.4	87.8	95.1	$ETP = 802.4$ mm
(6) Precip. media mensual $\bar{P}_m$	98.6	95.3	73.2	24.9	2.8	3.4	1.5	5.6	13.4	30.5	65.2	111.3	$P = 525.7$ mm
(7) $\bar{P}_m - ETP_m = \Delta H = (6) - (5)$	+6.0	+17.6	-4.7	-36.1	-44.1	-31.6	-37.6	-43.3	-47.6	-48.9	-22.6	+16.2	
(8) Negativo acumulado $\Delta H_i + \Delta H_{i-1}$: para $\Delta H < 0$			-4.7	-40.8	-84.9	-116.5	-154.1	-197.4	-245.0	-293.9	-316.5		
(9) Almacenaje Alm (2-XXI)	22.2	90.0	25.6	7.7	1.8	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	16.2	
(10) Variación de Almacenaje $Alm_i - Alm_{i-1}$	+6.0	+7.8	-4.4	-17.9	-5.9	-1.2	-0.4	-0.2	0.0	0.0	0.0	+16.2	
(11) Evapotranspiración Real ETR_m (2-XXII) ó (2-XXIV)	92.6	77.7	77.6	42.8	8.7	4.5	1.9	5.3	13.4	30.5	65.2	95.1	$ETR = 515.9$ mm
(12) Déficit de agua $ETP_m - ETR_m = (5) - (11)$			0.3	18.2	38.2	30.4	37.2	43.1	47.6	48.9	22.6		$d = 286.5$ mm
(13) Excedente de agua (2-XXV)		9.8											$s = 9.8$ mm
(14) Escurrimiento	0.0	4.9	2.5	1.2	0.6	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	$q = 9.8$ mm

Los números romanos se refieren a las fórmulas utilizadas

Prueba: $ETR = ETP - d = 802.4 - 286.5$
 $ETR = \bar{P} - s = 525.7 - 9.8$

BALANCE HÍDRICO THORNTHWAITE - MATHER (1968 - 1982)

Estación: 37 Tarija AASANA Provincia: Cercado Departamento: Tarija		Subcuenca: río Guadalquivir Cuenca: río Grande de Tarija Precip. media anual: 616.2 mm Temp. media anual: 18.8 °C										Latitud Sur: 21° 32.8' Longitud Oeste: 64° 42.4' Altitud: 1860 m snm.	
DATOS	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Octb.	Novb.	Dicb.	TOTALES
(1) Temperatura media mensual t	21.5	21.3	20.4	18.6	16.4	14.5	14.8	16.4	18.6	20.4	21.5	21.7	$\bar{T} = 18.84$ °C
(2) Índice de calor mensual i (2-XIV)	9.103	8.975	8.407	7.310	6.041	5.014	5.172	6.041	7.310	8.407	9.103	9.232	$I = 90.115$ (2-XV) $a = 1.975$ (2-XVIII)
(3) Coef. de iluminación K; unidad mensual 12 h (Cuadro 2-52)	1.15	1.00	1.05	0.97	0.95	0.90	0.94	0.99	1.00	1.09	1.10	1.16	
(4) Evapotranspiración Potencial sin corregir ETP_m (2-XVI)	89.1	87.5	80.3	66.9	52.2	40.9	42.6	52.2	66.9	80.3	89.1	90.8	
(5) Evapotranspiración Potencial $ETP_m = (3) \cdot (4)$ (2-XIX)	102.5	87.5	84.3	64.9	49.6	36.8	40.0	51.7	66.9	87.5	98.0	105.3	$ETP = 875.0$ mm
(6) Precip. media mensual $\bar{P}_m$	142.4	117.3	83.0	27.5	4.4	2.1	1.9	3.6	6.3	29.8	67.2	130.7	$P = 616.2$ mm
(7) $\bar{P}_m - ETP_m = \Delta H = (6) - (5)$	+39.9	+29.8	-1.3	-37.4	-45.2	-34.7	-38.1	-48.1	-60.6	-57.7	-30.8	+25.4	
(8) Negativo acumulado $\Delta H_i + \Delta H_{i-1}$ para $\Delta H < 0$			-1.3	-38.7	-83.9	-118.6	-156.7	-204.8	-265.4	-323.1	-353.9		
(9) Almacenaje Alm (2-XXI)	50.0	50.0	48.7	23.1	9.3	4.7	2.2	0.8	0.2	0.1	0.0	25.4	
(10) Variación de Almacenaje $Alm_i - Alm_{i-1}$	+24.6	0.0	-1.3	-25.6	-13.8	-4.6	-2.5	-1.4	-0.6	-0.1	-0.1	+25.4	
(11) Evapotranspiración Real ETR_m (2-XXII) ó (2-XXIV)	102.5	87.5	84.3	53.1	18.2	6.7	4.4	5.0	6.9	29.9	67.3	105.3	$ETR = 571.1$ mm
(12) Déficit de agua $ETP_m - ETR_m = (5) - (11)$				11.8	31.4	30.1	35.6	46.7	60.0	57.6	30.7		$d = 303.9$ mm
(13) Excedente de agua (2-XXV)	15.4	29.8											$s = 45.2$ mm
(14) Escurrimiento	7.7	18.8	9.4	4.7	2.3	1.2	0.6	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	$q = 45.2$ mm

Los números romanos se refieren a las fórmulas utilizadas

Prueba: $ETR = ETP - d = 875.0 - 303.9$
 $ETR = \bar{P} - s = 616.2 - 45.2$

BALANCE HIDRICO THORNTHWAITTE - MATHER (1968 - 1982)

Estación: Tarija SENAMHI Provincia: Cercado Departamento: Tarija			Subcuenca: río Guadalupe Cuenca: río Grande de Tarija Precip. media anual: 614.8 mm Temp. media anual: 17.8 °C										Latitud Sur: 21° 31.6' Longitud Oeste: 64° 43.5' Altitud: 1875 m s.n.m.	
D A T O S		Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Octb.	Novb.	Dicb.	T O T A L E S
(1) Temperatura media mensual t		20.8	20.3	19.8	17.7	15.2	13.4	13.6	15.1	17.3	19.3	20.4	20.8	$\bar{T} = 17.81$ °C
(2) Índice de calor mensual i (2-XIV)		8.658	8.345	8.036	6.781	5.385	4.449	4.550	5.331	6.550	7.731	8.407	8.658	$I = 82.881$ (2-XV) $a = 1.832$ (2-XVIII)
(3) Coef. de Iluminación K; unidad mensual 12 h (Cuadro 2-52)		1.15	1.00	1.05	0.97	0.95	0.90	0.94	0.99	1.00	1.09	1.10	1.16	
(4) Evapotranspiración Potencial sin corregir ETP'_m (2-XVI)		86.3	82.6	78.9	64.2	48.6	38.6	39.6	48.0	61.6	75.3	83.3	86.3	
(5) Evapotranspiración Potencial $ETP_m = (3)-(4)$ (2-XIX)		99.2	82.6	82.8	62.3	46.2	34.7	37.2	47.5	61.6	82.1	91.6	100.1	$ETP = 827.9$ mm
(6) Precip. media mensual $\bar{P}_m$		123.0	107.2	91.0	36.2	3.3	0.6	2.2	4.0	7.2	35.4	61.7	143.0	$P = 614.8$ mm
(7) $\bar{P}_m - ETP_m = \Delta H = (6) - (5)$		23.8	24.6	8.2	-26.1	-42.9	-34.1	-35.0	-43.5	-54.4	-46.7	-29.9	+42.9	
(8) Negativo acumulado $\Delta H_i + \Delta H_{i-1}$ para $\Delta H < 0$					-26.1	-69.0	-103.1	-138.1	-181.6	-236.0	-282.7	-312.6		
(9) Almacenaje Alm (2-XXI)		50	50	50	29.7	12.6	6.4	3.2	1.3	0.4	0.2	0.1	43.0	
(10) Variación de Almacenaje $Alm_j - Alm_{j-1}$		+7.0	0.0	0.0	-20.3	-17.1	-6.2	-3.2	-1.9	-0.9	-0.2	-0.1	+42.9	
(11) Evapotranspiración Real ETR_m (2-XXII) o (2-XXIV)		99.2	82.6	82.8	56.5	20.4	6.8	5.4	5.9	8.1	35.6	61.8	100.1	$ETR = 565.2$ mm
(12) Déficit de agua $ETP_m - ETR_m = (5) - (11)$					5.8	25.8	27.9	31.8	41.6	53.5	46.5	29.8		$d = 262.7$ mm
(13) Excedente de agua (2-XXV)		16.8	24.6	8.2										$s = 49.6$ mm
(14) Escurrimiento		8.4	16.5	12.4	6.2	3.1	1.5	0.8	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	$q = 49.6$ mm

Los números romanos se refieren a las fórmulas utilizadas

Prueba: $ETR = ETP - d = 827.9 - 262.7$
 $ETR = \bar{P} - s = 614.8 - 49.6$

BALANCE HÍDRICO THORNTHWAITE - MATHER (1968 - 1987)

Estación: 39 Tariquía Provincia: Arce Departamento: Tarija	Subcuenca: río Pampa Grande Cuenca: río Grande de Tarija Precip. media anual: 1456.0 mm Temp. media anual: 18.4 °C										Latitud Sur: 22° 02.6' Longitud Oeste: 64° 21.5' Altitud: 950 m snm.		
D A T O S	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Octb.	Novb.	Dicb.	T O T A L E S
(1) Temperatura media mensual $\bar{t}$	21.5	21.1	20.3	18.4	15.9	13.6	14.1	15.4	17.9	19.8	21.1	21.6	$\bar{T} = 18.39$ °C
(2) Índice de calor mensual i (2-XIV)	9.103	8.848	8.345	7.191	5.765	4.550	4.806	5.492	6.897	8.036	8.848	9.167	$I = 87.048$ (2-XV) $a = 1.913$ (2-XVIII)
(3) Coef. de iluminación K ; unidad mensual 12 h (Cuadro 2-52)	1.15	1.00	1.05	0.97	0.95	0.90	0.94	0.99	1.00	1.09	1.10	1.16	
(4) Evapotranspiración Potencial sin corregir ETP'_m (2-XVI)	90.2	87.0	80.8	67.0	50.7	37.6	40.3	47.7	63.5	77.1	87.0	91.0	
(5) Evapotranspiración Potencial $ETP_m = (3) \cdot (4)$ (2-XVII)	103.7	87.0	84.8	65.0	48.2	33.8	37.9	47.2	63.5	84.0	95.7	105.6	$ETP = 856.4$ mm
(6) Precip. media mensual $\bar{P}_m$	271.5	300.5	170.9	108.2	27.1	12.7	16.2	9.1	14.9	86.3	228.6	210.0	$P = 1456.0$ mm
(7) $\bar{P}_m - ETP_m = \Delta H = (6) - (5)$	+167.8	+213.5	+86.1	+43.2	-21.1	-21.1	-21.7	-38.1	-48.6	+2.3	+132.9	+104.4	
(8) Negativo acumulado $\Delta H_i + \Delta H_{i-1}$ para $\Delta H < 0$					-21.1	-42.2	-63.9	-102.0	-150.6				
(9) Almacenaje Alm (2-XXI)	100	100	100	100	81.0	65.6	52.8	36.1	22.2	24.5	100.	100	
(10) Variación de Almacenaje $Alm_i - Alm_{i-1}$	0	0	0	0	-19.0	-15.4	-12.8	-16.7	-13.9	+2.3	+75.5	0	
(11) Evapotranspiración Real ETR_m (2-XXII) ó (2-XXIV)	103.7	87.0	84.8	65.0	46.1	28.1	29.0	25.8	28.8	84.0	95.7	105.6	$ETR = 783.6$ mm
(12) Déficit de agua $ETP_m - ETR_m = (5) - (11)$					2.1	5.7	8.9	21.4	34.7				$d = 72.8$ mm
(13) Excedente de agua (2-XXV)	167.8	213.5	86.1	43.2							57.4	104.4	$s = 672.4$ mm
(14) Escurrimiento	117.2	165.3	125.7	84.5	42.2	21.1	10.6	5.3	2.6	2.6	28.7	66.6	$q = 672.4$

Los números romanos se refieren a las fórmulas utilizadas

Prueba: $ETR = ETP - d = 856.4 - 72.8$
 $ETR = \bar{P} - s = 1456.0 - 672.4$

BALANCE HIDRICO THORNTHWAITE - MATHER (1968 - 1982)

Estación: 60 Orán meteorológica Provincia: Salta, Argentina Departamento: -----		Subcuenca: río Zenta Cuenca: río Bermejo Precip. media anual: 1002.1 mm Temp. media anual: 21.2 °C										Latitud Sur: 23° 09' Longitud Oeste: 64° 19' Altitud: 362 m snm.	
DATOS	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Octb.	Novb.	Dicb.	T O T A L E S
(1) Temperatura media mensual t	25.6	24.8	23.6	20.9	18.1	14.9	14.6	17.1	20.4	23.3	24.9	25.6	$\bar{T} = 21.15 \text{ °C}$
(2) Índice de calor mensual i (2-XIV)	11.857	11.301	10.483	8.721	7.014	5.225	5.066	6.436	8.407	10.282	11.370	11.857	$I = 108.019 \text{ (2-XV)}$ $a = 2.377 \text{ (2-XVII)}$
(3) Coef. de iluminación K; unidad mensual 12 h (Cuadro 2-52)	1.16	1.01	1.05	0.96	0.95	0.89	0.94	0.98	1.00	1.09	1.10	1.17	
(4) Evapotranspiración Potencial sin corregir ETP_m^p (2-XVI)	124.4	115.4	102.5	76.1	54.6	34.4	32.7	47.7	72.5	99.5	116.5	124.4	
(5) Evapotranspiración Potencial $ETP_m = (3) \cdot (4)$ (2-XIX)	144.3	116.6	107.6	73.7	51.9	30.6	30.7	46.7	72.5	108.5	128.2	145.5	$ETP = 1056.8 \text{ mm}$
(6) Precip. media mensual $\bar{P}_m$	201.3	196.8	146.7	90.3	18.5	11.8	5.5	7.7	13.4	49.4	87.4	173.3	$P = 1002.1 \text{ mm}$
(7) $\bar{P}_m - ETP_m = \Delta H = (6) - (5)$	+57.0	+80.2	+39.1	+16.6	-33.4	-18.8	-25.2	-39.0	-59.1	-59.1	-40.8	+27.8	
(8) Negativo acumulado $\Delta H_i + \Delta H_{i-1}$ para $\Delta H < 0$					-33.4	-52.2	-77.4	-116.4	-175.5	-234.6	-275.4		
(9) Almacenaje Alm (2-XXI)	91.2	100	100	100	71.6	59.3	46.1	31.2	17.3	9.6	6.4	34.2	
(10) Variación de Almacenaje $\Delta \text{Alm}_i = \text{Alm}_i - \text{Alm}_{i-1}$	+57.0	+8.8	0	0	-28.4	-12.3	-13.2	-14.9	-13.9	-7.7	-3.2	+27.8	
(11) Evapotranspiración Real ETR_m (2-XXII) ó (2-XXIV)	144.3	116.6	107.6	73.7	46.9	24.1	18.7	22.6	27.3	57.1	90.6	145.5	$ETR = 875.0 \text{ mm}$
(12) Déficit de agua $ETP_m - ETR_m = (5) - (11)$					5.0	6.5	12.0	24.1	45.2	51.4	37.6		$d = 181.8 \text{ mm}$
(13) Excedente de agua (2-XXV)		71.4	39.1	16.6									$s = 127.1 \text{ mm}$
(14) Escurrimiento	0.0	35.7	37.4	27.0	13.5	6.8	3.4	1.7	0.8	0.4	0.2	0.1	$q = 127.1 \text{ mm}$

Los números romanos se refieren a las fórmulas utilizadas

Prueba: $ETR = ETP - d = 1056.8 - 181.8$
 $ETR = \bar{P} - s = 1002.1 - 127.1$

Cuadro 2-52

LATITUD	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
10° N	11,6	11,8	12,1	12,4	12,6	12,7	12,6	12,4	12,2	11,9	11,7	11,5
8° N	11,7	11,9	12,1	12,3	12,5	12,6	12,5	12,4	12,2	12,0	11,8	11,6
6° N	11,8	11,9	12,1	12,3	12,4	12,5	12,4	12,3	12,2	12,0	11,9	11,7
4° N	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4	12,3	12,2	12,0	12,0	11,9	11,9
2° N	12,0	12,0	12,1	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	12,0
Ecuador	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1
2° S	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	12,0	12,0	12,0	12,1	12,1	12,2	12,2
4° S	12,3	12,2	12,1	12,0	11,9	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4
6° S	12,4	12,3	12,1	12,0	11,9	11,7	11,8	11,9	12,1	12,2	12,4	12,5
8° S	12,5	12,4	12,1	11,9	11,7	11,6	11,7	11,9	12,1	12,3	12,5	12,6
10° S	12,6	12,4	12,1	11,9	11,7	11,5	11,6	11,8	12,0	12,3	12,6	12,7
12° S	12,7	12,5	12,2	11,8	11,6	11,4	11,5	11,7	12,0	12,4	12,7	12,8
14° S	12,8	12,6	12,2	11,8	11,5	11,3	11,4	11,6	12,0	12,4	12,8	12,9
16° S	13,0	12,7	12,2	11,7	11,4	11,2	11,2	11,6	12,0	12,4	12,9	13,1
18° S	13,1	12,7	12,2	11,7	11,3	11,1	11,1	11,5	12,0	12,5	13,0	13,2
20° S	13,2	12,8	12,2	11,6	11,2	10,9	11,0	11,4	12,0	12,5	13,2	13,3
22° S	13,4	12,8	12,2	11,6	11,1	10,8	10,9	11,3	12,0	12,6	13,2	13,5
24° S	13,5	12,9	12,3	11,5	10,9	10,7	10,8	11,2	11,9	12,6	13,3	13,6
26° S	13,6	12,9	12,3	11,5	10,8	10,5	10,7	11,2	11,9	12,7	13,4	13,8
28° S	13,7	13,0	12,3	11,4	10,7	10,4	10,6	11,1	11,9	12,8	13,5	13,9
30° S	13,9	13,1	12,3	11,4	10,6	10,2	10,4	11,0	11,9	12,8	13,6	14,1
32° S	14,0	13,2	12,3	11,3	10,5	10,0	10,3	10,9	11,9	12,9	13,7	14,2
34° S	14,2	13,3	12,3	11,3	10,3	9,8	10,1	10,9	11,9	12,9	13,9	14,4
36° S	14,3	13,4	12,4	11,2	10,2	9,7	10,0	10,7	11,9	13,0	14,0	14,6
38° S	14,5	13,5	12,4	11,1	10,1	9,5	9,8	10,6	11,8	13,1	14,2	14,8
40° S	14,7	13,6	12,4	11,1	9,9	9,3	9,6	10,5	11,8	13,1	14,3	15,0

Duración máxima en horas de la insolación diaria, N, en los distintos meses del año y entre las latitudes 10°N y 40°S.

Los valores corresponden al 15° día de cada mes.

(Fuente: Datos interpolados de SMITHSONIAN METEOROLOGICAL. Tablas, 6a. ed. 1951. Tabla 171).

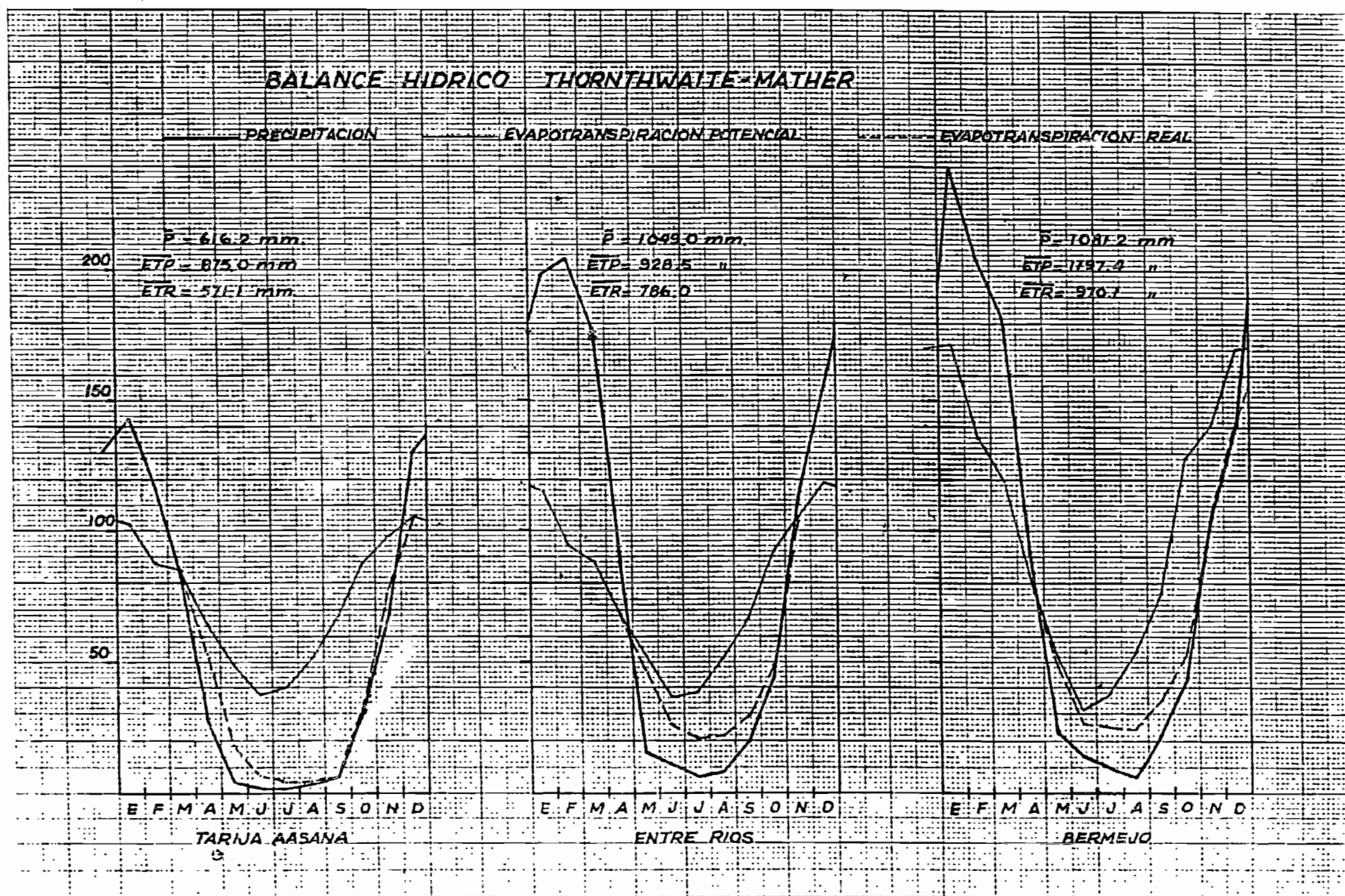


Fig. 2-30

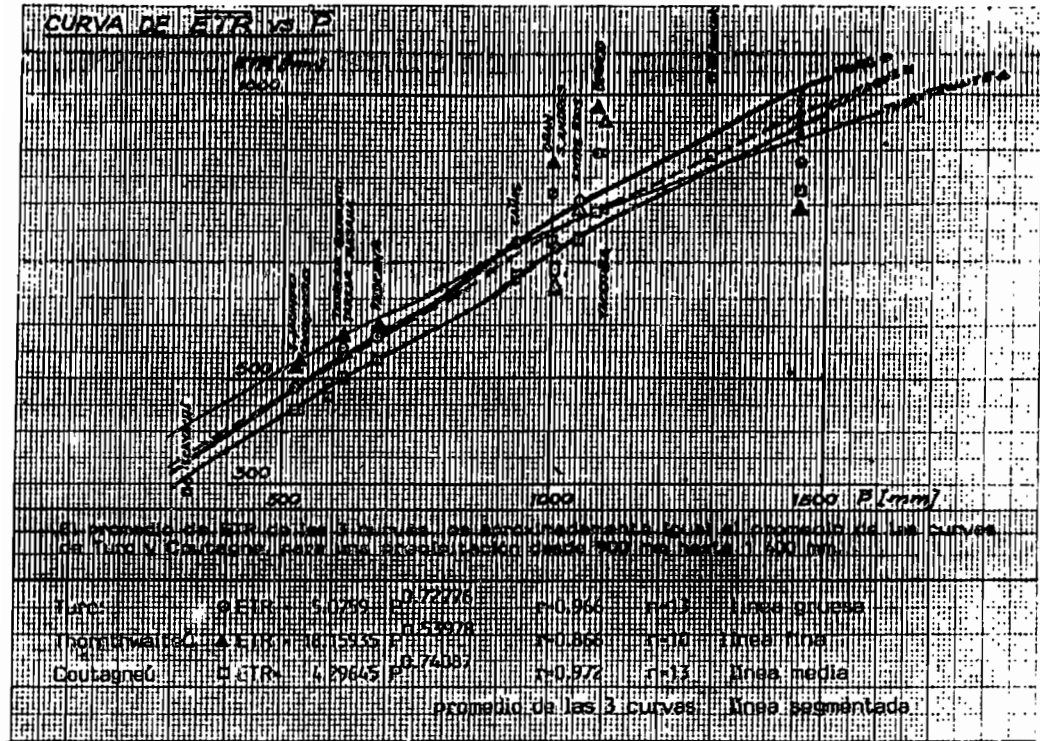
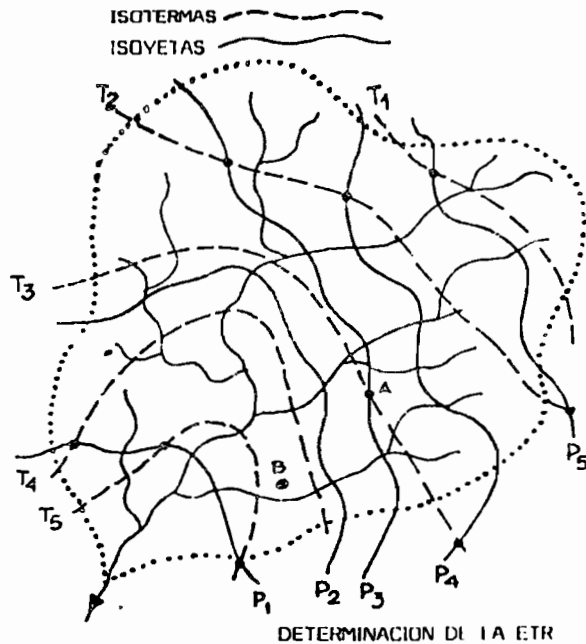


Fig. 2-31

Cuadro 2-53

VALORES DE ETR ESTIMADOS POR FORMULAS EMPIRICAS

Estación	Trja. AASA	San Jact.	San Canes Andr.	San Canes Andr.	Pad. cava	Entr. Rios	Ber. mejo	Tari. quia	Orán	Trja. SNMH	Ca. nas	Jung. cas	Río Cchs.	Yb. ba	Isca. vach.
Precipitación P	616	526	1006	532	678	1049	1081	1456	1032	615	931	590	1289	1096	331
ETR Turc	560	483	724	490	581	809	894	878	820	548	733	491	1036	902	305
ETR Thornthwaite	579	521	664	532	598	786	974	791	875	573	---	---	954	---	---
ETR Coutagne	506	460	692	445	536	740	786	828	735	500	679	465	891	742	263



TURC

$$ETR_B = P_B \sqrt{0.9 \cdot (P_B / A_B)^2}$$

$$ETR_A = P_A \sqrt{0.9 \cdot (P_A / A_A)^2}$$

$$i = 300 + 2.5 \cdot T_i + 0.05 \cdot T_i^2$$

COUTAGNE

$$ETR_B = P_B - \lambda \cdot P_B^2 / 1000$$

$$ETR_A = P_A - \lambda \cdot P_A^2 / 1000$$

$$\lambda = 1 / (0.8 + 0.14 \cdot T_i)$$

$$i = B \cdot 3$$

Fig. 2-32

2.5.2 EVALUACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION ESPACIAL.

Se ha elaborado un gráfico de correlación de Precipitación versus Evapotranspiración real para los valores obtenidos por las fórmulas de Turc, Coutagne y Thornthwaite, de las estaciones termométricas de la cuenca (Fig. 2-31). Se comprueba que el promedio ponderado (peso r) de la ETR obtenida de las 3 curvas, es aproximadamente igual al promedio de la ETR obtenida de las curvas de terminadas por Turc y Coutagne, para un mismo valor de precipitación. En base a esta consideración, se ha obtenido la ETR puntual, utilizando el promedio que dan las fórmulas de Turc y Coutagne, con ayuda de los mapas de Isoyetas é Isotermas, como se muestra en la Fig. 2-32.

Las Isolíneas de ETR se han obtenido por interpolación lineal entre los puntos cuyos valores se han obtenido como se explica líneas arriba.

2.5.3 PRESENTACION DE RESULTADOS.

En los Cuadros 2-52 a 2-71, se desarrolla el cálculo de la ETR media anual de cada subcuenca, aplicando el método de las áreas entre Isoyetas, con la fórmula 2-VIII. El resumen de las ETR por subcuencas se presenta en el Cuadro 2-72.

Cuadro: 2-54

Subcuenca: C1 río: Chamata.

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	ETR entre Isolíneas (mm)	Area entre Isolíneas (Km2)	Volumen de ETR entre Isolíneas (Km2 mm)
m	468			
1	500	484	78.0	37 752.0
2	550	525	100.2	52 605.0
3	600	575	46.0	26 450.0
M	608	604	2.8	1 691.0
			227.0	118 498.2

$$\langle \overline{ETR}_C \rangle = \frac{118\,498.2}{227.0} = 522.0 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-55

Subcuenca: C2* río: alto Guadalquivir

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	ETR entre Isolíneas (mm)	Area entre Isolíneas (Km2)	Volumen de ETR entre Isolíneas (Km2 mm)
m	468			
1	500	484	125.8	60 887.2
2	550	525	224.1	117 652.5
3	600	575	70.9	40 767.5
4	700	650	165.5	107 575.0
M'	735	717.5	28.4	20 377.0
m'	500	-----	-----	-----
2	550	525	41.6	21 787.5
3	600	575	38.3	22 022.5
			694.5	391 069.2

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{391\,069.2}{694.5} = 563.2 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-56

Subcuenca: C3 río: Tolomosa

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	ETR entre Isolíneas (mm)	Area entre Isolíneas (Km2)	Volumen de ETR entre Isolíneas (Km2 mm)
m	462			
1	500	481	57.2	27 513.2
2	600	550	72.2	39 710.0
3	700	650	134.7	87 555.0
M	735	717.5	34.3	24 610.3
m'	404	-----	-----	-----
1	500	452	80.0	36 160.0
2	600	550	81.6	44 880.0
			460.0	260 428.5

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{260\,428.5}{460.0} = 566.1 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-57

Subcuenca: C4 río: Santa Ana

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	ETR entre Isolíneas (mm)	Area entre Isolíneas (Km2)	Volumen de ETR entre Isolíneas (Km2 mm)
m	380			
1	400	390	39.9	15 561.
2	450	425	147.6	62 730.
3	500	475	165.0	78 375.
4	550	525	173.2	90 930.
M	560	555	36.3	20 146.5
			562.0	267 742.5

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{267\,742.5}{562.0} = 476.4 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-58

Subcuenca: C5 río: Camacho

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	ETR entre Isolíneas (mm)	Área entre Isolíneas (Km2)	Volumen de ETR entre Isolíneas (Km2 mm)
m	443			
1	500	471.5	38.7	18 247.1
2	600	550	111.6	61 380.0
3	650	625	89.0	55 625.0
4	700	675	221.1	149 242.5
M	727	713.5	20.5	14 626.8
m'	620	-----	-----	-----
1	650	635	16.2	10 287.0
m''	418	-----	-----	-----
1	500	459	75.2	34 516.8
2	600	550	97.9	53 845.0
3	650	625	79.8	49 875.0
			750.0	447 645.2

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{447\ 645.2}{750.0} = 596.8 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-59

Subcuenca: C6* río: bajo Guadalquivir

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	ETR entre Isolíneas (mm)	Área entre Isolíneas (Km2)	Volumen de ETR entre Isolíneas (Km2 mm)
m	322			
1	400	361	133.4	48 157.6
2	450	425	179.5	76 287.5
M'	490	470	24.9	11 703.0
2	450	---	-----	-----
3	500	475	173.5	82 412.5
4	550	525	20.1	10 552.5
3	500	---	-----	-----
5	600	550	73.8	40 590.0
M	700	650	4.8	3 120.0
			610.0	272 822.9

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{272\ 822.9}{610.0} = 447.3 \text{ mm}$$

El total de Evapotranspiración real media anual de la subcuenca del río Guadalquivir hasta La Angostura, es:

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{1\ 758\ 144.0}{3\ 303.5} = 532.2 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-60

Subcuenca: C8

río: Pajonal

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	ETR entre Isolíneas (mm)	Area entre Isolíneas (km2)	Volumen de ETR Entre Isolíneas (Km2 mm)
m	512			
1	600	556	65.2	36 251.2
2	700	650	92.8	60 320.0
3	750	725	58.5	42 412.5
M	772	761	6.0	4 566.0
			222.5	143 549.7

$$\langle \overline{ETR}_C \rangle = \frac{143\ 549.7}{222.5} = 645.2 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-61

Subcuenca: C9

río: Santa Ana

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	ETR entre Isolíneas (mm)	Area entre Isolíneas (Km2)	Volumen de ETR entre Isolíneas (Km2 mm)
m	512			
1	600	556	61.7	34 305.2
2	700	650	121.5	78 975.0
3	750	725	70.5	51 112.5
M	772	761	42.3	32 190.3
			296.0	196 583.0

$$\langle \overline{ETR}_C \rangle = \frac{196\ 583.0}{296.0} = 664.1 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-62

Subcuenca: C10*

río: Salinas

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	ETR entre Isolíneas (mm)	Area entre Isolíneas (Km2)	Volumen de ETR entre Isolíneas (Km2 mm)
m	701			
1	750	725.5	49.2	35 694.6
2	800	775	289.0	223 975.0
3	850	825	104.3	86 047.5
M	896	873	139.5	121 783.5
			582.0	467 500.6

$$\langle \overline{ETR}_C \rangle = \frac{467\ 500.6}{582.0} = 803.3 \text{ mm}$$

El total de Evapotranspiración real media anual de la subcuenca del río

Salinas hasta la junta con el río Tarija, es:

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{807\,633.3}{1\,100.5} = 733.9 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-63

Subcuenca: C7* río: Tarija superior

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	$\overline{ETR}$ entre Isolíneas (mm)	Area entre Isolíneas (km ²)	Volumen de ETR entre Isolíneas (Km ² mm)
m	701	725.5	49.2	35 694.6
1	750	775	289.0	223 975.0
2	800	825	104.3	86 047.5
3	850	873	139.5	121 783.5
M	896			
			582.0	467 500.6

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{467\,500.6}{582.0} = 803.3 \text{ mm}$$

El total de la Evapotranspiración real media anual de la subcuenca del río Tarija superior hasta la junta con el río Salinas, es:

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{3\,414\,339.8}{5\,711.0} = 597.8 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-64

Subcuenca: C11 río: Pampa Grande

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	$\overline{ETR}$ entre Isolíneas (mm)	Area entre Isolíneas (Km ²)	Volumen de ETR entre Isolíneas (Km ² mm)
m	603	651.5	61.4	40 002.1
1	700	750	104.4	78 300.0
2	800	825	78.3	64 597.5
3	850	875	100.5	87 937.5
4	900	922	190.4	175 548.8
M	944			
			535.0	446 385.9

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{446\,385.9}{535.0} = 834.4 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-65

Subcuenca: C12 río: Chiquiaca

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	ETR entre Isolíneas (mm)	Area entre Isolíneas (Km2)	Volumen de ETR entre Isolíneas (Km2 mm)
m	709			
1	750	729.5	100.9	73 606.6
2	800	775	332.8	257 920.0
3	850	825	463.3	382 222.5
M	862	856	23.0	19 688.0
			920.0	733 437.1

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{733\,437.1}{920.0} = 797.2 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-66

Subcuenca: C13 río: Itau

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	ETR entre Isolíneas (mm)	Area entre Isolíneas (Km2)	Volumen de ETR entre Isolíneas (Km2 mm)
m	727			
1	750	738.5	238.4	176 058.4
2	775	762.5	481.5	367 143.8
M	780	777.5	389.1	302 525.3
			1 109.0	845 727.5

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{845\,727.5}{1\,109.0} = 762.6 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-67

Subcuenca: C14* río: Tarija inferior

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	ETR entre Isolíneas (mm)	Area entre Isolíneas (Km2)	Volumen de ETR entre Isolíneas (km2 mm)
m	742			
1	750	746	4.7	3 506.2
2	800	775	211.5	163 912.5
3	850	825	451.6	372 570.0
4	900	875	181.4	158 725.0
5	950	925	272.1	251 692.5
M	956	953	3.2	3 049.6
			1 124.5	953 455.8

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{953\,455.8}{1\,124.5} = 847.9 \text{ mm}$$

El total de la Evapotranspiración real media anual de la subcuenca del

río Tarija hasta la junta con el río Itau, es:

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{6\ 393\ 346.1}{9\ 399.5} = 680.1 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-68

Subcuenca: C15* río: Grande de Tarija

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	$\overline{ETR}$ entre Isolíneas (mm)	Area entre Isolíneas (Km2)	Volumen de ETR entre Isolíneas (Km2 mm)
m	760			
1	775	767.5	32.5	24 943.8
2	800	787.5	525.0	413 437.5
3	850	825	862.9	711 892.5
M	868	859	92.1	79 113.9
			1 512.5	1 229 387.7

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{1\ 229\ 387.7}{1\ 512.5} = 812.8 \text{ mm}$$

El total de la Evapotranspiración real media anual de la subcuenca del río Grande de Tarija, es:

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{7\ 622\ 733.8}{10\ 912.0} = 698.6 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-69

Subcuenca: C16 río: Orosas

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	$\overline{ETR}$ entre isolíneas (mm)	Area entre isolíneas (Km2)	Volumen de ETR Entre isolíneas (Km2 mm)
m	490			
1	500	495	4.7	2 326.5
2	600	550	91.3	50 215.0
3	650	625	151.3	94 562.5
3	620	635	27.6	49 276.0
m'	620	635	77.6	49 276.0
3	650	675	336.4	227 070.0
4	700	750	146.6	109 950.0
5	800	825	20.6	16 995.0
M	850			
			828.5	550 395.0

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{550\ 395.0}{828.5} = 664.3 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-70

Subcuenca: C17 río: Emborozú

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	ETR entre Isolíneas (mm)	Area entre isolíneas (Km2)	Volumen de ETR entre Isolíneas (Km2 mm)
m	700	750	8.6	6 450.0
1	800	825	14.0	11 550.0
2	850	875	9.3	8 137.5
3	900	925	69.3	64 102.5
4	950	975	78.6	76 635.0
5	1 000	1 006.5	6.7	6 743.6
M	1 013			
			186.5	173 618.6

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{173\,618.6}{186.5} = 930.9 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-71

Subcuenca: C18 río: Salado

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	ETR entre Isolíneas (mm)	Area entre isolíneas (Km2)	Volumen de ETR entre Isolíneas (Km2 mm)
m	832	841	51.5	43 311.5
1	850	875	135.5	118 562.5
2	900	925	90.8	83 990.0
3	950	960	33.2	31 872.0
M	970			
			311.0	277 736.0

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{277\,736.0}{311.0} = 893.0 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-72

Subcuenca: C19* río: Bermejo

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	ETR entre Isolíneas (mm)	Area entre isolíneas (Km2)	Volumen de ETR entre Isolíneas (Km2 mm)
m	272	286	2.7	772.2
1	300	350	94.2	32 970.0
2	400	450	255.6	115 020.0
3	500	---	---	---
$\frac{M}{m}$	474	485.5	5.4	2 621.7
3	500	550	483.4	265 870.0
4	600	625	320.0	200 000.0
5	650	675	323.4	218 295.0
6	700	750	350.5	262 875.0
7	800	825	352.5	290 812.5
8	850	875	885.6	774 900.0
9	900	925	295.0	272 875.0
10	950	975	174.2	169 845.0
11	1 000	1 006.5	5.5	5 535.8
$\frac{M}{m}$	1 013	---	---	---
$\frac{M}{m}$	829	839.5	23.0	68 839.0
8	850			
			3 630.0	2 681 231.2

$$\langle \overline{ETR}_C \rangle = \frac{2\ 681\ 231.2}{3\ 630.0} = 738.6 \text{ mm}$$

El total de Evapotranspiración real media anual de la subcuenca del río Bermejo, hasta la estación Aguas Blancas, es:

$$\langle \overline{ETR}_C \rangle = \frac{3\ 682\ 980.8}{4\ 956.0} = 743.1 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-73

Subcuenca: C20* río: bajo Bermejo

Nº de Isolínea	ETR de la Isolínea (mm)	ETR entre Isolíneas (mm)	Area entre Isolíneas (Km2)	Volumen de ETR entre Isolíneas (Km2 mm)
m	825	837.5	90.7	75 961.3
1	850	861	89.3	76 887.3
M	872			
			180.0	152 848.6

$$\langle \overline{ETR}_C \rangle = \frac{152\ 848.6}{180.0} = 849.2 \text{ mm}$$

El total de Evapotranspiración real media anual de la subcuenca del río Bermejo, hasta la junta con el río Grande de Tarija, es:

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{3\ 835\ 829.4}{5\ 136.0} = 746.9 \text{ mm}$$

La Evapotranspiración real media anual de la cuenca de los ríos Bermejo y Grande de Tarija, hasta Juntas de San Antonio, es:

$$\langle \overline{ETR}_c \rangle = \frac{11\ 458\ 563.2}{16\ 048.0} = 714.0 \text{ mm}$$

Cuadro: 2-74

RESUMEN DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL MEDIA ANUAL DE LAS SUBCUENCAS
COMPRENDIDAS EN LA CUENCA DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA

Subcuenca río		ETR (mm)	Subcuenca río		ETR (mm)
C1	Chamata	522.0	C11	Pampa Grande	834.4
C2*	alto Guadalquivir	563.2	C12	Chiquilaca	797.2
Acumul. alto Guadalquivir		553.1	C13	Itau	762.6
C3	Tolomosa	566.1	C14*	Tarija inferior	847.9
C4	Santa Ana	476.4	Acumulado Tarija		680.1
C5	Camacho	596.8	C15*	Grande de Tarija	812.8
C6*	bajo Guadalquivir	447.3	Acumul. Gde. de Tarija		698.6
Acumul. Guadalquivir		532.2	C16	Orosas	664.3
C8	Pajonal	645.2	C17	Emborozú	930.9
C9	Santa Ana	664.1	C18	Salado	893.0
C10*	Salinas	803.3	C19*	Bermejo	738.6
Acumul. Salinas		733.9	Acumul. Bermejo		743.1
C7*	Tarija superior	649.2	C20*	bajo Bermejo	849.2
Acumul. Tarija superior		597.8	Acumul. Bermejo		746.9
			Acumulado ríos Bermejo y Grande de Tarija		714.0

2.6 ESCORRENTIA.

2.6.1 GENERALIDADES

El término Escorrentía se refiere al agua que circula sobre la superficie del suelo por efecto de la gravedad, y que llega a la desembocadura de la cuenca mediante los diferentes cursos de agua: arroyos, riachuelos, quebradas y ríos.

En la desembocadura ó salida de la cuenca, la Escorrentía es determinada mediante la medición indirecta del caudal Q, al obtenerse éste por el producto del área de la sección de aforo por la velocidad media del agua en esa sección.

Como el caudal se expresa en m³/seg, la Escorrentía R viene a ser la altura de la lámina de agua sobre la superficie de la cuenca, en mm, para su inclusión en la ecuación del Balance Hídrico. También se expresa como volumen de agua en Hm³ ó Km³, escurrido sobre la cuenca durante 1 año, y se denomina Derrame anual V. El caudal específico q es el caudal instantáneo por unidad de área para una determinada cuenca y se expresa en litros/seg/Km². La relación de estas variables con el caudal Q, son las siguientes:

$$\text{Escorrentía } R \text{ [mm/año]} = Q \frac{31\,536}{A \text{ Km}^2} \quad (2\text{-XXVIII})$$

$$\text{Derrame anual } V \text{ [Hm}^3\text{/año]} = Q \frac{31\,536}{1\,000} \quad (2\text{-XXIX})$$

$$\text{Caudal específico } q \text{ [l/s/Km}^2\text{]} = Q \frac{1\,000}{A \text{ Km}^2} \quad (2\text{-XXX})$$

La estadística fluviométrica esta sometida a los errores de medición en las diferentes etapas hasta la obtención del caudal, sin embargo, es el parámetro más confiable de los que intervienen en el Balance Hídrico.

2.6.2 ANALISIS DE CONSISTENCIA Y CORRECCION DE ESTADISTICAS FLUVIOMETRICAS

Para utilizar una estadística fluviométrica se analiza su consistencia, utilizando el método de las Curva Doble Acumuladas (CDA), explicado en el apartado 2.4.2. En este método se utiliza los mm como unidad de escorrentía, para comparar con los valores de escorrentía ó precipitación de otras estaciones ó de un patron de ellas PR ó PPA respectivamente.

De la información pluviométrica obtenida, sólo la estación Aguas Blancas,

de Argentina, sobre el río Bermejo, tiene la estadística completa en el período 1968-1982. Del resto de estaciones, Canasmoro, Obrajes, San Jacinto y Entre Ríos, han sido rellenadas en base a ecuaciones de regresión con datos correspondientes de precipitación, por tanto, no ha sido posible elaborar los gráficos de CDA para el análisis de consistencia, sino solamente con datos rellenados. En consecuencia los 2 análisis: por "comparación de escorrentías" y por "comparación con escorrentías" no se han efectuado porque la información fluviométrica es insuficiente para tal propósito.

2.6.2.1 AMPLIACION DE ESTADISTICAS FLUVIOMETRICAS.

Existen 2 métodos principales para el relleno y/o ampliación de estadísticas fluviométricas mensuales ó anuales:

- a) Por correlación de caudales (escorrentías) entre la estadística en estudio y otra estadística, la cual puede ser un patrón de varias de ellas (PR) ó una estadística fluviométrica base (RB) de una estación cercana. Para esta última se tendrá en cuenta el siguiente orden de prioridad:

- estación en el mismo curso del río.
- estación en un afluente cercano.
- estación que controle una cuenca vecina.

Por las razones expuestas en 2.6.2 no ha sido posible aplicar este método.

- b) El método de correlación de caudales (escorrentías) de la estación en estudio con precipitaciones anuales ó mensuales , que pueden ser:
 - el patrón de precipitaciones (anuales ó mensuales).
 - el promedio de precipitaciones (anuales ó mensuales) de una serie de estaciones de la cuenca bien controlados y consistentes.
 - estadística pluviométrica de una estación de la cuenca bien controlada y consistente.

Este método se ha aplicado en la cuenca, por no contar con la estadística fluviométrica suficiente.

Al efectuar estas correlaciones debe tomarse en cuenta que la relación $R=f(P)$ ó $Q=f(P)$, puede ser parabólica, especialmente en zonas áridas ó semiáridas, pero que para algunos intervalos de P puede ser lineal.

Se ha comprobado que la correlación entre datos mensuales de los meses secos (abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre), en las zonas semiáridas de la cuenca, da lugar a una relación lineal representada por una recta casi vertical con un coeficiente de correlación r muy bajo (consecuencia de una covarianza casi nula), debido a que la precipitación tiene valores cercanos a cero. Para superar este aspecto se ha seguido un procedimiento que se explica en el Anexo 8.

Estación fluviométrica (Q): Canasmoro (río Chamata).

Para el relleno y ampliación de la estadística se ha utilizado los caudales mensuales calculados por el SENAMHI en base a los aforos puntuales existentes desde octubre/77 a septiembre/83. La correlación se ha efectuado con las precipitaciones mensuales de las estaciones Tarija AASANA y San Lorenzo, considerando 3 grupos de 4 meses cada uno. Luego, se ha efectuado la correlación con los valores anuales, corrigiendo aquellos que no se tomaron en cuenta para cada curva de regresión. Cada caudal anual es la media ponderada de los caudales mensuales, de acuerdo al número de días de cada mes.

Los aforos fueron realizados por el método de flotador.

El resultado del cálculo es el siguiente:

$$Q = 2.855 \text{ m}^3/\text{s} \qquad q = 12.6 \text{ l/s/Km}^2 \qquad R = 396.6 \text{ mm}$$

El procedimiento de cálculo se explica en el Anexo 8.

Estación Fluviométrica (Q): Obrajes (río alto Guadalquivir)

Se han utilizado los caudales mensuales obtenidos en base a la curva de descarga $Q=f(h)$ de los años 1974 a 1982, y los caudales calculados en base a los aforos puntuales (1969 a 1973). h es la altura limnimétrica en cm. Los aforos fueron realizados por el método de flotador.

La correlación se ha efectuado con las precipitaciones mensuales de Tarija AASANA y San Lorenzo, para estimar los valores de los meses sin información, de los meses con aforos puntuales y de los meses no utilizados en las curvas de regresión.

El caudal mensual calculado se ha obtenido como promedio ponderado, con pesos iguales a los coeficientes de correlación r que da cada ecuación de regresión. Los caudales anuales son los promedios ponderados de acuerdo al número de días de cada mes. Se ha realizado la correlación entre los valores anuales, a fin de corregir aquellos que no se incluyeron en esta correlación. (Anexo 8).

El resultado del cálculo es el siguiente:

$$Q = 3.64 \text{ m}^3/\text{s} \quad q = 3.95 \text{ l/s/Km}^2 \quad R = 124.6 \text{ mm}$$

Estación fluviométrica (Q): San Jacinto (río Tolomosa).

Se ha utilizado la estadística del Proyecto Múltiple San Jacinto, que es más extensa que la obtenida del SENAMHI. Comprende los caudales mensuales desde enero/79 a septiembre/77.

Se ha efectuado la ampliación y relleno de caudales mensuales con las precipitaciones correspondientes de la estación pluviométrica San Jacinto mediante las curvas de regresión. Finalmente se han correlacionado los promedios anuales calculados, con las precipitaciones de las estaciones Tolomosa Grande y San Jacinto. (Anexo 8). El resultado del cálculo es el siguiente:

$$Q = 8.21 \text{ m}^3/\text{s} \quad q = 17.8 \text{ l/s/Km}^2 \quad R = 562.7 \text{ mm}$$

Estación fluviométrica (Q): Entre Ríos (río Santa Ana)

Tiene caudales mensuales obtenidos del SENAMHI, en 10 años discontinuos (1970,72 al 76 y 78 al 82). Se ha efectuado la correlación con las precipitaciones mensuales de Entre Ríos, en 3 grupos de datos. Se ha efectuado el mismo procedimiento indicado anteriormente para obtener los valores rellenados mensuales y anuales. Se ha correlacionado los valores anuales con las precipitaciones de Entre Ríos, Salinas y La Cueva, y con los caudales anuales del río Pajonal, como se desarrolla en el Anexo 8. El resultado del cálculo es el siguiente:

$$Q = 3.10 \text{ m}^3/\text{s} \quad q = 10.5 \text{ l/s/Km}^2 \quad R = 330.3 \text{ mm}$$

Estación fluviométrica (Q): Entre Ríos (río Pajonal)

Para la cual, se tiene en el SENAMHI caudales mensuales (años 1979 al 75, 76, y 77 al 79), en forma discontinua. Se ha seguido el mismo procedimiento uti-

zado para la estación Santa Ana (Anexo 8). El resultado es el siguiente:

$$Q = 2.49 \text{ m}^3/\text{s} \qquad q = 11.2 \text{ l/s/Km}^2 \qquad R = 352.9 \text{ mm}$$

Estación fluviométrica (Q): Aguas Blancas (río Bermejo)

Tiene la información completa en el período 1944-83. Los datos anuales se presentan en el Anexo 8. El resultado para el período 1968-82 es el siguiente:

$$Q = 91.53 \text{ m}^3/\text{s} \qquad q = 18.5 \text{ l/s/Km}^2 \qquad R = 582.4 \text{ mm}$$

Estación fluviométrica (Q): Juntas de San Antonio (río Bermejo)

Es la estación donde desemboca toda la cuenca. Tiene información completa durante el año hidrológico para el período 1944-45 a 1959-60, obtenida de Argentina. Se ha generado caudales para el año civil del período 1968-82 mediante correlación anual con las estaciones Aguas Blancas y Zanja del Tigre, ubicadas aguas abajo y aguas arriba, respectivamente, sobre el río Bermejo (Anexo 8).

$$Q = 217.1 \text{ m}^3/\text{s} \qquad q = 13.5 \text{ l/s/Km}^2 \qquad R = 426.6 \text{ mm}$$

El análisis de consistencia mediante la CDA se presenta en los cuadros 2-75, 76 y en las figuras 2-33 a 2-37.

2.6.3 ESTIMACION DE CAUDALES EN LUGARES CON INFORMACION INSUFICIENTE.

Se considera que en un lugar ó cuenca se tiene información insuficiente, cuando no existe control fluviométrico (aforos y limnómetro), ó este control es de corta duración como para considerarlo representativo del período y del derrame de la cuenca.

Debido a que las subcuencas analizadas -con excepción de Aguas Blancas- tiene información escasa y poco fiable, se ha utilizado los siguientes métodos para estimar su caudal y/o esorrentía.

2.6.3.1 METODO DE SEMEJANZA DE AREAS.

Se considera que dos cuencas con características fisiográficas (Índice de

ESCORRENTIAS DOBLE ACUMULADAS

Cuadro: 2-75

R05 : Canasmoro

R23 : Obrajés

PPA : Tarija AASANA y San Lorenzo

R15a : Entre Ríos (río Santa Ana)

R15 : Entre Ríos (río Pajonal)

PPA : Entre Ríos

AÑO	PPA	X PPA	R05	X R05	R23	X R23	PPA	X PPA	R15a	X R15a	R15	X R15
1982	558.6	558.8	382.0	382.0	123.9	123.9	1190.5	1190.5	412.3	412.3	402.5	402.5
1981	650.6	1209.4	395.9	777.9	123.9	247.8	1594.4	2784.9	393.1	805.4	524.4	326.9
1980	485.6	1695.0	352.9	1130.8	123.5	371.3	1246.8	4031.7	387.8	1193.2	399.7	1326.6
1979	621.5	2316.5	418.2	1549.0	122.2	493.5	1197.9	5229.6	571.1	1764.3	545.7	1872.3
1978	613.1	2929.6	509.9	2058.9	127.6	621.1	1000.9	6230.5	322.8	2087.1	357.2	2229.5
1977	510.9	3440.5	375.1	2434.0	117.0	738.1	1338.6	7569.1	398.5	2485.6	425.2	2654.7
1976	434.6	3875.1	309.8	2743.8	106.4	844.5	1168.4	8737.5	275.9	2761.5	337.3	2792.0
1975	613.3	4448.4	390.4	3134.2	126.6	971.1	780.7	9518.2	279.1	3040.6	279.2	3271.2
1974	577.0	5065.4	432.1	3566.3	123.2	1094.3	1123.8	10642.0	389.9	3430.5	382.7	3653.9
1973	638.6	5704.0	455.7	4022.0	130.7	1225.0	1274.5	11916.5	240.8	3671.3	326.0	3979.9
1972	542.7	6246.7	358.4	4380.4	125.9	1350.9	641.3	12557.8	244.0	3915.3	221.1	4201.0
1971	643.4	6890.1	420.9	4801.3	142.0	1492.9	649.5	13207.3	265.3	4180.6	239.5	4440.5
1970	568.8	7458.9	407.1	5208.4	121.8	1614.7	928.0	14135.3	268.5	4449.1	296.2	4736.7
1969	581.3	8040.2	350.1	5558.5	125.3	1740.0	618.0	14753.3	217.3	4666.4	201.3	4938.0
1968	589.2	8629.4	391.8	5950.3	128.7	1868.7	981.9	15735.2	290.9	4957.3	357.2	5295.2
Precipitación media P			396.7		124.6				330.5		353.0	
Desviación standard s			48.23		7.46				93.97		100.1	
Coef. de variación Cv			0.1216		0.0599				0.2843		0.2835	
Mediana M			391.8		123.9				290.9		357.2	
Media log P			2.59551		2.09471				2.50429		2.53112	
Desv. standard s(y)			0.05211		0.02631				0.11526		0.12595	
Varianza s ² (y)			0.00272		0.00069				0.01328		0.01586	
Coef. de asimetría Cs			0.538		-0.153				1.046		0.365	
Coef. de curtosis Cc			3.486		5.109				3.722		2.533	
Coef. de asim. Cs(y)			0.156		-0.507				0.518		-0.196	
Coef. de curt. Cc(y)			3.220		5.249				2.502		2.338	

ESCORRENTIAS DOBLE ACUMULADAS

Cuadro: 2-76

R57 : Aguas Blancas
R66 : Zanja del Tigre
R65 : Juntas de San Antonio
PPA : Bermejo
PRA : Aguas Blancas y Zanja del Tigre

R33 : San Jacinto
FPA : Tolomosa y San Jacinto

AÑO	PPA	X PPA	PRA	X PRA	R57	X R57	R66	X R66	R65	X R65	FPA	X FPA	R33	X R33
1968	1081.0	1081.0	524.7	524.7	614.7	614.7	434.7	434.7	418.0	418.0	641.7	641.7	653.3	653.3
1969	964.6	2045.6	291.2	815.9	327.7	942.4	254.7	689.4	234.0	652.0	568.2	1209.9	494.3	1147.6
1970	1102.0	3147.6	324.1	1140.0	360.8	1303.2	287.4	976.8	260.6	912.6	591.6	1801.5	574.5	1722.1
1971	1095.4	4243.0	363.0	1503.0	408.5	1711.7	317.4	1294.2	291.2	1203.8	675.0	2476.5	610.2	2332.3
1972	916.7	5159.7	316.5	1819.5	345.5	2057.2	287.5	1581.7	255.1	1458.9	584.4	3060.9	503.2	2835.5
1973	1028.0	6187.7	480.8	2300.3	574.0	2631.2	387.6	1969.3	382.6	1841.5	595.7	3656.6	473.7	3309.2
1974	1179.5	7367.2	657.8	2958.1	752.1	3383.3	563.4	2532.7	524.7	2366.2	582.2	4238.8	589.6	3898.8
1975	866.1	8233.3	465.4	3423.5	525.0	3908.3	405.8	2938.5	372.6	2738.8	563.9	4802.7	490.9	4389.7
1976	980.3	9171.6	548.5	3972.0	636.3	4544.6	460.6	3399.1	437.2	3176.0	401.6	5204.3	484.7	4874.4
1977	1438.2	10609.8	560.8	4532.8	609.1	5153.6	512.5	3911.6	450.0	3626.0	618.3	5822.6	496.3	5370.7
1978	677.3	11287.1	504.2	5037.0	544.7	5698.3	463.7	4375.3	405.2	4031.2	759.8	6582.4	577.2	5947.9
1979	1166.5	12453.6	689.6	5726.6	748.9	6447.2	630.2	5005.5	552.8	4584.0	716.3	7298.7	615.6	6563.5
1980	1093.7	13547.3	600.1	6326.7	626.1	7073.3	574.0	5579.5	483.0	5067.0	776.4	8075.1	618.4	7181.9
1981	1228.9	14836.2	843.1	7169.8	873.7	7947.0	812.4	6391.9	678.0	5745.0	855.8	8930.9	625.2	7807.1
1982	1381.5	16217.7	809.1	7978.9	789.0	8736.0	829.1	7221.0	654.4	6399.4	801.0	9731.9	632.8	8439.9
Precipitación media $\bar{P}$			531.9		582.4		481.4		426.6				562.7	
Desviación standard σ			169.9		168.1		177.2		136.9				64.39	
Coef. de variación C_v			0.3194		0.2887		0.3682		0.3208				0.1144	
Mediana M					609.0		460.6		418.0				574.5	
Media log P $\bar{y}$					2.74669		2.65577		2.60842				2.74754	
Desv. standard $\sigma(y)$					0.13485		0.15766		0.14387				0.05046	
Varianza $\sigma^2(y)$					0.01819		0.02486		0.02070				0.00255	
Coef. de asimetría C_s					-0.045		0.676		0.327				-0.161	
Coef. de curtosis C_c					2.043		2.601		2.266				1.380	
Coef. de asim. $C_s(y)$					-0.450		0.087		-0.192				-0.217	
Coef. de curt. $C_c(y)$					2.055		2.114		2.066				1.365	

CURVAS DOBLE ACUMULADAS

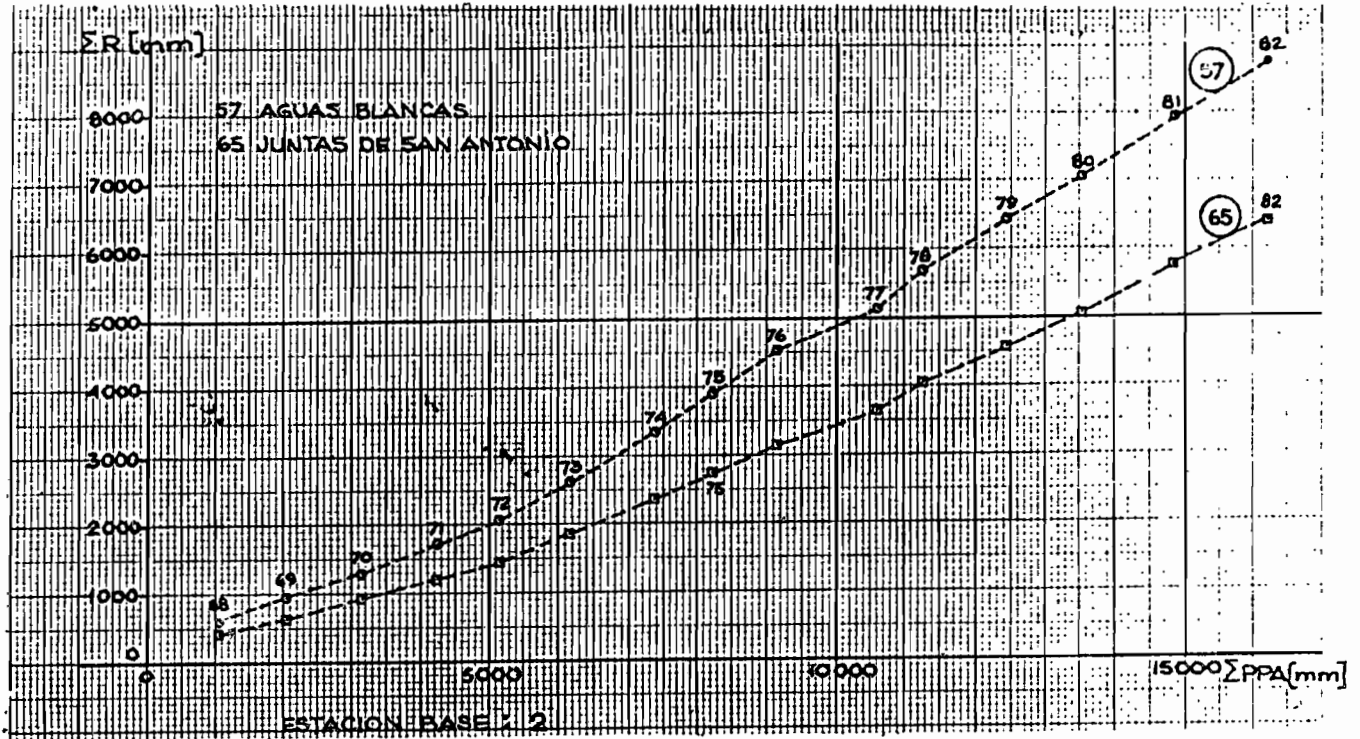


Fig. 2-33

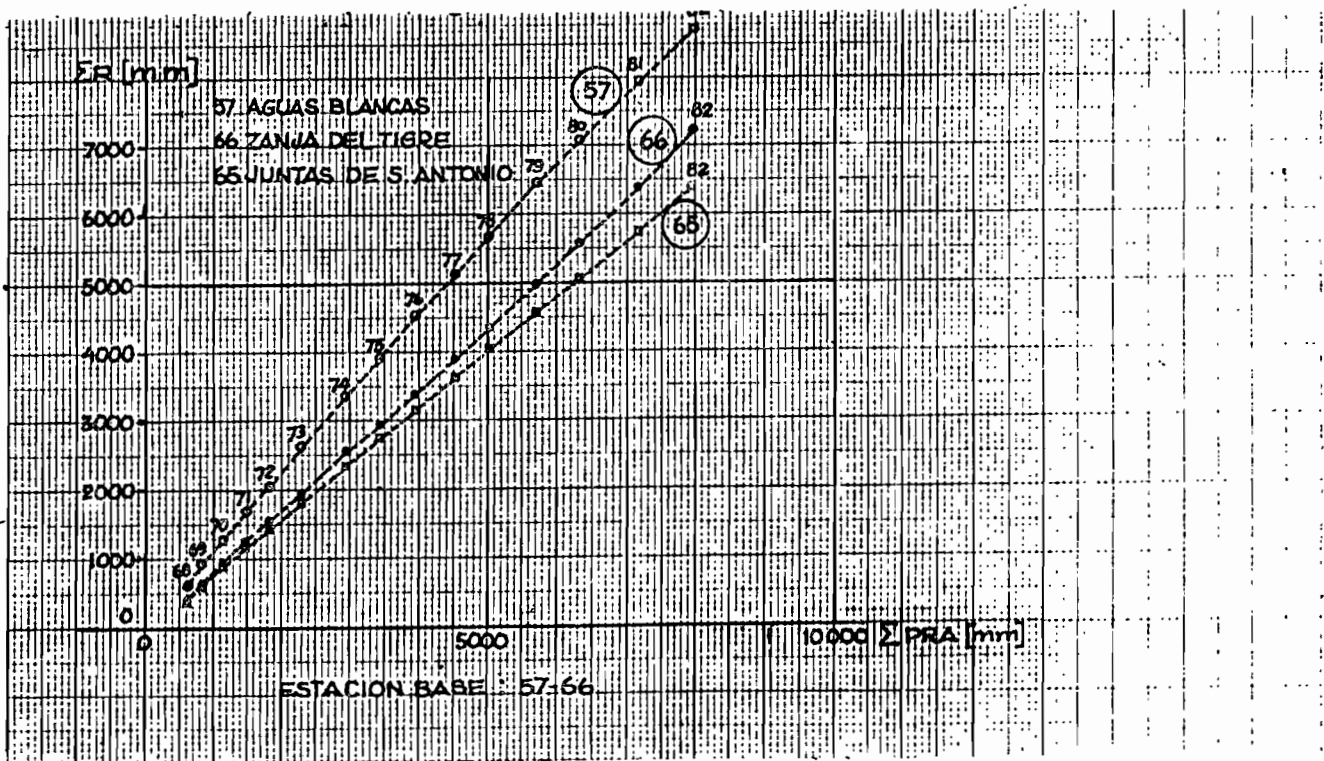


Fig. 2-34

CURVAS DOBLE ACUMULADAS

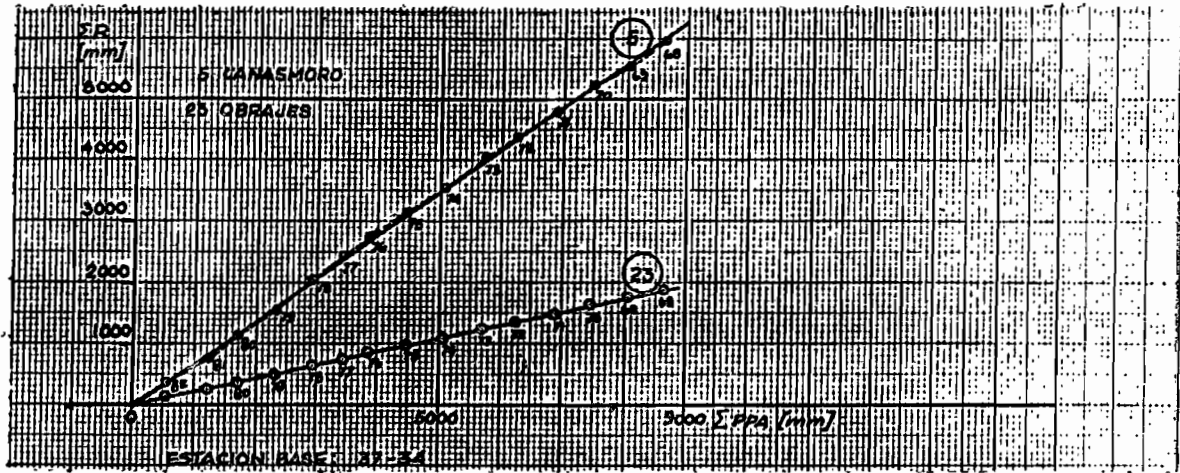


Fig. 2-35

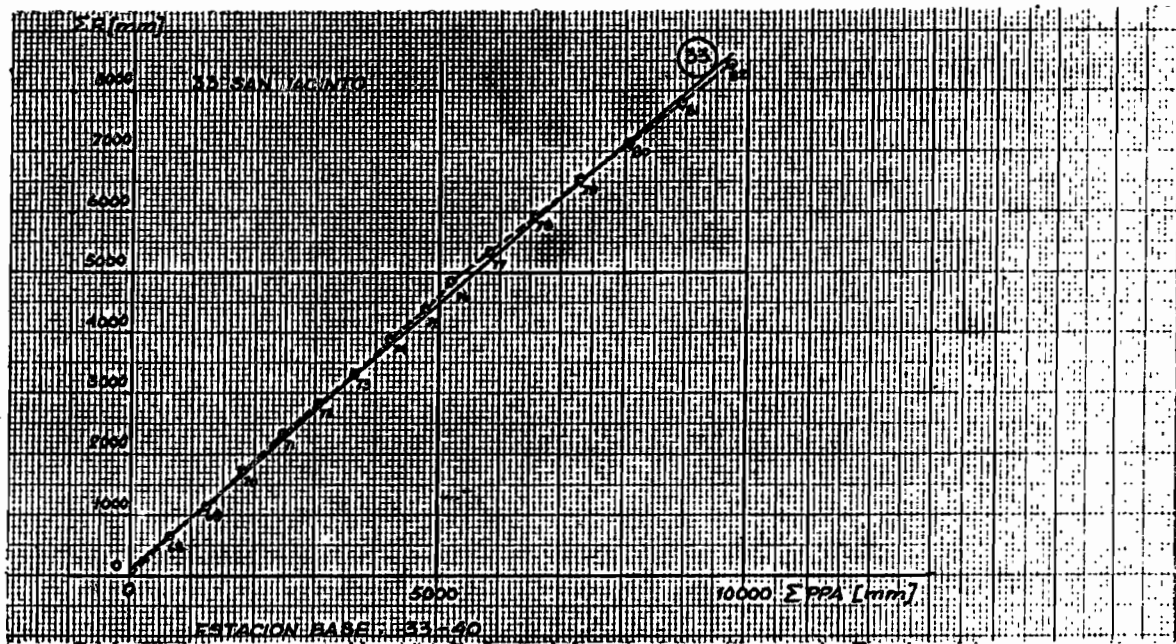


Fig. 2-36

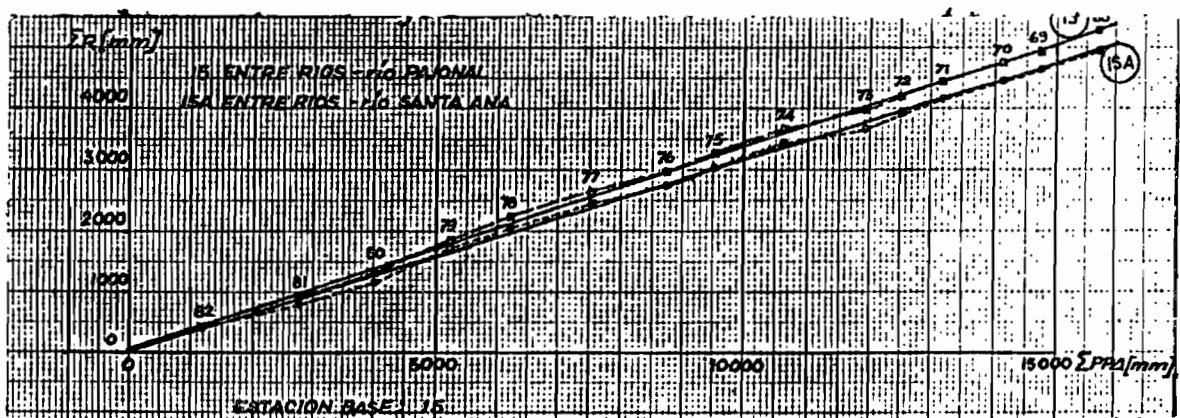


Fig. 2-37

compacidad, de pendiente, etc) y cubierta vegetal similares, con precipitaciones medias un poco diferentes, tienen igual caudal específico, ó sea,

$$Q_x = \frac{A_x \langle \bar{P}_x \rangle}{A_B \langle \bar{P}_B \rangle} Q_B \quad (2-XXXI)$$

donde, Q = caudal en m³/s

A = área de la cuenca en Km².

$\langle \bar{P} \rangle$ = precipitación media de la cuenca, en mm.

2.6.3.2 METODO DE CORRELACION ESTADISTICA.

En una cuenca montañosa, y homogénea pluviométricamente, se establece una relación del tipo, $R = f(P)$

En la cuenca en estudio, con los caudales de las 7 subcuencas analizadas, se ha obtenido la siguiente ecuación:

$$R = -422.88 + 0.84427 \langle \bar{P} \rangle \quad n = 7 \quad r = 0.793 \quad (2-XXXII)$$

2.6.3.3 METODO DE W. B. LANGBEIN.

Se basa en las relaciones entre P , E y R , dadas por P/E y R/E , donde E es un factor de temperatura dado por ,

$$E = 10^{(0.027 T + 0.386)} \quad (2-XXXIII)$$

donde, T = temperatura anual media en °C.

P = precipitación media anual en mm.

con los valores de P/E se obtiene el valor R/E de la tabla siguiente, del cual se determina R en mm.

P/E	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18
R/E	0.009	0.026	0.075	0.200	0.475	1.00	1.9	2.7	3.4	5.0	7.0	9.0	11.0	13.0

Para el cálculo, se ha considerado a P como $\langle \bar{P} \rangle$, y a T como la temperatura obtenida del perfil térmico (fig. 2-29) en función de la altitud H , siendo

H el promedio de todas las curvas de nivel cada 100 m y las altitudes mínima y máxima de cada subcuenca.

2.6.3.4 FORMULA DE BECERRIL.

Esta expresada por,

$$a = B P^{1.5} \quad (2-XXXIV)$$

donde, a = aportación específica, en mm.

P = precipitación media en mm.

B = coeficiente experimental.

	B
Regiones muy secas	0.003 a 0.008
" secas	0.008 a 0.011
" medias	0.011 a 0.015
" húmedas	0.015 a 0.018
" muy húmedas	0.018 a 0.025

Para la determinación del coeficiente B se ha reemplazado los valores de escorrentía y precipitación media de las 7 subcuencas analizadas en la fórmula Exceptuando a Obrajes, se ha obtenido el valor promedio de este coeficiente, según las 2 zonas climáticas en que se divide toda la cuenca:

$B = 0.0169$ para las subcuencas de los ríos Orosas y Guadalquivir.

$B = 0.0126$ para las subcuencas que aportan a partir del río Tarija y las subcuencas del río Bermejo.

2.6.3.5 FORMULA DE HERAS.

Es una fórmula que toma en cuenta, además del área y la precipitación, las características morfológicas de la cuenca, y esta expresada por:

$$A = S^{\alpha-1} \cdot P^{\beta} \cdot (\gamma \cdot I_c + \delta \cdot I_p) \quad (2-XXXV)$$

siendo, A = aportación de la cuenca en mm.

S = área de la cuenca en Km².

P = precipitación media de la cuenca en mm	$0.8 \leq \alpha \leq 1.0$
I_c = índice de compacidad	$1.0 \leq \beta \leq 1.3$
I_p = índice de pendiente	$0.2 \leq \gamma \leq 0.4$
	$0.7 \leq \delta \leq 1.0$

Los valores de I_c e I_p , se obtienen mediante las fórmulas del Anexo 9.

Para la determinación de los coeficientes α , β , γ y δ , para cada subcuenca, se ha partido de α considerando los demás coeficientes como constantes e iguales a sus valores medios de la Tabla , y utilizando las variables R , P e índices físicos correspondientes. De los 7 valores calculados de esta manera, se ha obtenido el promedio de α , incluyendo éste para calcular β siguiendo el mismo procedimiento; y así sucesivamente con γ y δ . El resultado es el siguiente:

$$\alpha = 0.895 \quad \beta = 1.025 \quad \gamma = 0.354 \quad \delta = 0.953$$

Se ha obtenido valores de la escorrentía R del estudio denominado " Investigación de Aguas Subterráneas en el Valle Central de Tarija", que sirven como comparación , y están incluidos en el Cuadro 2-78.

2.6.4 PRESENTACION DE RESULTADOS.

Se ha elaborado el Cuadro 2-78 con los valores de R calculados mediante las fórmulas citadas, que incluye el valor promedio para cada subcuenca. En base al análisis de estos valores, se indica las siguientes consideraciones y criterios de cálculo que se han seguido para determinar el valor de R , para cada subcuenca, que se ha utilizado en la ecuación del BHS.

- Se observa, en el caso de las 7 subcuencas con información fluviométrica, que su escorrentía determinada en base a sus datos, es más aproximada al promedio de los valores calculados con las fórmulas citadas, que al valor calculado por la ecuación de BHS, con excepción de la estación Obrajés. Según la ecuación de BHS, R está expresado como,

$$\langle R \rangle = \langle \bar{P} \rangle - \langle \bar{ETR} \rangle + \eta \quad (2-XXXVI)$$

considerando en este caso $\eta = 0$.

Cuadro: 2-77

DATOS Y COEFICIENTES PARA LA ESTIMACION DE ESCORRENTIAS EN LAS SUBCUENCAS DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA

N°	SUBCUENCA Río - Estación	<P> (mm)	<STR> (mm)	Area (Km ²)	Q (m ³ /s)	I _c	I _p	Langbein		Becerril β	Altitudes	
								T(°C)	E		mín	Máx.
01	C1 Chamata - Canasmoro	833.7	522.0	227.0	2.86	1.273	0.246	14.04	18.41	0.0169	2080	3600
02	C2° alto Guadalquivir - Orajés	510.0	563.2	69.5		1.610	0.192	13.11	17.38	"	1890	4300
03	Acumulado id id	815.8	553.1	921.5	3.64	1.391	0.200	13.11	17.38	"	1890	4300
04	C3 Tolomosa - San Jacinto	1020.1	566.1	460.0	8.21	1.278	0.276	12.59	16.82	"	1860	4614
05	C4 Santa Ana - La Pintada	636.4	476.4	562.0		1.832	0.147	15.10	19.66	"	1800	3300
06	C5 Camacho - San Nicolás	946.5	596.8	750.0		1.497	0.215	12.95	17.20	"	1733	4546
07	C6° Guadalquivir - La Angostura	576.9	447.3	610.0		1.403	0.169	15.68	20.39	"	1680	3100
08	Acumul. id id	799.3	532.2	3303.5		1.767	0.135	12.91	17.17	"	1680	4614
09	C7° Tarija super.- junta c/r Salinas	900.2	649.2	1307.0		1.262	0.212	16.61	21.60	0.0126	800	3464
10	C8 Pajonal - Entre Ríos	917.4	645.2	222.5	2.49	1.766	0.226	16.04	20.85	"	1230	3350
11	C9 Santa Ana - Entre Ríos	911.9	664.1	296.0	3.10	1.651	0.217	16.14	20.97	"	1230	3300
12	C10° Salinas - junta c/r Tarija	1190.7	803.3	582.0		1.506	0.143	19.45	25.77	"	800	1910
13	Acumul. id id	1060.5	733.9	1100.5		1.756	0.166	16.83	21.89	"	800	3350
14	Acumul. Tarija super.- junta c/r Salinas	872.7	597.8	5711.0		1.605	0.143	14.52	18.98	"	800	4614
15	C11 Pampa Grande - Tariquia	1305.8	834.4	535.0		1.206	0.261	16.55	21.53	"	950	3400
16	C12 Chiquiaca - junta c/r Tarija	1116.0	797.2	920.0		1.493	0.146	19.23	25.44	"	700	2125
17	C13 Itau - junta c/r Tarija	1005.3	762.6	1109.0		1.744	0.133	19.63	26.06	"	500	2125
18	C14° Tarija infer. - junta c/r Itau	1245.8	847.9	1124.5		2.070	0.107	20.19	26.99	"	500	1800
19	Acumul. Tarija - junta c/r Itau	981.4	680.1	9399.5		1.688	0.127	15.07	19.63	"	500	4614
20	C15° Grande de Tarija - junta c/r Bermejo	1102.6	812.8	1512.5		1.530	0.132	20.26	27.10	"	350	1916
21	Acumul. id. id.	998.2	698.5	10912.0		1.865	0.117	15.35	19.97	"	350	4614
22	C16 Orosas - La Mamora	1007.8	664.3	828.5		1.372	0.212	15.10	19.66	0.0169	1300	3800
23	C17 Emborozú - Emborozú	1810.6	930.9	186.5		1.425	0.252	17.81	23.27	0.0126	910	2700
24	C18 Salado - El Salado	1393.1	893.0	311.0		1.460	0.183	19.70	26.19	0.0126	650	1916
25	C19° Bermejo - Aguas Blancas	1231.3	738.6	3630.0		1.863	0.160	14.50	18.94	"	405	5025
26	Acumul. id. id.	1225.9	743.1	4956.0	91.5	1.599	0.164	14.50	18.94	"	405	5025
27	C20° bajo Bermejo - junta c/r G. de Tarija	1145.0	849.2	180.0		1.457	0.122	22.33	30.82	"	350	777
28	Acumul. Bermejo - junta c/r Grde. de Tarija	1223.1	746.9	5136.0		1.699	0.157	14.60	19.06	"	350	5025
29	Total acumul. ríos Bermejo y Grande de Tarija - Juntas de San Antonio	1070.2	714.0	16048.0	217.1	1.482	0.130	14.60	19.06	"	350	5025

Coeficientes de fórmula de Meras: $\alpha=0.895$, $\beta=1.025$, $\delta=0.354$, $\delta=0.953$

ESCORRENTIAS ESTIMADAS PARA LAS SUBCUENCAS DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA (1968 - 1982)

N°	SUBCUENCA Río - Salida	Fórmulas Empíricas			Fórmulas por semejanza de áreas**							Fórm. de Regr.	Inves tig. O.N.U.	R por Ba- lance	prom de Fórmu- las	Desv stand s _R	R adop- tado	N° de tér- m n
		Lang km	Pece mm	Re- til ras	Aguas Blan- cas	Junt S.An- tonio	Sta. Ana L.R.	Paño- nal E.R.	San Jacin- to	Obra- jes	Canas- moro							
01	C1 Chamata - Canasmoro	135	407	382	396	332	302	321	460	127	397.3	281	404*	311.7*	314	110	397.3	10
02	C2* alto Guadalquivir - Otrajes	143	390	363	385	323	293	312	447	124	386	261		246.8*	311	102	311.0	11
03	Acumulado r. Guadalquivir - Otrajes	146*	394	322	387	325	295	314	450	124.6*	389	266	406*	262.7*	349	58	332.3	9
04	C3 Tolomosa - San Jacinto	328	551	456	484	407	369	392	562.8*	156*	486	438	585*	454.0*	435	69	562.8	9
05	C4 Santa Ana - La Pintada	52	271	303	302	254	230	245	351	97	303	114	188*	160.0*	230	98	230.	11
06	C5 Camacho - San Nicolás	250	492	412	450	377	343	364	522	145	451	376	425*	349.7*	381	109	381.	11
07	C6* Guadalquivir - La Angostura	36	234	227	274	230	209	222	318	88	275	64		129.6*	198	93	198.	11
08	Acumulado r. Guadalquivir-La Angostura	141	382	304	380	319	289	307	441	122	381	252		267.1*	301	100	333.3	11
09	C7* Tarija superior - junta c/r Salinas	122	340	326	428	359	326	346	497	137	429	337		251.0*	332	114	332.	11
10	C8 Pajonal - Entre Ríos	143	350	318	436	366	332	352.9*	506	140	437	352		272.2*	358	131	352.9	10
11	C9 Santa Ana - Entre Ríos	118	347	471	433	364	330.3*	351	503	139	435	347		247.8*	353	126	330.3	10
12	C10* Salinas - junta c/r Tarija	206	518	488	566	475	431	458	657	182	567	514		387.4*	460	145	460.0	11
13	Acumul. Salinas - id	201	435	472	504	423	384	408	585	162	505	472		326.6*	413	128	403.5	11
14	Acumul. Tarija super.-junta c/r Salinas	150	305	294	414	348	316	336	482	133	416	314		274.9*	321	105	346.5	11
15	C11 Pampa Grande - Tariquía	421	595	516	620	521	473	502	720	199*	622	680		471.4*	570	94	570.	10
16	C12 Chiquilaca - junta c/r Tarija	174	470	434	530	445	404	429	616	170	532	519		318.8*	430	140	430	11
17	C13 Itau - junta con río Tarija	114	402	476	477	401	364	387	555	154	479	426		242.7*	380	133	380.	11
18	C14* Tarija inferior - junta c/r Itau	216	554	534	592	497	451	479	687	190	594	629		397.9*	499	151	499.	11
19	Acumulado r. Tarija - junta c/r Itau	196	387	321	466	391	355	378	541	150	468	406		301.3*	369	115	389.6	11
20	C15* Grde. de Tarija-junta c/r Bermejo	138	461	406	524	440	399	424	608	168	525	508		289.8*	418	145	418	11
21	Acumul. Id. Id.	199	397	345	474	398	362	384	551	152	476	420		299.7*	378	117	393.5	11
22	C16 Orosas - La Mamora	212*	311	407	479	402	365	388	556	154*	480	428		343.5*	449	68	449	9
23	C17* Emboroazu - emboroazu	256	371	979	860	722	656	697	999	276*	863	1106		879.7*	857	148	857	10
24	C18 Salado - El Salado	328	655	632	662	555	505	536	769	213*	664	753		500.1*	637	91	637	9
25	C19* Bermejo - Aguas Blancas	436	544	503	585	491	446	474	679	188*	587	617		492.7*	537	79	593.8	10
26	Acumul. id id	431	541	433	582.2*	489	444	472	676	187*	584	612		482.8*	520	88	582.2	9
27	C20* Bermejo - junta c/r G. de Tarija	225*	488	520	544	456	415	440	632	175*	546	544		295.8*	508	67	508	9
28	Acumul. Id id	426	539	447	581	488	443	471	675	187*	583	610		476.2*	527	84	579.6	10
29	Acumulado ríos Bermejo y Grande de Tarija - Juntas de S. Antonio	296	411	411	503	426.6	388	412	590	163	510	481		356.2*	409	127	453.1	10

* Valores no incluidos para determinar el promedio R

** Las subcuencas cuyo dato Q ha sido utilizado para determinar la escorrentía de todas las subcuencas, corresponden a N° (columna 1): 01, 02, 03, 04, 05 y 06.

- Se observa, que para cada subcuenca, la mayoría de los valores de R calculados con las fórmulas, varían poco alrededor de su R promedio, con excepción de los valores obtenidos en base a Langbein y Obrajés por una parte, y San Jacinto por otra, que resultan muy bajos y altos respectivamente.
- Se ha adoptado un intervalo de tolerancia del 95% para desechar aquellos valores obtenidos por las fórmulas que exceden estos límites, según la siguiente fórmula:

$$\text{Límites de } R = R \pm z \cdot s_R \quad (2-XXXVII)$$

siendo, $z = 1.96$ y $s_R = \sqrt{\sum (R - \bar{R})^2 / (n-1)}$

- Se ha aplicado la prueba del t de Student para determinar los límites de confianza del 95% para la media u_R , ó sea,

$$\text{límites de } u_R = R \pm t \cdot s_R / \sqrt{n} \quad (2-XXXVIII)$$

para, $t = t_{0.975}$ correspondiente a $v = n-1$ grados de libertad

lo cual se ha utilizado para comprobar que los valores de R determinados por Balance, la medición del caudal ó por otra información, estén incluidos dentro de los límites de confianza.

- En el caso de las subcuencas consideradas como unidades hidrológicas, en este estudio, la R adoptada (columna 18, Cuadro 2-78) es el promedio de las fórmulas ó el dato obtenido de los caudales medidos.
- En las subcuencas que son el conjunto de subcuencas menores, el valor acumulado de R, es el promedio ponderado de las R del conjunto. ó sea,

$$\text{acumulada } R = \frac{R_1 \cdot A_1 + R_2 \cdot A_2 + \dots + R_i \cdot A_i}{A_1 + A_2 + \dots + A_i} \quad (2-XXXIX)$$

siendo, $R_i = R$ adoptado.

$A_i =$ área de cada subcuenca.

- La subcuenca C19 no posee información pluviométrica ni fluviométrica;

por tanto, su R esta determinada por la diferencia ponderada de la R de la subcuenca mayor que desemboca en Aguas Blancas , con la R de las subcuencas menores C16, C17 y C18; ó sea,

$$R_{19} = \frac{R_{AB} \cdot A_{AB} - R_{16} \cdot A_{16} - R_{17} \cdot A_{17} - R_{18} \cdot A_{18}}{A_{AB} - A_{16} + A_{17} + A_{18} = A_{19}} \quad (2-XL)$$

La R acumulada para la toda la cuenca en estudio, comparada con la R obtenida en base al caudal (considerada esta última como el parámetro verdadero), establece una diferencia que se ha distribuido entre las R de las subcuencas sin información fluviométrica y la de Obrajes. Este ajuste se ha realizado por Mínimos Cuadrados a las subcuencas: C2*, C4, C5, C6*, C7, C10*, C11, C12, C13, C14*, C15* y C20*.

Escorrentía acumulada R = 453.1 mm

Escorrentía adoptada R = 426.6 mm

Diferencia w = 26.5 mm

$$R_2 \cdot A_2 / A + \dots + R_{20} \cdot A_{20} / A + (R_3 \cdot A_3 / A + \dots + R_9 \cdot A_9 / A) = 453.1 \quad (a)$$

$$(R_2 + r_2) \cdot A_2 / A + \dots + (R_{20} + r_{20}) \cdot A_{20} / A + (R_3 \cdot A_3 / A + \dots + R_9 \cdot A_9 / A) = 426.6 \quad (b)$$

siendo, $r_2, r_4, \dots, r_{15}, r_{20}$ las correcciones a las R.

De (b) - (a), obtenemos:

$$A_2 \cdot r_2 / A + A_4 \cdot r_4 / A + \dots + A_{15} \cdot r_{15} / A + A_{20} \cdot r_{20} / A = -26.5 = -w$$

Según la teoría de Mínimos Cuadrados, es

$$(A_2 / A)^2 + (A_4 / A)^2 + \dots + (A_{15} / A)^2 + (A_{20} / A)^2 \cdot K = -w$$

$$y \quad r_i = (A_i / A) \cdot K$$

Realizando operaciones, obtenemos:

$$K = \frac{-w \cdot A^2}{\sum (A_i)^2} = \frac{-26.5 \cdot (16\,048)^2}{9\,726\,809.75} = 701.6448$$

$$y \quad r_i = A_i \cdot 701.6448 / 16\,048 = -0.04372 \cdot A_i$$

siendo, ajustada $R = R + r_i$

- Los valores de R obtenidos con el ajuste anterior, son los que se consideran para el BHS de las subcuencas correspondientes. (Cuadro 3-3).

2.6.4.1 SUBCUENCA C1 RIO CHAMATA

Nace en el extremo norte de la serranía de Sama y desemboca en la estación Canasmoro. Sus límites varían entre $21^{\circ}14.3'$ y $21^{\circ}23.5'$ de latitud sur; entre $64^{\circ}44.6'$ y $64^{\circ}56.7'$ de longitud oeste y entre 2080 y 3600 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-79

Area A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
227.0	68.0	29.3	103.8	1.272	0.264	24.6

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrencialidad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
4.5	0.075	0.457	0.5467	4	24.874	9.126

Los valores de R obtenidos, son:

por estadística fluviométrica: R = 397.3 mm

por Balance: R = 311.7 mm

por promedio de las Fórmulas: R = 314 mm ; (límites = 235 a 393 mm)

2.6.4.2 SUBCUENCA C2* RIO ALTO GUADALQUIVIR.

Nace en los ríos Carichimayu, Calama y Erquiz, y recibe el aporte de la subcuenca C1 a través del río Alto Guadalquivir, desembocando en la estación Obrajés. La subcuenca esta comprendida entre $21^{\circ}13'$ y $21^{\circ}34.9'$ de latitud sur, entre $64^{\circ}40.2'$ y $64^{\circ}55.8'$ de long. oeste, y entre 1890 y 4300 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos son:

Cuadro 2-80

Área A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _p (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compactad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
694.5	150.5	20.8	344.4	1.610		19.3

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrenciali- dad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
0.9	0.056	0.496	0.504		64.479	10.771

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: R = 246.8 mm

por promedio de las Fórmulas: R = 311 mm ; (límites = 242 a 380 mm)

2.6.4.3 SUBCUENCA (C1+C2) RIO ALTO GUADALQUIVIR

Nace en las subcuencas C1 y C2, y desemboca en Obrajés. Sus límites varían entre 21°13' y 21°34.9' de lat. sur, entre 64°49.2' y 64°56.7' de long. oeste, y entre 1890 y 4300 msnm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-81

Área A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _p (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compactad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
921.5	149.7	50.1	448.2	1.391	0.3671	20.0

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrenciali- dad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
3.0	0.062	0.486	0.514	4	59.314	15.536

Los valores de R obtenidos, son:

por estadística fluviométrica: $R = 124.6 \text{ mm}$
 por Balanceo $R = 262.7 \text{ mm}$
 por promedio de las Fórmulas: $R = 349 \text{ mm}$; (límites = 304 a 394 mm)
 por acumulado de promedios: $R = 312 \text{ mm}$

2.6.4.4 SUBCUENCA C3 RIO TOLOMOSA

Nace en el cerro Huayra Khasa de la serranía de Sama, y desemboca en San Jacinto. Sus límites varían entre $21^{\circ}32'$ y $21^{\circ}47.6'$ de latitud sur, entre $64^{\circ}43'$ y $65^{\circ}00.1'$ de longitud oeste, y entre 1860 y 4614 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-82

Area A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L_r (Km)	Long. total de ríos L_T (Km)	Índice de compacidad I_c	Factor de forma F_f	Índice de pendiente I_p (%)
460.0	97.2	43.4	151.8	1.278	0.244	27.6

Pendiente media río principal S_m (%)	Índice de torrencialidad C_T (Nº ríos/Km ²)	Densidad de drenaje D_d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E_m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
3.6	0.039	0.330	0.758	4	35.723	12.877

Los valores de R obtenidos, son:

por estadística fluviométrica: $R = 562.8 \text{ mm}$
 por Balanceo; $R = 454.0 \text{ mm}$
 por promedio de las Fórmulas: $R = 435 \text{ mm}$; (límites = 382 a 488 mm)

2.6.4.5 SUBCUENCA C4 RIO SANTA ANA

Nace en el cerro Alto Grande con el nombre de río Yesera, y recibe el aporte del río San Agustín, cerca a su desembocadura en La Pintada. Sus límites varían entre $21^{\circ}16.5'$ y $21^{\circ}36.4'$ de lat. sur, entre $64^{\circ}24.1'$ y $64^{\circ}39.6'$ de long. oeste, y entre 1800 y 3300 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-83

Area A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
562.0	154.0	47.2	209.1	1.832	0.252	14.7

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrencialidad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
1.9	0.037	0.372	0.672	4	68.836	8.164

Los valores de R obtenidos, son:

Por Balance: R = 160.0 mm

Por promedio de las Fórmulas: R = 230 mm ; (límites = 164 a 296 mm)

2.6.4.6 SUBCUENCA C5 RIO CAMACHO

Nace en el cerro Peña Orkho de la serranía de Sama con afluentes menores que en su mayoría descuelgan de ésta, desde ese cerro hasta el cerro Huayra Khasa al norte, desembocando en San Nicolás, en Suriara Pampa. Sus límites varían entre 21°41.6' y 22°03.7' de lat. sur; entre 64°40.9' y 65°03' de long. oeste; con altitudes entre 1733 m y 4546 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-84

Area A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
750.0	145.4	53.3	195.0	1.497	0.264	21.5

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrencialidad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
3.03	0.024	0.260	0.962	4	60.252	12.448

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: $R = 349.7 \text{ mm}$

por promedio de las Fórmulas: $R = 381 \text{ mm}$; (límites = 308 a 454 mm)

2.6.4.7 SUBCUENCA C6* RIO GUADALQUIVIR

Recibe los aportes de las subcuencas C1 a C5, y de los ríos San Pedro (Norte), Quebrada Grande (E), Rujero (W) y Colpana (S), desembocando en La Angostura. Sus límites varían entre $21^{\circ}24.2'$ y $21^{\circ}52.4'$ de lat. sur; entre $64^{\circ}30.4'$ y $64^{\circ}47.4'$ de long. oeste, con altitudes entre 1680 m y 3100 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-85

Area A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
610.0	122.9	37.3	166.5	1.403		16.9

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrenciali- dad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
7.5	0.013	0.273	0.916		49.587	12.302

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: $R = 129.6 \text{ mm}$

por promedio de las Fórmulas: $R = 198 \text{ mm}$; (límites = 136 a 260 mm)

2.6.4.8 SUBCUENCA (C1 a C6) RIO GUADALQUIVIR

Es el conjunto de las subcuencas C1 a C6*. Nace en la subcuenca C1 y desemboca en La Angostura. Sus límites varían entre $21^{\circ}13'$ y $22^{\circ}03.7'$ de lat. sur; entre $64^{\circ}24.1'$ y $65^{\circ}03'$ de long. oeste, con altitudes entre 1680 y 4614 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-86

Área A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
3 303.5	360.2	87.4	1 170.6	1.767	0.432	13.5

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrencialidad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
1.97	0.042	0.354	0.706	5	159.372	20.728

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: R = 267.1 mm

por promedio de las Fórmulas: R = 301 mm ; (límites = 234 a 368 mm)

por acumulación de promedios: R = 310 mm

2.6.4.9 SUBCUENCA C8 RÍO PAJONAL

Nace en los cerros Laguna y Campanario, y desemboca en Entre Ríos. Sus límites varían entre 21°18.4' y 21°31.8' de lat. sur, entre 64°08.3' y 64°23.6' de long. oeste, con altitudes entre 1230 y 3350 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-87

Área A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
222.5 222.5	93.4	39.4	96.7	1.766	0.143	22.6

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrencialidad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
4.0	0.067	0.435	0.575	3	41.314	5.386

Los valores de R obtenidos, son:

por estadística fluviométrica: $R = 352.9 \text{ mm}$

por Balance: $R = 272.2 \text{ mm}$

por promedio de las Fórmulas: $R = 358 \text{ mm}$; (límites = 264 a 452 mm)

2.6.4.10 SUBCUENCA C9 RIO SANTA ANA

Nace en los cerros Laguna y Guerrero, y desemboca en Entre Ríos. Sus límites varían entre $21^{\circ}22.1'$ y $21^{\circ}34.9'$ de lat. sur, entre $64^{\circ}10.4'$ y $64^{\circ}25.4'$ de long. oeste, con altitudes entre 1230 m y 3300 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos son:

Cuadro 2-88

Area A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
296.0	100.7	36.8	119.3	1.651	0.219	21.7

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrencialidad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
4.0	0.068	0.403	0.620	3	43.554	6.796

Los valores de R obtenidos, son:

por estadística fluviométrica: $R = 330.3 \text{ mm}$

por Balance: $R = 247.8 \text{ mm}$

por promedio de las Fórmulas: $R = 353 \text{ mm}$; (límites = 263 a 443 mm)

2.6.4.11 SUBCUENCA C10* RIO SALINAS

Subcuenca parcial que recibe el aporte de las subcuencas C8 y C9 y del río La Sal que nace en el cerro Catedral. Desemboca en la junta de los ríos Taraja y Salinas. Sus límites varían entre $21^{\circ}30.8'$ y $21^{\circ}56.8'$ de lat. sur, entre $64^{\circ}06'$ y $64^{\circ}20'$ de long. oeste, con altitudes entre 800 y 1910 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos son:

Cuadro 2-89

Area A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
582.0	128.8	78.2	369.9	1.506		14.3

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrenciali- dad C _T (Nº ríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
1.4	0.108	0.636	0.393		53.527	10.873

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: R = 387.4 mm

por promedio de las Fórmulas: R = 460 mm ; (límites = 362 a 558 mm)

2.6.4.12 SUBCUENCA (C8 a C10) RIO SALINAS

Es el conjunto de las subcuencas C8 a C10*. Sus límites varían entre 21°18.4' y 21°56.8' de lat. sur, entre 64°08.3' y 64°25.4' de long. oeste, con altitudes entre 800 y 3350 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-90

Area A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
1 100.5	206.6	115.0	585.9	1.758	0.083	16.6

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrenciali- dad C _T (Nº ríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
1.6	0.087	0.532	0.470	5	91.353	12.047

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: $R = 326.6 \text{ mm}$

por promedio de las Fórmulas: $R = 413 \text{ mm}$; (límites = 327 a 499 mm)

por acumulación de promedios: $R = 411 \text{ mm}$

2.6.4.13 SUBCUENCA C7* RIO TARIJA SUPERIOR

Es una subcuenca parcial que recibe todo el aporte de la cuenca del río Guadalquivir, y de los ríos Nogal y Papa Chacra por su margen izquierda, y de los ríos Montes y Lorayo por su margen derecha. Sus límites varían entre $21^{\circ}26.8'$ y $22^{\circ}00.2'$ de lat. sur; entre $64^{\circ}15.7'$ y $64^{\circ}38.9'$ de long. oeste; con altitudes entre 800 y 3464 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-91

Area A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
1 307.0	161.8	71.4	534.1	1.262		21.2

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrencialidad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
3.7	0.054	0.409	0.612		58.594	22.306

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: $R = 251.0 \text{ mm}$

por promedio de las Fórmulas: $R = 332 \text{ mm}$; (límites = 255 a 409 mm)

2.6.4.14 SUBCUENCA (C1 a C10) RIO TARIJA SUPERIOR

Es el conjunto de subcuencas C1 a C10* que desemboca en la junta de los ríos Salinas y Tarija. Sus límites varían entre $21^{\circ}13'$ y $22^{\circ}03.7'$ de lat. sur, entre $64^{\circ}06'$ y $65^{\circ}03'$ de long. oeste, con altitudes entre 800 y 4614 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-92

Área A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
5 711,0	430.0	158.8	2 290.6	1.605	0.226	14.3

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrencialidad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
1.6	0.054	0.401	0.623	5	183.954	31.046

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: R = 274.9 mm

por promedio de las Fórmulas: R = 321 mm ; (límites = 250 a 392 mm)

por acumulación de promedios: R = 334 mm

2.6.4.15 SUBCUENCA C11 RIO PAMPA GRANDE

Nace en los cerros Alizos, Alto Grande Chapis y Pajchana, y está conformada por los ríos Huacas, Escalera, Achirales, como principales afluentes del río Pampa Grande que desemboca en Tariquía. Sus límites varían entre 21°54.4' y 22°08' de lat. sur, entre 64°20.6' y 64°36.7' de long. oeste; con altitudes entre 950 m y 3400 m snm. Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-93

Área A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
535.0 535.0	98.9	31.4	215.8	1.206	0.543	26.1

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrencialidad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
3.7	0.037	0.403	0.620	4	33.461	15.989

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: $R = 471.4 \text{ mm}$

por promedio de las Fórmulas: $R = 570 \text{ mm}$; (límites = 503 a 637 mm)

2.6.4.16 SUBCUENCA C12 RIO CHIQUIACA

Nace en la serranía Suaruro y desemboca en la junta de los ríos Chiquiaca y Tarija. Sus límites varían entre $21^{\circ}34.6'$ y $22^{\circ}07.3'$ de lat. sur; entre $63^{\circ}57.7'$ y $64^{\circ}15.6'$ de long. oeste con altitudes entre 700 y 2125 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-94

Área A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compactad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
920.0	160.6	95.4	380.9	1.493	0.101	14.6

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrencialidad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
1.1	0.044	0.414	0.604	3	66.456	13.844

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: $R = 318.8 \text{ mm}$

por promedio de las Fórmulas: $R = 430 \text{ mm}$; (límites = 336 a 524 mm)

2.6.4.17 SUBCUENCA C13 RIO ITAU

Nace en la serranía Suaruro y desemboca en la junta de los ríos Itau y Tarija. Sus límites varían entre $21^{\circ}35.8'$ y $22^{\circ}20'$ de lat. suré entre $63^{\circ}48.1'$ y $64^{\circ}07.5'$ de long. oeste; con altitudes entre 500 y 2125 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos son:

Cuadro 2-95

Area A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _P (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
1 109.0	206.0	147.0	411.6	1.744	0.051	13.3

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrenciali- dad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
0.8	0.032	0.371	0.674	4	90.784	12.216

Los valores de r obtenidos, son:

por Balance: R = 242.7 mm

por promedio de las Fórmulas: R = 380 mm ; (límites = 291 a 469 mm)

2.6.4.18 SUBCUENCA C14* RIO TARIJA INFERIOR

Es una subcuenca parcial que recibe el aporte de toda la cuenca del río Guadalquivir, de las subcuencas C11 y C12, y de los ríos San Nicolas y Mañanera como afluentes principales, desembocando en la junta de los ríos Itau y Tarija. Sus límites varían entre 21°56.3' y 22°21.7' de lat. sur entre 64°02.2' y 64°28.5' de long. oeste con altitudes entre 500 y 1800 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-96

Area A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _P (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
1 124.5	246.3	95.6	487.0	2.070		10.7

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrenciali- dad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
1.4	0.058	0.433	0.577		113.218	9.932

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: $R = 397.9 \text{ mm}$

por promedio de las Fórmulas: $R = 499 \text{ mm}$; (límites = 391 a 607 mm)

2.6.4.19 SUBCUENCA (C1 a C14*) RIO TARIJA

Es el conjunto de subcuencas C1 a C14*, y desemboca en la junta de los ríos Itau y Tarija, donde comienza el río Grande de Tarija. Sus límites varían entre $21^{\circ}13'$ y $22^{\circ}21.7'$ de lat. suré entre $63^{\circ}48.1'$ y $65^{\circ}03'$ de long. oeste; con altitudes entre 500 m y 4614 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-97

Area A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
9 399.5	580.4	254.4	3 785.9	1.688	0.145	12.7

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrenciali- dad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
1.1	0.050	0.296	0.846	66	253.056	37.144

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: $R = 301.3 \text{ mm}$

por promedio de las Fórmulas: $R = 369 \text{ mm}$; (límites = 292 a 446 mm)

por acumulación de promedios: $R = 382 \text{ mm}$

2.6.4.20 SUBCUENCA C15* RIO GRANDE DE TARIJA

Es una subcuenca parcial que recibe el aporte de las subcuencas de los ríos Tarija y San Telmo, hasta desembocar en la junta con el río Bermejo. Sus límites varían entre $22^{\circ}15.8'$ y $22^{\circ}51.8'$ de lat. suré entre $64^{\circ}00.5'$ y $64^{\circ}22.4'$ de longitud oeste; con altitudes entre 350 y 1916 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-98

Area A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
1 512.5	211.0	90.0	542.1	1.530		13.2

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrenciali- dad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
1.7	0.031	0.358	0.698		88.388	17.112

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: R = 289.8 mm

por promedio de las Fórmulas: R = 418 mm ; (límites 320 a 516 mm)

2.6.4.21 SUBCUENCA (C1 a C15*) RIO GRANDE DE TARIJA

Es una de las 2 subcuencas principales que comprende al conjunto de subcuencas menores C1 a C15*, desembocando en la junta con el río Bermejo. Sus límites varían entre 21°13' y 22°51.8' de lat. sur; entre 63°48.1' y 65°03' de long. oeste con altitudes entre 350 y 4614 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-99

Area A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
10 912.0	690.7	344.4	4 328.0	1.865	0.092	11.7

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrenciali- dad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
0.9	0.047	0.304	0.822	6	310.169	35.181

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: $R = 299.7 \text{ mm}$

por promedio de las Fórmulas: $R = 378 \text{ mm}$; (límites = 299 a 457 mm)

por acumulación de promedios: $R = 387 \text{ mm}$

2.6.4.22 SUBCUENCA C16 RIO DRUSAS

Nace en el cerro Rumicancha y recibe el aporte del río Grande como afluente importante, desembocando en La Mamora, cerca a la confluencia con el río Bermejo. Sus límites varían entre $21^{\circ}49.5'$ y $22^{\circ}10.7'$ de lat. sur; entre $64^{\circ}34.3'$ y $64^{\circ}58'$ de long. oeste; con altitudes entre 1300 y 3800 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-100

Área A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _p (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
828.5	140.0	45.3	265.9	1.372	0.404	21.2

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrencialidad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
2.65	0.031	0.321	0.779	4	54.912	15.088

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: $R = 343.5 \text{ mm}$

por promedio de las Fórmulas $R = 449 \text{ mm}$: (límites = 397 a 501 mm)

2.6.4.23 SUBCUENCA C17 RIO EMBOROZU

Nace en el cerro Pajchana y desemboca en Emborozú en la confluencia con el río Bermejo. Sus límites varían entre $22^{\circ}05.2'$ y $22^{\circ}16.4'$ de lat. sur; entre $64^{\circ}27.6'$ y $64^{\circ}36.6'$ de long. oeste, con altitudes entre 910 y 2700 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-101

Área A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
186.5	69.0	29.9	99.1	1.425	0.209	25.2

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrenciali- dad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
5.5	0.075	0.531	0.470	3	27.789	6.711

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: R = 879.7 mm

por promedio de las Fórmulas: R = 857 mm ; (límites = 751 a 963 mm)

2.6.4.24 SUBCUENCA C18 RIO SALADO

Nace en la loma Cangrejos y recibe el aporte del río Conchas que descuelga de la serranía San Telmo, desembocando en la comunidad Salado en la confluencia con el río Bermejo. Sus límites varían entre 22°10.7' y 22°28.6' de lat. sur; entre 64°19.9' y 64°29.4' de long. oeste; con altitudes entre 650 m y 1916 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-102

Área A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
311.0	91.3	55.9	146.5	1.460	0.100	18.3

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrenciali- dad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
0.9	0.051	0.471	0.531	3	37.316	8.334

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: $R = 500.1 \text{ mm}$

por promedio de las Fórmulas: $R = 637 \text{ mm}$; (límites = 567 a 707 mm)

2.6.4.25 SUBCUENCA C19* RIO ALTO BERMEJO

Esta situada en su mayor parte en territorio de Argentina. Nace en los cerros Bonete y Negro (río Santa Victoria) y en el cerro Mecoya (origen del río Bermejo), y recibe el aporte de los ríos Toldos y Lipeo (Argentina), como afluentes importantes, desembocando en Aguas Blancas, sobre el río Bermejo. Sus límites varían entre $22^{\circ}00.8'$ y $22^{\circ}48.5'$ de lat. sur; entre $64^{\circ}20.4'$ y $65^{\circ}15'$ de longitud oeste; con altitudes entre 405 m y 5025 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-103

Area A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de capacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
3 630.0	398.0	106.1	893.7	1.863		16.0

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrenciali- dad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
3.3		0.246	1.015		178.685	20.315

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: $R = 492.7 \text{ mm}$

por promedio de las Fórmulas: $R = 537 \text{ mm}$; (límites = 481 a 593 mm)

2.6.4.26 SUBCUENCA (C16 a C19*) RIO ALTO BERMEJO

Es el conjunto de las subcuencas C16 a C19*, y desemboca en Aguas Blancas (Argentina). Sus límites varían entre $21^{\circ}49.5'$ y $22^{\circ}48.5'$ de lat. sur; entre $64^{\circ}20.4'$ y $65^{\circ}15'$ de long. oeste; con altitudes entre 405 y 5025 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-104

Arpa A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
4 956.0	399.1	151.4	1 405.2	1.599	0.232	16.4

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrenciali- dad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
1.2	0.024	0.284	0.882	4	170.479	29.071

Los valores de R obtenidos, son:

por estadística fluviométrica: R = 582.2 mm

por Balance: R = 482.8 mm

por promedio de las Fórmulas: R = 520 mm ; (límites = 452 a 588 mm)

por acumulación de promedios: R = 541 mm

2.6.4.27 SUBCUENCA C20* RIO BAJO BERMEJO

Es una subcuenca parcial que recibe el aporte de las subcuencas C16 a C19* y de pequeños afluentes de su margen derecha (Argentina), desembocando en la junta con el río Grande de Tarija. Sus límites varían entre 22°41.6' y 22°51.8' de lat. sur; entre 64°18.1' y 64°29.6' de long. oeste; con altitudes entre 350 m y 777 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-105

Área A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
180.0	69.3	28.0	47.8	1.457		12.2

Pendiente media río principal S_m (%)	Índice de torrencialidad C_T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D_d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E_m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
0.2		0.266	0.941		28.287	6.363

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: $R = 295.8$ mm

por promedio de las Fórmulas: $R = 508$ mm ; (límites = 456 a 560 mm)

2.6.4.28 SUBCUENCA (C16 a C20*) RIO BERMEJO

Es una de las 2 subcuencas principales que comprende a las subcuencas C16 a C20*, que desemboca en la junta con el río Grande de Tarija. Sus límites varían entre 21°49.5' y 22°51.8' de lat. sur, entre 64°19.9' y 65°15' de long. oeste, con altitudes entre 350 m y 5025 m snm.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-106

Area A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L_r (Km)	Long. total de ríos L_T (Km)	Índice de compacidad I_c	Factor de forma F_f	Índice de pendiente I_p (%)
5 136.0	431.7	179.4	1 453.0	1.699	0.169	15.7

Pendiente media río principal S_m (%)	Índice de torrencialidad C_T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D_d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E_m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
1.1	0.024	0.283	0.884	4	188.621	27.229

Los valores de R obtenidos, son:

por Balance: $R = 476.2$ mm

por promedio de las Fórmulas: $R = 527$ mm ; (límites = 467 a 587 mm)

por acumulación de promedios: $R = 540$ mm

2.6.4.29 CUENCA (C1 a C20*) CUENCA RÍOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA

Es la cuenca en estudio que comprende a las subcuencas C1 a C20*, y desemboca en el lugar denominado Juntas de San Antonio, 2 Km aguas abajo de la confluencia de los ríos Bermejo y Grande de Tarija, y es límite entre Bolivia y Argentina. Los límites de la cuenca, son 21°13' y 22°52.7' de latitud sur; 63°48.1' y 65°15' de longitud oeste; y sus altitudes varían entre 350 m y 5025 m sobre el nivel del mar.

Sus características físicas e índices morfológicos, son:

Cuadro 2-107

Area A (Km ²)	Perímetro P (Km)	Long. río principal L _r (Km)	Long. total de ríos L _T (Km)	Índice de compacidad I _c	Factor de forma F _f	Índice de pendiente I _p (%)
16 048.0	665.7	346.8	5 781.0	1.482	0.135	13.0

Pendiente media río principal S _m (%)	Índice de torrenciali- dad C _T (Nºríos/Km ²)	Densidad de drenaje D _d (Km/Km ²)	Extensión media de escurrimiento E _m (Km ² /Km)	Nº de Orden n	Rectángulo equivalente	
					b (Km)	a (Km)
0.9	0.040	0.297	0.841	6	274.357	58.493

Los valores de R obtenidos, son:

por estadística fluviométrica: R = 426.6 mm

por Balance: R = 356.2 mm

por promedio de las Fórmulas: R = 409 mm : (límites = 318 a 500 mm)

por acumulación de promedios R = 436 mm

CAPITULO 3

BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL.

3.1 METODOLOGIA PARA LA APLICACION DE LA ECUACION DE BALANCE.

Como se ha recomendado que el Balance Hídrico Superficial se realice para un período de 15 años (1968-82), se puede considerar que los parámetros que representan las regulaciones de ríos, infiltración y escorrentía subterránea, son de magnitud despreciable con respecto a los otros términos de la ecuación de BHS, por lo que ésta tendrá la siguiente forma simplificada:

$$\langle \bar{P} \rangle = \langle \bar{R} \rangle + \langle \bar{ETR} \rangle + \eta \quad (3-I)$$

siendo, $\langle \bar{P} \rangle$ = Precipitación media anual en mm
 $\langle \bar{R} \rangle$ = Escorrentía superficial media anual en mm.
 $\langle \bar{ETR} \rangle$ = Evapotranspiración real media anual en mm
 η = término de discrepancia.

Si al aplicar la ecuación en una región, y después de realizar los ajustes tentativos, no puede verificarse la condición de continuidad de masa por ser η muy grande, se recomienda establecer un programa específico de investigación para detectar sus causas, las cuales pueden ser en última instancia fuentes y sumideros de agua, ó una incorrecta evaluación de una de las variables, especialmente de la Evapotranspiración.

En la ecuación (3-I), como los términos P y ETR se miden en la cuenca misma, el término $\langle \bar{R} \rangle$ debe interpretarse como la diferencia entre el caudal efluente de la cuenca y el caudal afluente a la misma, ó sea:

$$\langle \bar{R} \rangle = (Q_{SO} - Q_{SI}) T/A \quad \text{en mm} \quad (3-II)$$

siendo, Q_{SO} = caudal efluente de la cuenca, en m³/s
 Q_{SI} = caudal afluente a la cuenca, en m³/s
 T = 31 536 = factor de conversión de segundos a año.
 A = area de la cuenca en Km².

En el caso en que una cuenca no recibe aportes superficiales de cuencas vecinas por ser cabecera de cuenca, entonces el caudal afluente $Q_{SI} = 0$, y

$$\langle \bar{R} \rangle = Q_{SO} T/A \quad (3-III)$$

El método general consiste, para cada región ó cuenca, en el trazado de mapas de Isoyetas, Isotermas e Isolíneas de Evapotranspiración y Escorrentía, en mm. Este último mapa puede reemplazarse por el de Caudales Específicos (l/s/Km²) para cada subcuenca.

La figura siguiente es un esquema del proceso indicado.

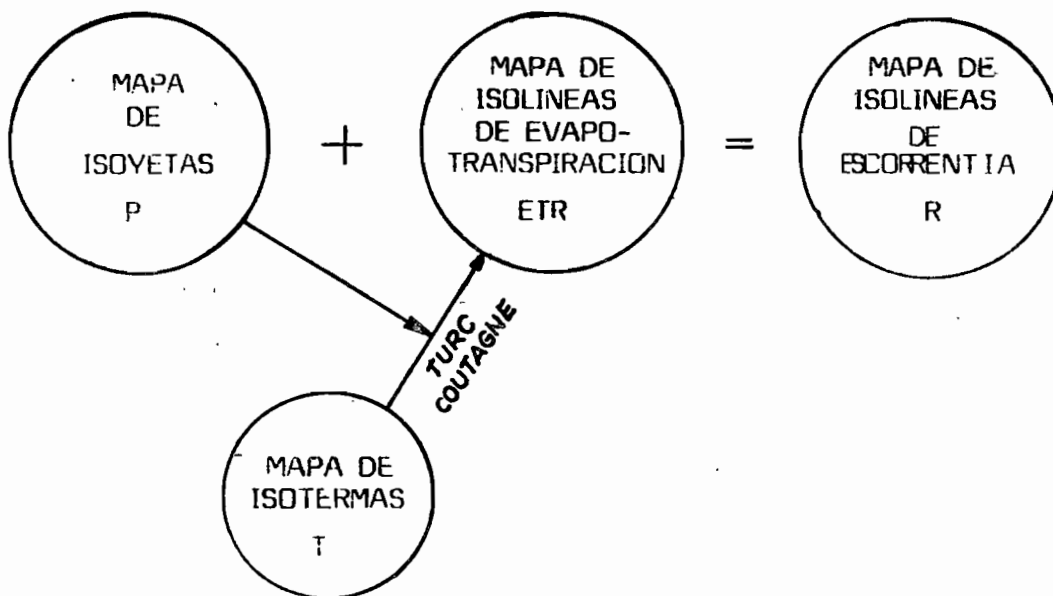


Fig. 3-1

El orden para realizar el BHS de una cuenca dividida en subcuencas es desde aguas arriba hacia aguas abajo, según el esquema de la Fig. 1-6.

3.2 ANALISIS DE LOS COMPONENTES DEL BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL.

Los 3 componentes, para un período largo, se ordenan de acuerdo a su confiabilidad y exactitud, de la siguiente manera:

- 1º Caudal ó Escorrentía.
- 2º Precipitación.
- 3º Evapotranspiración Real.

Si el caudal ha sido obtenido por aforamiento con flotador ó es reducido el número de aforos para elaborar una curva de descarga $Q = f(H)$ representativa, entonces este caudal ó escorrentía tendría el mismo grado de confiabilidad que la precipitación.

En términos generales, se puede indicar lo siguiente:

- El caudal es el componente que se obtiene con mayor precisión.
- La precipitación es fácil de medir puntualmente, pero por aspectos de instalación y de contorno, la cantidad de agua captada por los instrumentos es diferente a la que realmente cae sobre el suelo en el mismo lugar. Por otra parte, la variación espacial de la precipitación entre dos lugares cercanos, especialmente en regiones montañosas, puede ser grande. Esto, añadido a que en América del Sur la red pluviométrica tiene una densidad baja y no uniforme, y el efecto orográfico es poco conocido, ocasiona que el cálculo de la precipitación media de una cuenca ó zona extensa, utilizando cualesquiera de los métodos existentes, esté afectado de un error mayor que en el caso de la escorrentía.
- La evapotranspiración es el componente más difícil de determinar directamente. Su cálculo se efectúa por métodos indirectos, y al error que involucra utilizar una fórmula empírica, se suma el que se comete en las variables que intervienen en su cálculo, y al poco conocimiento que se tiene de la vegetación y su densidad en la cuenca.

La forma cómo se calcula el BHS de una cuenca, depende de los antecedentes existentes, es decir, de los controles que en ella se efectúen.

Generalmente se presenta el caso de que una cuenca sea controlada fluviométrica y pluviométricamente.

Bajo el criterio de que es la escorrentía R el componente que se obtiene con mayor exactitud, se puede dividir las cuencas ó subcuencas en 2 clases: las que tienen control fluviométrico y las que no lo tienen. Cada una de estas clases se subdivide según tenga ó no controles que midan las otras variables.

En resumen, se puede expresar lo dicho en el siguiente cuadro:

Cuadro 3-1

CLASES DE CUENCAS SEGUN LOS CONTROLES Y ANTECEDENTES EXISTENTES

Cuencas con control fluviométrico R			Cuencas sin control fluviométrico R		
Cuencas con antecedentes de:			Cuencas con antecedentes de:		
① R	② R	③ R	④ P	⑤ P	⑥ ---
P	P	---	ETR	---	---
ETR	---	---			

Además de estos casos, existe también el caso de las cuencas con parte importante de su área cubierta por las aguas. Este último no se presenta en las subcuencas en análisis.

3.2.1 CUENCAS CON CONTROL FLUVIOMETRICO.

Son aquellas en las cuales se puede determinar R en base a estadísticas observadas ó ampliadas.

3.2.1.1 CUENCAS CON ANTECEDENTES DE R, P y ETR ①

Al calcular separadamente cada uno de los parámetros, se tiene:

$$P = R + ETR + \eta \text{ [mm]} \quad (3-IV)$$

P y ETR se obtienen de los mapas de isoyetas y de isolíneas de ETR. Luego,

$$R = (P - ETR) - \eta \quad (3-V)$$

En el supuesto de que el valor de R sea el más confiable, este no se corrige, y la discrepancia n se reparte entre P y ETR, modificando el trazado de isolíneas de P y ETR, luego de una acuciosa investigación de los posibles factores no considerados.

En zonas montañosas sucede que $R \geq P$, significando que P esta subestimada, debido a que el efecto orográfico es inferior a lo supuesto. En este caso,

lo conveniente es estimar ETR y calcular P en forma aproximada como

$$P = R + ETR \quad (3-VI)$$

lo que obliga a modificar sucesivamente el trazado de las isoyetas.

3.2.1.2 CUENCAS CON ANTECEDENTES DE R y P (2)

Se presenta en cuencas donde no existen antecedentes de temperatura para realizar el trazado del mapa de isotermas que permita trazar el de isóneas de ETR. En este caso se calcula un

$$ETR_c = P - R \quad (3-VII)$$

Este valor debe ser compatible con R, P y una temperatura T que se estima de acuerdo al conocimiento que se tiene de la cuenca.

Denominando ETR_t a la evapotranspiración calculada con una fórmula teórica, se tiene que,

$$ETR_c = ETR_t \pm \Delta \quad (3-VIII)$$

Si $\Delta \approx 0$, se adopta ETR como valor real

Si $\Delta \neq 0$, se adopta un criterio análogo al de la zona montañosa, de 3.2.1.1

3.2.1.3 CUENCAS CON ANTECEDENTES DE R (3)

Se tiene, $R = P - ETR \quad (3-IX)$

siendo P y ETR incógnitas.

Para resolverlo es necesario estimar la temperatura T, y calcular ETR y P de forma tal, que sean compatibles con la ecuación (3-IX) y con T.

3.2.2 CUENCAS SIN CONTROL FLUVIOMETRICO R

Son aquellas en las que no se puede calcular directamente el parámetro R.

3.2.2.1 CUENCAS CON ANTECEDENTES DE P y ETR (4)

En este caso se tiene,

$$R = P - ETR \quad (3-X)$$

Ahora bien, como la estimación de P y ETR puede estar afectada de errores, especialmente en zonas montañosas, es conveniente comparar el valor de R con el de cuencas cercanas ó análogas para verificar que su valor sea lógico.

3.2.2.2 CUENCAS CON ANTECEDENTES DE P ⑤

Se puede operar de 2 maneras:

- 1º En el caso en que pueda estimarse T por analogía con cuencas cercanas, se calcula ETR, obteniendo luego,

$$R = P - ETR \quad (3-XI)$$

- 2º Se considera que en la cuenca en estudio existe una relación $R = f(P)$ análoga a la obtenida en cuencas cercanas que tengan características fisiográficas parecidas. En este caso el trazo de las isolíneas es aproximado, pero verificandose que,

$$P = R + ETR \quad (3-XII)$$

y cuidando que en los mapas de isolíneas estas se unan con las isolíneas análogas de cuencas vecinas.

3.2.2.3 CUENCAS SIN ANTECEDENTES DE R, P y ETR ⑥

Para solucionar este caso es conveniente conocer en forma aproximada las características fisiográficas de la cuenca y su climatología, para comparar con cuencas cercanas ó análogas.

Las formas de estimar R, P y ETR son varias, sujetas a errores difíciles de cuantificar. Podemos citar entre ellas, las siguientes:

- Estimar R, P y ETR, iguales a los de una cuenca conocida, y supuesta similar bajo los aspectos fisiográficos: orografía, geología, suelos, vegetación; aspectos hidrográficos: densidad de la red de drenaje y régimen de los ríos; aspectos morfométricos: área de drenaje y pendiente; ubicación geográfica: latitud y longitud geográficas, y altitud.
- Técnicas de interpretación de fotografías aéreas.

- Técnicas de interpretación de imágenes de radar.
- Técnicas de interpretación de imágenes de satélites.
- Dibujar las isolíneas de los parámetros en base a las isolíneas de cuencas vecinas que rodeen a la cuenca, verificando que, $P = R + ETR$.

3.3 BALANCE HIDRICO EN LAS UNIDADES HIDROLÓGICAS

Para el análisis de la cuenca en estudio se ha elaborado el cuadro siguiente en base a las recomendaciones de la GMBH para la determinación de las variables (parámetros) de la ecuación de BHS.

Cuadro 3-2

ANTECEDENTES DE R, P, ETR, DE LAS SUBCUENCAS DE LA CUENCA DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA.

	Subcuencas																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	16 a 20	
R	X		X					X	X													X
P	X	X	X	X	X	X		x	x	X	x	x	x			x	x	x		X		x
ETR	x	x	X	x	x	x		x	x		x					x						x
Clase	1	4	1	4	4	4	6	1	1	5	4	5	5	6	6	4	5	5	6	5	1	

X significa información confiable ó determinada en base a varias estaciones en la subcuenca.

x significa información no confiable ó determinada en base a una sola estación en la subcuenca.

En base a la información del Cuadro 3-2, se ha inferido que no es posible aplicar la metodología propuesta en la GMBH en las clases 1, 4, 5 y 6, debido a que los ANTECEDENTES R, P y ETR con que se cuenta, no son totalmente confiables (con excepción de las subcuencas C3, C5 y las estaciones Tarija y Aguas Blancas). Por esta razón se ha adoptado R, ya sea como la determinada mediante

los caudales analizados ó como la determinada, como el promedio de las Fórmulas (empíricas, de semejanza de áreas, etc), de acuerdo al apartado 2.6.3

El cuadro 3-3 proporciona el resultado del Balance Hídrico Superficial para las subcuencas, y sus valores acumulados correspondientes. En base a estos parámetros se ha obtenido relaciones de R y ETR con P que resulta ser el parámetro hidrológico con mayor información en toda la cuenca.

$$\langle \bar{R} \rangle = 0.03105 \langle \bar{P} \rangle^{1.36523} ; n = 29 \quad r = 0.9231 \quad (3\text{-XIII})$$

$$\overline{ETR} = 3.52700 \langle \bar{P} \rangle^{0.76025} ; n = 29 \quad r = 0.9207 \quad (3\text{-XIV})$$

con los valores medios siguientes:

$$\langle \bar{P} \rangle = 1\,039.8 \text{ mm} \quad \text{Desv. } s_{n-1} = 243.3 \text{ mm} \quad CV = 0.2340$$

$$\langle \bar{R} \rangle = 416.9 \text{ mm} \quad " \quad " = 145.0 \text{ mm} \quad " = 0.3480$$

$$\langle \overline{ETR} \rangle = 691.9 \text{ mm} \quad " \quad " = 127.6 \text{ mm} \quad " = 0.1845$$

$$\eta = P - R - ETR = -69.0 \text{ mm} \quad \eta (\%P) = -6.6 \%P$$

$$\langle \bar{R} \rangle / \langle \bar{P} \rangle = 0.401$$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- De la estadística pluviométrica de las estaciones situadas dentro la cuenca en estudio -obtenidas en su mayor parte del SENAMHI (45)- un 51% tiene información casi completa en el período 1968-82 con un promedio de 12 años, las cuales fueron rellenas y ampliadas mediante las técnicas de correlación. El 49% de las estaciones tiene información con un promedio de 5 años, en las cuales se ha inferido el promedio anual utilizando el método de la CDA.
- En base a los porcentajes citados, se puede decir, que el 51% de las estaciones presentan una precipitación media anual "confiable" muy próxima a la media real en cada sitio; mientras que, el 49% presentan un valor de precipitación media anual "no confiable", tal que, no es posible afirmar que su valor estimado esté proximo al valor real del parámetro en los lugares respectivos.
- Tomando en consideración lo anterior, las isoyetas se han podido trazar trazar en base a los datos puntuales "confiables". En las zonas donde se carece de información ó se cuenta solamente con datos "no confiables", se han trazado sus isoyetas por extensión de las anteriores ó por extrapolación, y reforzando este criterio mediante los valores similares que se han podido obtener en base a los perfiles pluviométricos. A consecuencia de este procedimiento ha resultado un trazado de isoyetas con sentido "regional" a nivel de toda la cuenca en estudio, y no así, en el sentido de unidades hidrológicas, es decir, a nivel de cada subcuenca. Para lo último, se tendría que realizar un estudio específico para cada subcuenca.
- A su vez, el 51% de información confiable, se reparte en 33% (15 estaciones) en la subcuenca del Valle Central de Tarija (río Guadalquivir), y en un 9% (4 estaciones) para cada una de las 2 subcuencas restantes: la del río Grande de Tarija (desde La Angostura hacia aguas abajo) y la del río Bermejo.

- Las 3 subcuencas citadas cubren un área del 21%, 47% y 32% respectivamente y relacionando estos, con el 51% de estaciones con datos "confiables", se obtiene una densidad de 45, 5 y 8 estaciones por 10 000 Km² de área, respectivamente. De este resultado se puede concluir que las isoyetas trazadas en la cuenca del río Guadalquivir tienen mayor representatividad de la precipitación espacial que las isoyetas de las otras 2 subcuencas, en las cuales el trazado tiene un carácter muy preliminar.

- Del total de pluviómetros situados dentro la cuenca, se obtiene una densidad de:

10 pluv./1000 Km² en la subcuenca del río Guadalquivir

1	"	id.	Grande de Tarija
1	"	id.	Bermejo.

indicando estos resultados que no existe una distribución uniforme de pluviómetros en la cuenca, y es necesario ampliar la red en las áreas con baja densidad.

- El régimen de precipitaciones en la cuenca es de tipo orográfico y convectivo; el primero debido al frente nuboso que llega desde el SE y choca con las serranías que siguen una dirección casi perpendicular a este frente húmedo; el segundo, por el calentamiento de los flancos orientales de estas serranías, lo que produce el efecto convectivo.
- Se presentan regiones con microclimas, caracterizados estos por la cantidad de precipitación. De estas regiones, las más notables son las de La Angostura y la que se extiende entre Emburozú, Tariquía y Salinas. Los límites de estas regiones no es posible determinarlos en un estudio preliminar. Las regiones con microclimas comprenden a parte de una subcuenca ó a partes de varias subcuencas, como en los 2 últimos casos.
- El análisis de consistencia de algunas estaciones mediante la CDA, muestra variaciones tales, que no se tiene la certeza de que estas sean consecuencia de errores sistemáticos en la operación de los pluviómetros. Un criterio alternativo, es suponer que obedecen a efectos de microclima. Sin embargo, esta duda se podría aclarar con estudios posteriores que cuenten con un período más extenso de información.

- La estadística de temperatura constituye un 32% de la de precipitación, y de ese total, un 55% de estaciones tiene información casi completa considerada confiable. Sin embargo, como la variación de temperatura media anual no es grande, entre estaciones consecutivas, y en una misma estación en sus medias mensuales, se ha podido efectuar el relleno de las estaciones incompletas a nivel mensual. También, ha sido posible elaborar una sola relación gráfica para toda la cuenca, de la temperatura en función de la altitud de las estaciones, $T = f(H)$. Con estos criterios, el trazado de las isotermas, sigue la configuración altimétrica de cada subcuenca, resultando isolíneas que tienen un carácter más específico para cada subcuenca, y no un sentido regional como en el caso de las isoyetas.
- Los valores puntuales de ETR, obtenidos mediante la aplicación de las fórmulas de Coutagne y Turc, a las intersecciones de las isotermas e isoyetas, dan como resultado el trazado de isolíneas de ETR, las que llegan a tener un carácter mixto, es decir, un sentido regional y específico a la vez, lo que induce a suponer que los valores medios de ETR para cada subcuenca, están sobreestimados, lo que se manifiesta en un exceso del 6.6% en promedio, sobre la precipitación en las ecuaciones del BHS.
- El empleo de fórmulas empíricas para la determinación de ETR, se suma al criterio anterior, lo que lleva a sugerir la aplicación de un factor de corrección < 1 , a las ETR puntuales para conseguir disminuir el valor de la discrepancia η en la ecuación del BHS para cada subcuenca, sobre todo a los puntos situados en la región semiárida de la cuenca.
- Las estaciones fluviométricas en la cuenca son 13, lo que da una densidad de 1 estación/1230 Km², aceptable para una red mínima, según las normas de la Organización Meteorológica Mundial que recomienda 1 estación para cada 1000 a 5000 Km², en condiciones especialmente difíciles (económicas y de comunicación). Del total de estaciones, se han analizado 7, que cuentan con información suficiente de aforos y lecturas limnimétricas, para la obtención de los caudales medios. De las siete, la estación Obrajes da valores muy bajos. La única estación con información completa es la de Aguas Blancas (Argentina). El resto de estaciones se ha rellenado y ampliado por correlación de datos mensuales con sus similares de precipitación de estaciones base. En Juntas de San Antonio ha sido posible obte-

ner los valores anuales del caudal mediante correlación con los caudales anuales de Aguas Blancas y Zanja del Tigre, esta última fuera de la cuenca, aguas abajo sobre el río Bermejo. Los valores de escorrentía determinados en base a los caudales medidos, son similares a los obtenidos por otro Estudio, por lo que se ha mantenido esos valores para el BHS, utilizando los mismos para estimar los valores de R de las subcuencas sin información pluviométrica mediante las diferentes fórmulas empíricas. En consideración a lo indicado líneas arriba, se puede decir que la precipitación es el componente obtenido con mayor precisión que la escorrentía para el BHS de cada una de las subcuencas.

- El valor de la discrepancia η en cada subcuenca, se puede considerar que no es elevado, dado el carácter preliminar de este estudio y por la serie de factores desconocidos que influyen en el análisis de la información pluviométrica y fluviométrica. Así, se concluye, que la corrección de las isoyetas, para disminuir n , afectaría a los valores de precipitación puntuales, tal que éstos se modificarían saliendo de los límites del 95% de confianza para sus promedios anuales. Por otra parte, modificar el trazo de las isolíneas de ETR daría lugar a invalidar la utilidad de las fórmulas empíricas aplicadas para este objeto. Un estudio futuro con mayor cantidad de información pluviométrica y fluviométrica dará resultados más aproximados a la realidad, del parámetro ETR.
- De acuerdo a la orientación que tienen, principalmente, las isoyetas trazadas, se puede dividir la cuenca en estudio, en 2 regiones climáticas separadas por una franja que sigue una dirección aproximada SSW a NNE, que encierra a las estaciones Fortín Campero, Emborozú, Tariquía, Salinas y Entre Ríos, regiones que coinciden con las zonas climáticas I y III, determinadas en los Estudios de Viparelli y otros investigadores.

4.2 RECOMENDACIONES

Con carácter general, se ha visto conveniente sugerir lo siguiente:

- Ampliar el archivo de información hidrometeorológica de la cuenca de los ríos Bermejo y Grande de Tarija, existente en el SENAMHI, mediante:

- La obtención de Estudios que se han realizado para Proyectos diversos, por Instituciones Nacionales e Internacionales (CODETAR, NN.UU., MACA, Proyecto Múltiple SAN JACINTO, PERTT, ENTEL, O.E.A., etc).
- Intercambio a nivel interinstitucional con la República Argentina, de: información cartográfica de áreas incluidas en la cuenca; información estadística de las estaciones hidrometeorológicas situadas dentro la cuenca y próximas a ella; información de trabajos relacionados a estudios hidrológicos y de proyectos concernientes.
- La obtención de información hidrometeorológica dispersa en entidades tales como ENTEL, Y.P.F.B, SNC, etc.
- Elaboración de un manual operativo para el manejo de las estaciones, y de un manual de cálculo para el tratamiento estadístico de la información, complementados con cursillos dictados por personal idóneo de la Oficina Regional del SENAMHI en Tarija.
- Proporcionar a la Oficina regional del SENAMHI de Tarija, toda la información de archivo, a fin de realizar el tratamiento estadístico, tal que con los resultados de éste, se pueda generar recursos económicos para la mejora de sus servicios y de la remuneración económica de su personal.

En cuanto a la Red Hidrológica se refiere, se ha visto conveniente lo siguiente:

- Se requiere ampliar la red pluviométrica con pluviómetros totalizadores en los siguientes lugares:

Cabecera de la subcuenca C1 del río Chamata; cabeceras de los ríos Pajonal y Santa Ana en Entre Ríos, subcuencas C8 y C9 respectivamente; cabecera de la subcuenca C12, río Chiquiaca; en la cabecera de la subcuenca C7* y al pie de la misma en Campo de Arroz sobre el río Nogal; en Campo Largo y en Madrejones de la cuenca C13 del río Itau; en Achirales Grande, cabecera de la subcuenca C11 del río Pampa Grande; en Cambarí, en la subcuenca C14*; en Algarrobito ó San Telmo, en la

subcuenca C15*, lugar situado sobre el río Grande de Tarija; en Meco-
ya, lugar situado en las cabeceras del río Bermejo; en Potrillo, en las
cabeceras del río Santa Victoria, y en San Martín, ambos en la subcuen-
ca C19*. Se sugiere estos lugares tomando en cuenta las posibilidades
de acceso, principalmente.

Instalar pluviómetros corrientes en Santa Victoria, situada sobre el mis-
mo río; y en Lipeo sobre el río Lipeo; ambos en la cuenca C19*.

- Instalar instrumental para la información termométrica en Santa Victo-
ria, Lipeo, San Telmo (situados en territorio de Argentina), y en las es-
taciones pluviométricas existentes que carecen de este tipo de instru-
mental.
- Para la red fluviométrica, según las normas de la OMM, y considerando
el estado de las comunicaciones y la densidad de población, se debe
contar con 3 estaciones de aforo en la red de cursos de agua principa-
les, que pueden situarse en La Angostura (ya existente), en la junta de
los ríos Itau y Grande de Tarija, por su cercanía al Rancho Madrejos;
y en la junta de los ríos Bermejo y Grande de Tarija, para medir el a-
porte de estas dos subcuencas principales.

Instalar estaciones de aforo en las subcuencas de los ríos Santa Ana
(La Pintada), Camacho (San Nicolás), Orosas (La Mamora), Santa Victoria
(en la junta con el río Bermejo), y en el río Lipeo (en la junta con el
río Bermejo).

Realizar aforos con flotador (por el mismo operador de las estaciones,
debidamente entrenado) en las estaciones Tariquía, Emborozú, El Salado,
tal que se pueda aprovechar las lecturas de limnómetro de estas esta-
ciones.

ANEXO 1

ECUACION DEL BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL

Entre los componentes que es necesario conocer, efectuar mediciones, procesar y analizar para el mejor conocimiento del Balance Hídrico Superficial, figuran como más importantes, los siguientes:

- Precipitación (sólida y líquida).
- Pérdidas (evaporación, evapotranspiración y sublimación).
- Escorrentía (superficial, subsuperficial y subterránea).
- Almacenamiento ó regulación (en los ríos, lagos, embalses, pantanos, campos de nieve, glaciares, napa subterránea).
- Infiltración.
- Uso del agua por el hombre.

Una forma general del balance de agua para cualquier cuerpo de agua é intervalo de tiempo, será:

$$P + Q_{SI} + Q_{UI} - E - ET - Q_{SO} - Q_{UO} - \Delta S - \eta = 0$$

donde, P = Precipitación.

Q_{SI} = Entrada de agua superficial a la cuenca ó cuerpo de agua.

Q_{UI} = Entrada de agua subterránea a la cuenca ó cuerpo de agua.

E = Evaporación.

ET = Evapotranspiración.

Q_{SO} = Salida de agua superficial.

Q_{UO} = Salida de agua subterránea.

ΔS = Variación del almacenamiento de agua en la cuenca.

η = Término residual de discrepancia, error de medición ó estimación.

En forma más detallada y para estudios más específicos, los términos de la ecuación pueden subdividirse como indica la siguiente ecuación:

$$P + Q_{SI} + Q_{UI} - ET - Q_{SO} + Q_{UO} - \Delta M - G - \Delta S_L - \Delta S_{ch} - \Delta S_{gl} - \Delta S_{sn} - \eta = 0$$

donde, ΔM = variación del almacenamiento de humedad en el suelo y en la zona no saturada.

ΔG = variación del almacenamiento en acuíferos.

ΔS_L = variación del almacenamiento en lagos y embalses.

ΔS_{ch} = variación del almacenamiento en canales de los ríos.

ΔS_{gl} = variación del almacenamiento en glaciares.

ΔS_{sn} = variación del almacenamiento en cobertura de nieve.

En razón de que, para calcular cada uno de los componentes se utilizan variadas mediciones y estimaciones, usando métodos independientes, siempre quedará involucrado un error. Es por ello, que la ecuación de balance de agua presentará discrepancias: n es el término residual: bajos valores de n , indican solamente que los términos del balance tienden a compensarse.

La ecuación simplificada de balance y sus unidades se expresan en el apartado 1.3.

ANEXO 2

BIOTEMPERATURA MEDIA ANUAL

Es el concepto de temperatura usado para la clasificación climática de Zonas de Vida del Dr. L.R. Holdridge (1948-1967).

Se diferencia de la temperatura, tal como miden los meteorólogos y climatólogos, en que a todas las temperaturas del aire $>30^{\circ}\text{C}$ y $<0^{\circ}\text{C}$ se les asigna el valor único de cero grados en la suma de temperaturas de todas las unidades de tiempo empleadas, para calcular la biotemperatura media de 1 día, semana, mes ó año.

Se calcula con las siguientes fórmulas:

- Para altitudes <1000 m y latitudes bajas:

$$T_{\text{bio}} = T - \frac{3 * \text{latitud}}{100} (T - 24)^2$$

donde, T_{bio} = biotemperatura mensual.

T = temperatura media mensual del aire $>24^{\circ}\text{C}$.

- Para altitudes >3500 m y latitudes bajas:

$$T_{\text{bio}} = \frac{(T_M)^2}{(T_M - T_m)^2}$$

donde, T_M = temperatura máxima media mensual en $^{\circ}\text{C}$.

T_m = temperatura mínima media mensual en $^{\circ}\text{C}$.

ANEXO 3

SISTEMAS DE CLASIFICACION DE CLIMAS (THORNTHWAITE)

VARIACIONES ESTACIONALES DE HUMEDAD EFECTIVA

Climas Húmedos (A,B,C ₂)		Indice de Aridez
r	poca ó ninguna deficiencia de agua	0 - 10
s	deficiencia de agua moderada durante el verano	10 - 20
w	deficiencia de agua moderada durante el invierno	10 - 20
w ₁	gran deficiencia de agua durante el verano	20 - +
w ₂	gran deficiencia de agua durante el invierno	20 - +
Climas Secos (C ₁ ,D,E)		Indice de Humedad
d	poco ó ningún exceso de agua	0 - 16.7
s	exceso de agua moderado en invierno	16.7 - 33.3
w	exceso de agua moderado en verano	16.7 - 33.3
w ₁	gran exceso de agua durante el invierno	33.3 - +
w ₂	gran exceso de agua durante el verano	33.3 - +

$$\text{Indice de Aridez} = \frac{\text{déficit } d}{\text{ETP}} \cdot 100$$

$$\text{Indice de humedad} = \frac{\text{excedente } s}{\text{ETP}} \cdot 100$$

I. REGIONES DE HUMEDAD			II. EFICIENCIA TERMICA			
Tipo de clima	Indice Hidrico		Efic. térm. (mm)	Tipo de clima	con-centr. veran. %	tipo de con-centr.
A Perhúmedo	100	a más	142	C' Helad. permanen.	80.0	d'
B ₄ Húmedo	80	a 100	285	D' Tundra	88.0	c' ₁
B ₃ Húmedo	60	a 80	427	C' ₂ Microtermico	76.3	c' ₂
B ₂ Húmedo	40	a 60	570	C' ₁ Microtermico	68.0	b' ₁
B ₁ Húmedo	20	a 40	712	B' ₁ Mesotermico	61.6	b' ₂
C ₂ Subhúmedo	0	a 20	855	B' ₂ Mesotermico	56.3	b' ₃
C ₁ Seco-subhúmedo	-33.3	a 0	997	B' ₃ Mesotermico	51.9	b' ₄
D Semiárido	-66.7	a -33.3	1140	B' ₄ Mesotermico	48.0	a'
E Arido	-100	a -66.7	>1140	A' Megatermico		

Eficiencia térmica = Evaporacion total anual.

$$\text{Indice hidrico} = I_h - 0.6 I_a$$

I_h = índice de humedad.

I_a = índice de aridez.

ANEXO 4.

ERRORES EN LA DETERMINACION DE LA PRECIPITACION

- ERRORES EN LA MEDIDA PUNTUAL.

Debido a la acción del viento sobre el pluviómetro, las gotas de lluvia son desviadas, y la cantidad de agua que llega al instrumento es menor de la que efectivamente cae.

La estimación del error que se produce, se debe principalmente a que,

- Son muy pocos los sitios donde es representativa la precipitación.
- Es imposible repetir la medida de una lluvia en un sitio y para una ocasión dada.
- La muestra tomada en el pluviómetro es muy pequeña en relación a las precipitaciones que ésta pretende representar.

Los errores producidos son de tipo sistemático y accidental:

Los sistemáticos, ocasionan un aumento ó disminución constante y permanente en la magnitud de la medida, y pueden detectarse en ciertos casos, estableciendo una corrección para la medida.

Los errores accidentales tienen un carácter casual, ocasionan una medición en exceso ó por defecto; no se puedan detectar, y por su efecto positivo y negativo tienden a compensarse en una serie larga de medidas, por ejemplo en un total mensual de precipitaciones.

Una forma de expresar la precipitación y las correcciones debido a dichos errores, es la siguiente:

$$P = P_m + (\Delta PE + \Delta PA + \Delta PW + \Delta PS) + (\Delta PD + \Delta PI) + (\Delta PR + \Delta PB)$$

donde, el primer paréntesis indica la corrección de los errores debido a factores meteorológicos e instrumentales combinados.

ΔPE = Evaporación ó condensación en el instrumento durante el período de lluvia y la toma de la medición (accidental).

ΔPA = efecto aerodinámico causado por el mismo instrumento en las partículas de precipitación (sistemático).

ΔPu = agua para humedecer el instrumento (sistemático).

ΔPS = salpicaduras desde ó hacia el instrumento (accidental).

El segundo paréntesis indica la corrección por error instrumental neto:

ΔPD = corrección por mal estado ó construcción del instrumento (sistem.)

ΔPI = instalación defectuosa del instrumento (laderas, obstáculos de intercepción) (sistemático).

El tercer paréntesis indica la corrección por errores de operación:

ΔPR = corrección por error de lectura del observador (sistem. y/o accid.).

ΔPB = corrección por incidentes imprevistos (sistemático).

Es posible aplicar estas correcciones en base a una acuciosa investigación del pluviómetro, por una persona experimentada y durante un período de tiempo más ó menos largo.

La acción de un temporal fuerte puede afectar de tal manera a la cantidad de lluvia caída sobre el pluviómetro, que, solamente el valor de 1 día puede distorsionar la suma mensual, y afectar al valor anual alejándolo de la tendencia general; y de esta manera, resta un dato a la muestra para la correlación con datos similares de otra estación, influyendo, además, en el promedio anual del período considerado.

Como un ejemplo, podemos indicar que en la estación El Salado, la precipitación mensual de febrero de 1981 es de 779.9 mm, valor muy superior a la media mensual de 7 años, que es de 310.1 mm. Además, comparado ese valor con el dato correspondiente de 3 estaciones vecinas, resulta muy elevado. Sin embargo, en el registro de datos originales, ese valor corresponde a 28 días de lluvia, uniforme durante todo el mes; por tanto, no dá lugar a considerar el valor citado como una falla de operación. En consecuencia, el dato se ha tomado en cuenta, no desechándolo ó corrigiendo su magnitud.

- ERROR EN LA EVALUACION ESPACIAL.

Para determinar la precipitación media en una zona ó cuenca es indispensable basarse en las medidas puntuales de los pluviómetros de la zona. Además, la exactitud de esta determinación depende de la calidad de los instrumentos, de su operación y de la densidad de la red pluviométrica. A su vez, la densidad de la red depende de la importancia de la zona para algún proyecto inherente y de las características mismas de la zona, como ser, la accesibilidad, la topografía, etc.

Según la GMBH, la densidad de la red, para una evaluación significativa de la precipitación, depende del tipo de precipitación en la zona:

- Si son Frontales - que abarcan grandes extensiones- la lluvia es uniforme en toda esa extensión, y por tanto se requiere menos instrumentos.
- Si son Convectivas, debido a su formación por el calentamiento directo del aire, se localizan en ciertos lugares, y por tanto se requerirá una mayor cantidad de pluviómetros en toda la zona.
- Si son Orográficas, en cuencas muy montañosas ó encajonadas, el relieve ejerce mayor influencia en la variación de la lluvia; por esto se requiere una red pluviométrica aún mas densa.

En resumen, según la GMBH, el error en la estimación de la precipitación espacial, se puede descomponer en 3 componentes:

$$\Delta PC = \Delta P + \Delta PG + \Delta PF$$

donde, ΔP = error en la medida puntual de la precipitación.

ΔPG = error por insuficiencia representativa de la precipitación puntual, que puede ser muy grande si la densidad de la red es pequeña.

ΔPF = error en la precipitación de las zonas altas de montaña, donde no hay instrumentos y es necesario estimarla extrapolando de la precipitación en zonas bajas con ayuda de los perfiles pluviométricos.

ANEXO 5

REGRESION POR MINIMOS CUADRADOS E INDICES DE DISPERSION

Una curva (recta) de aproximación a un conjunto de datos puntuales, con la propiedad de que,

$$U = [vv] = \sum_{i=1}^n v_i^2 = v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2 \text{ es mínimo} \quad (1)$$

se conoce como la curva (recta) de ajuste por Mínimos Cuadrados, donde v_i es la distancia paralela a un eje de ordenadas ó perpendicular a la recta de cada punto i a la curva (recta). Esta es la curva (recta) de Regresión de Y sobre X , en base a la cual se estima el valor de la variable Y correspondiente al valor de la variable X de la muestra de una población.

Considerando la relación lineal de las variables X (independiente) e Y (dependiente), la recta se expresa mediante la ecuación de regresión lineal,

$$y_c = a + b \cdot x \quad (2)$$

$$\text{entonces, } v_i^2 = (y_i - y_c)^2 = (y_i - a - b \cdot x_i)^2 \quad (3)$$

Reemplazando (3) en (1), e igualando a cero las derivadas parciales de U con respecto a b y a , se obtiene un sistema de 2 ecuaciones para obtener el valor de las constantes a y b .

$$\sum y = n \cdot a + b \cdot \sum x \quad (4)$$

$$\sum y x = a \cdot \sum x + \sum x^2 \quad (5)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum x y - \sum x \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (6)$$

$$a = \sum y/n - b \cdot \sum x/n = \bar{y} - b \cdot \bar{x} \quad (7)$$

La Correlación ó grado de dependencia de las variables X e Y , se expresan mediante el denominado coeficiente de correlación r ,

$$r = \frac{\sqrt{\sum (y_c - \bar{y})^2}}{\sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}} = \frac{\text{Covarianza}}{\text{Varianza } x * \text{Varianza } y} = \frac{\delta_{xy}}{\delta_x * \delta_y}$$

$$r = \frac{n \cdot \sum x \cdot y - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2} \cdot \sqrt{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}}$$

Siendo $0 \leq |r| \leq 1$. Valores de $|r|$ próximos a 1, significa que existe una buena correlación ó dependencia entre las variables. Al contrario, valores de $|r|$ cercanos a cero, indica que las variables X e Y son independientes.

Además, $r^2 = \text{variación explicada} / \text{variación total}$ es llamado coeficiente de determinación, y expresa la proporción de datos de la muestra cuya variación con su media tiene un patrón definido. .

En el caso de una relación no lineal de las variables, para el estudio de la cuenca, se ha linealizado ésta, según las siguientes ecuaciones:

$$\begin{array}{llll} Y = A + B \cdot \ln x & y_c = \ln(a x^b) & A = \ln a & B = b \quad \ln X = x \\ \ln Y = A + B \cdot x & y_c = a e^{bx} & A = \ln a & B = b \quad X = x \\ \ln Y = A + B \cdot \ln x & y_c = a x^b & A = \ln a & B = b \quad \ln X = x \end{array}$$

En el caso de que la variable X tiene un valor prefijado, y no varía en el tiempo como ocurre con la variable Y, entonces existe una sola curva (recta) de regresión. En caso contrario, existen 2 curvas de regresión: de Y sobre X, y de X sobre Y, cortándose ambas en sus valores medios $\bar{x}$ e $\bar{y}$, ó sea,

$$y_c = a + b \cdot x \quad y \quad x_c = a' + b' \cdot y$$

donde, $b' = r^2/b$ y $a' = \bar{x} - b' \cdot \bar{y}$

La desviación de la estimación en base a la curva (recta) de regresión es $s_{y.x}$ ó $s_{x.y}$, tal que,

$$y_c \pm z \cdot s_{y.x} \quad \text{ó} \quad x_c \pm z \cdot s_{x.y}$$

representan las franjas de confianza con una probabilidad del 68% para $z=1$, 95% para $z=1.96$, 99% para $z= 2.58$, que representan, para cada z, 2 líneas paralelas a ambos lados de cada recta.

La correlación ortogonal, también se aplica en el análisis de las variables, resultando una sola curva (recta) para ambas variables, tal que,

$$y_o = a_o + b_o \cdot x \quad y \quad x_o = a'_o - y/b_o$$

donde, $b_1, -1/b_0 = (S_y - S_x)/(2 S_{yx}) \pm \sqrt{[(S_y - S_x)/(2 S_{yx})]^2 + 1}$

$$S_y = \sum (y - \bar{y})^2 \quad ; \quad S_x = \sum (x - \bar{x})^2 \quad ; \quad S_{yx} = \sum (y - \bar{y}) \cdot (x - \bar{x})$$

a_0 y a_1 se calculan en la misma forma expresada anteriormente.

Para el caso general, en que $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, la ecuación es,

$$y_c = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \dots + a_n \cdot x_n$$

En forma matricial, se obtiene una matriz simétrica, expresada por,

$$\begin{bmatrix} n & \sum x_1 & \sum x_n \\ \sum x_1 & \sum x_1 \cdot x_1 & \dots & \sum x_1 \cdot x_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum x_n & \sum x_n \cdot x_1 & \dots & \sum x_n \cdot x_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y \\ \sum y \cdot x_1 \\ \vdots \\ \sum y \cdot x_n \end{bmatrix}$$

$$s_y = \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2 / (n-1)}$$

$$s_{y_2} = \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2 / (n-1)}$$

$$r = \sqrt{1 - (s_{y_2} / s_y)}$$

Los índices de dispersión son los de Asimetría y de Curtosis, expresados por las siguientes fórmulas:

Asimetría: $\alpha_3 = m_3 / s^3$ $\alpha_3 = 0$ para la Distribución Normal

Curtosis: $\alpha_4 = m_4 / s^4$ $\alpha_4 = 3$ Id.

donde, $m_3 = \sum (x - \bar{x})^3 / n$; momento de tercer orden

$m_4 = \sum (x - \bar{x})^4 / n$ Id. de cuarto orden.

$s = \sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 / n}$ desviación típica de la población.

ANEXO 6

PRECIPITACION MEDIA DE LA CUENCA DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA
DETERMINADA POR EL METODO DE LOS POLIGONOS DE THIESSEN

Estación	precip. $\bar{P}$ (mm)	área A (Km ²)	$\bar{P} \cdot A$ (mm Km ²)	Estación	precip. $\bar{P}$ (mm)	área A (Km ²)	$\bar{P} \cdot A$ (mm Km ²)
Tomatas Grande	741.9	195.5	145 041	Rejara	1 060.6	133.6	141 696
Canasmoro	532.2	10.8	5 748	Rincón cañas	1 093.6	63.3	69 225
Tucumilla	912.0	14.7	13 406	Canchas Mayu	1 007.1	120.3	121 154
Cumbre de Sama	913.0	6.0	5 478	Cañas	931.4	63.3	58 958
Subcuenca C1	747.5	227.0	169 673	Allizos	938.0	82.3	77 197
Tomatas Grande	741.9	37.7	27 970	Juntas	733.8	94.9	69 638
Canasmoro	532.2	113.2	60 245	Chocloca	692.7	81.0	56 109
Cumbre de Sama	913.0	99.5	90 844	Calderillas	1 103.2	58.9	64 978
Tucumilla	912.0	117.1	106 795	Pinos Sud	1 206.0	14.5	17 487
San Lorenzo	534.4	71.5	38 210	Pampa Redonda	822.7	19.0	15 631
Sella	570.0	113.8	64 866	Colón Sud	418.5	10.1	4 227
Yesera Norte	710.6	37.0	26 292	Padcaya	678.2	8.8	5 968
Rincón La Victoria	1 168.0	58.0	67 744	Subcuenca C5	936.4	750.0	702 268
Obrajes	894.0	16.2	14 483	Sella	570.0	20.5	11 685
San Mateo	801.0	30.5	24 431	San Lorenzo	534.4	2.0	1 069
Subcuenca C2*	751.4	694.5	521 880	San Mateo	801.0	36.5	29 237
Acumulado río Alto Guadalquivir	750.5	921.5	691 553	Obrajes	894.0	19.9	17 791
Calderillas	1 103.2	94.1	103 811	Tarija SENAMHI	614.8	34.0	20 903
Pinos Sud	1 206.0	86.0	103 716	Tarija AASANA	616.2	68.6	42 271
Pampa Redonda	822.7	61.0	50 185	San Jacinto	525.5	73.8	38 782
San Andrés	1 006.0	112.2	112 873	Tolomosa Grande	772.1	19.3	14 902
Tolomosa Grande	772.1	55.5	42 852	Pampa Redonda	822.7	7.7	6 335
Rincón La Victoria	1 178.0	23.1	26 981	Chocloca	692.7	8.9	6 165
Obrajes	894.0	7.5	6 705	Colón Sud	418.5	87.3	36 535
San Jacinto	525.5	20.6	10 825	Padcaya	678.2	35.9	24 347
Subcuenca C3	995.5	460.0	457 948	Calamuchita	385.5	109.7	42 289
Yesera Norte	710.6	182.0	129 329	La Angostura	338.7	48.7	16 495
Junacas	590.0	136.5	80 535	Puente Sta. Ana	469.0	35.3	16 556
Puente Sta. Ana	469.0	222.8	104 493	Rincón La Victoria	1 168.0	1.9	2 219
Sella	570.0	8.8	5 016	Subcuenca C6*	537.0	610.0	327 581
Tarija AASANA	616.2	10.0	6 162	Acumulado río Guadalquivir	758.6	3 303.5	2 505 883
San Jacinto	525.5	1.9	998	Junacas	590.0	95.4	56 286
Subcuenca C4	581.0	562.0	326 533	Entre Ríos	1 049.0	127.1	133 328
				Subcuenca C8	852.2	222.5	189 614

Estación	precip. $\bar{p}$ (mm)	Área A (Km ²)	$\bar{p} \cdot A$ (mm Km ²)	Estación	precip. $\bar{p}$ (mm)	Área A (Km ²)	$\bar{p} \cdot A$ (mm Km ²)
Junacas	590.0	115.3	68 027	Itau	952.2	422.4	402 209
Entre Ríos	1 049.0	180.7	189 554	Chiquiaca	1 089.2	459.0	499 943
Subcuenca C9	870.2	296.0	257 581	Río Conchas	1 288.7	172.0	221 656
Entre Ríos	1 049.0	95.2	99 865	Tariquía	1 456.0	55.6	80 954
La Cueva	1 083.9	243.4	263 821	Subcuenca C13	1 086.3	1 109.0	1 204 762
Salinas	1 408.7	272.7	313 717	Chiquiaca	1 089.2	81.9	89 205
Tariquía	1 456.0	20.7	30 139	Tariquía	1 456.0	542.3	789 589
Subcuenca C10*	1 215.7	582.0	707 542	Río Conchas	1 288.7	487.0	627 597
Acumul. r. Salinas	1 049.3	1 100.5	1 154 737	Emborozú	2 144.4	13.3	28 521
Junacas	590.0	115.7	68 263	Subcuenca C14*	1 365.0	1 124.5	1 534 912
Puente Sta. Ana	469.0	103.7	48 635	Acumulado r. Tarija	980.3	9 399.5	9 214 204
La Angostura	338.7	396.3	134 227	Río Conchas	1 288.7	562.3	724 636
Colón Sud	418.5	96.1	40 218	El Salado	1 331.5	161.8	684 940
Padcaya	678.2	51.2	34 724	Bermejo	1 081.2	633.5	684 940
Entre Ríos	1 049.0	31.0	32 519	Fortín Campero	1 050.6	154.9	162 738
La Cueva	1 083.9	127.7	138 414	Subcuenca C15*	1 182.0	1 512.5	1 787 751
Salinas	1 408.7	260.1	366 493	Acumulado río Grande de Tarija	1 008.2	10 912.0	11 001 955
Tariquía	1 456.0	125.2	182 291	Padcaya	678.2	354.9	240 693
Subcuenca C7*	800.1	1 307.0	1 045 694	Cañas	931.4	35.8	33 344
Acumulado río Tarija superior	824.1	5 711.0	4 706 314	Rincón Cañas	1 093.6	192.8	210 846
Padcaya	678.2	67.4	45 711	Rejara	1 060.6	17.0	18 030
La Mamora	1 260.0	61.1	76 986	La Mamora	1 260.0	228.0	287 280
Tariquía	1 456.0	406.5	591 864	Subcuenca C16	953.8	828.5	790 193
Subcuenca C11	1 335.6	535.0	714 561	La Mamora	1 260.0	65.2	82 152
Entre Ríos	1 049.0	15.1	15 840	Tariquía	1 456.0	16.0	23 296
La Cueva	1 083.9	95.3	103 296	Emborozú	2 144.4	105.3	225 805
Salinas	1 408.7	40.8	57 475	Subcuenca C17	1 276.2	181.5	331 253
Itau	952.2	87.7	83 508				
Chiquiaca	1 089.2	540.2	588 386				
Tariquía	1 456.0	140.9	205 150				
Subcuenca C12	1 145.3	920.0	1 053 655				

Estación	precip. $\bar{p}$ (mm)	área A (km ²)	$\bar{p} \cdot A$ (mm km ²)	Estación	precip. $\bar{p}$ (mm)	área A (km ²)	$\bar{p} \cdot A$ (mm km ²)
Emborozú	2 144.4	29.5	63 260	Acumulado río alto Bermejo	1 259.3	4 956.0	6 241 031
Río Conchales	1 288.7	142.9	184 155	Bermejo	1 081.2	122.0	131 906
Guandacay	1 374.8	78.8	108 334	Fortín Campora	1 050.6	58.0	60 935
El Salado	1 331.5	59.8	79 624	Subcuenca C20*	1 071.3	180.0	192 841
Subcuenca C18	1 399.9	311.0	435 373	Acumulado río Bermejo	1 252.7	5 136.0	6 433 872
Rejora	1 060.6	942.8	999 934	Acumulado ríos Bermejo y Grande de Tarija	1 086.5	16 048.0	17 435 827
Rincón Cañas	1 093.6	69.8	76 333				
La Mamora	1 260.0	1 065.4	1 342 404				
Emborozú	2 144.4	307.4	659 189				
Guandacay	1 374.8	152.1	209 107				
El Salado	1 331.5	863.1	1 149 218				
Bermejo	1 081.2	229.4	248 027				
Subcuenca C19*	1 290.4	3 630.0	4 684 212				

ANEXO 7

COORDENADAS DE PUNTOS AUXILIARES SITUADOS EN TERRITORIO DE ARGENTINA

P u n t o	Altitud H m snm	Latitud Sur O		Longitud Oeste X	
		°	'	°	'
1 Bayo	4 692	22	11.5	65	04.4
2 Blanco	4 349	22	25.4	64	59.6
3 Bonete	4 878	22	10.6	65	13.7
4 Bravo	3 400	22	12.8	64	45.5
5 Callejón	3 450	22	17.5	64	49.5
6 Campanario	4 745	22	13.9	65	06.9
7 Ciéneca	2 583	22	16.3	64	58.0
8 Colorado	4 098	22	19.6	64	56.4
9 Cumbre	1 560	22	33.0	64	44.9
10 Monte	1 750	22	22.7	64	45.7
11 Negro	5 025	22	08.5	65	12.1
12 Pan de Azúcar	4 489	22	12.7	65	05.2
13 Santa Victoria	2 383	22	14.0	64	57.8
14 Serrucho	4 490	22	17.3	65	14.6
15 Toldos	1 550	22	16.3	64	43.6

Fuente: Mapa General de Bolivia. Escala 1:1 000 000 . 1934.

AMPLIACION Y RELLENO DE ESTADISTICAS FLUVIOMETRICAS

Para la ampliación y relleno de caudales de 7 estaciones fluviométricas de la cuenca de los ríos Bermejo y Grande de Tarija, se ha correlacionado los datos mensuales de caudal de estas estaciones con los similares de precipitación de estaciones pluviométricas escogidas. Para tal efecto se ha dividido la información estadística en grupos de meses, constando cada grupo de 1 a 4 meses.

El caudal determinado para cada mes, es el promedio ponderado de los caudales calculados con las respectivas ecuaciones de regresión de cada grupo: tomando como peso el respectivo coeficiente de correlación r , ó sea,

$$Q = \frac{Q_1 \cdot r_1 + Q_2 \cdot r_2}{r_1 + r_2} \quad (\text{VIII-1})$$

Se ha verificado el grado de correlación r mediante el estadístico,

$$t = \frac{r \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (\text{VIII-2})$$

ensayando la hipótesis $H_0: \rho=0$ contra $H_1: \rho>0$, para un nivel de significación unilateral $\alpha = 0.05$, es decir, un nivel de confianza del 95%, para $v = n-2$ grados de libertad, ó sea que si $t > t_{0.95}$ se rechaza la hipótesis H_0 .

Los datos de cada muestra no incluídos en las ecuaciones de regresión, son aquellos puntos muy alejados por fuera de las franjas de confianza determinadas por,

$$y_c \pm s_{y,x} \cdot z \quad (\text{VIII-3})$$

donde, y_c = es el valor calculado Q ó $\ln Q$ mediante la ecuación de regresión

$$z = 1.96 = \text{variable tipificada para un nivel del 95\% de confianza.}$$

$$s_{y,x} = \sqrt{S_y \cdot (1-r^2) / n-2}$$

$$S_y = \sum (y - \bar{y})^2$$

Una vez obtenidos los caudales promedios para cada año del período 1968-1982, se ha efectuado la correlación de estos con sus similares de precipitación

de estaciones pluviométricas vecinas, ajustando aquellos valores con la ecuación de regresión respectiva, aplicando las mismas fórmulas VIII-1 y VIII-2, y el criterio expresado por la fórmula VIII-3.

El caudal calculado para cada año, es el promedio ponderado de los caudales mensuales tomando como peso el número de días de cada mes, en forma similar a la fórmula VIII-1

Estación Q: CANASMORO (río Chamata)

Correlación mensual:

Estación	P	ecuac. de regres.	n	r	Meses
Tarija AASANA	Q = 0.1001	$p^{0.9361}$	20	0.840	enero a abril
San Lorenzo	Q = 0.1796	$p^{0.8476}$	16	0.797	idem
Tarija AASANA	Q = 0.2411	$e^{0.0274 \cdot P}$	17	0.475	mayo a agosto $t=2.09 > 1.75=t_{0.95}$
San Lorenzo	Q = 0.2373	$e^{0.0472 \cdot P}$	12	0.526	idem $t=1.96 > 1.81=t_{0.95}$
Tarija AASANA	Q = 0.1344	$e^{0.0191 \cdot P}$	23	0.862	septbre. a dicbre.
San Lorenzo	Q = 0.1145	$e^{0.0286 \cdot P}$	23	0.815	idem

Correlación anual:

				Años
Tarija AASANA	Q = 0.0045	$p^{1.0020}$	14	0.780 1968 a 1982
San Lorenzo	Q = 0.0586	$p^{0.6242}$	14	0.587 idem $t=2.51 > 1.78=t_{0.95}$

Cuadro VIII-1

ESTADISTICA FLUVIOMETRICA DE CANASMORO OBSERVADA Y AMPLIADA Q (m³/s)

Area cuenca = 227.0 Km²

	Año	Enero	Febr	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Nov	Dic	Prom	Prom Ajust
Ampliación	1968	11.03	11.91	4.61	2.25	0.30	0.26	0.25	0.45	0.15	0.23	1.05	1.45	2.82	
	1969	7.22	12.46	4.05	1.87	0.27	0.26	0.25	0.26	0.14	0.21	1.52	2.47	2.52	
	1970	10.32	6.09	9.85	3.76	0.25	0.24	0.24	0.24	0.21	0.29	0.13	3.59	2.93	
	71	10.97	16.33	4.37	1.24	0.24	0.24	0.24	0.25	0.13	0.26	2.50	0.67	3.03	
	72	9.81	10.59	6.63	0.57	0.31	0.85	0.24	0.25	0.13	0.20	0.40	1.27	2.58	
	73	14.36	7.39	10.07	2.89	1.12	0.24	0.24	0.25	0.12	0.21	1.12	1.42	3.28	
	74	7.98	11.06	6.29	4.28	0.25	0.24	0.24	0.24	0.13	0.21	0.20	6.73	3.11	
	1975	14.68	10.01	4.50	1.33	0.24	0.24	0.25	0.24	0.21	0.33	0.70	1.38	2.81	
	76	11.89	5.05	6.77	0.40	0.27	0.24	0.24	0.27	0.14	0.13	0.30	1.00	2.23	
	77	11.96	4.33	3.22	1.90	0.29	0.24	0.24	0.42	0.21	0.29	1.46	7.83	2.70	
	78	11.37	9.78	7.78	1.81	0.48	0.30	0.17	0.17	0.15	0.11	0.34	11.81	3.67	
	79	9.56	13.33	19.06	3.13	0.78	0.44	0.34	0.19	0.13	0.46	0.90	6.24	4.51	3.01
	1980	5.97	6.38	14.08	1.50	0.52	0.32	0.18	0.14	0.12	0.22	0.14	0.89	2.54	
	81	14.89	7.74	4.30	3.44	0.42	0.33	0.24	0.23	0.20	0.20	0.39	2.10	2.85	
Datos originales	1982	5.90	7.91	6.63	1.67	0.43	0.26	0.14	0.13	0.11	0.19	0.54	3.83	2.23	2.75
	83**	2.99	2.06	0.60	0.32	0.26	0.31	0.12	0.11	0.08	0.17	0.66	0.49		
	Prom.														2.86

- * Datos rellenados con las ecuaciones de regresión
- o Datos no incluidos en la correlación con Tarija AASANA
- o Datos idem con San Lorenzo

Cuadro VIII-2

ESTADISTICA PLUVIOMETRICA DE TARIJA AASANA P (mm)

Año	Enero	Febr	Marzo	Abril	Mayo	Jun	Jul	Agos	Sept	Octub	Novbr	Dicbr	Suma
1968	139.4	189.1	43.3	21.0	9.0	0.0	0.0	35.0	4.0	11.0	120.3	29.2	601.3
69	48.6	219.8	18.6	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0	145.3	157.3	621.6
1970	156.5	38.6	181.6	47.0	1.4	0.0	0.0	0.0	34.0	30.0	3.0	145.0	637.1
71	161.7	211.9	52.5	17.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	30.0	112.0	103.6	689.7
72	96.2	128.6	85.5	13.1	6.0	22.0	0.0	1.0	4.4	19.2	60.2	107.8	544.0
73	206.1	94.1	151.1	29.8	27.6	0.0	0.0	2.0	0.0	17.8	17.6	80.5	626.6
74	104.2	170.9	87.0	78.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.4	18.0	191.3	673.8
1975	209.4	130.2	28.2	19.2	0.0	0.0	2.0	0.0	25.3	13.6	85.1	102.1	615.7
76	153.4	63.9	110.3	0.0	1.0	0.0	0.0	2.9	6.3	1.0	49.5	111.8	500.1
77	167.8	57.2	59.0	1.4	6.5	0.0	0.0	2.0	17.1	66.5	61.1	128.3	566.9
78	114.7	115.8	52.1	58.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	38.6	77.2	239.1	696.8
79	116.6	89.2	91.8	16.7	0.0	9.8	24.5	0.0	0.0	61.1	78.5	135.3	623.5
1980	145.4	100.5	148.1	13.6	10.5	0.0	0.0	3.5	0.0	47.5	24.4	71.3	564.8
81	172.7	99.2	62.3	48.1	0.2	0.0	2.0	7.0	2.4	36.8	133.8	161.5	726.0
1982	143.4	50.0	73.0	36.1	3.5	0.0	0.0	0.0	0.2	30.3	22.3	196.1	554.9
Prom.	142.5	117.3	83.0	27.5	4.4	2.1	1.9	3.6	6.3	29.8	67.2	130.7	616.3

Cuadro VIII-3

ESTADISTICA PLUVIOMETRICA DE SAN LORENZO P (mm)

Año	Enero	Febr	Marzo	Abril	Mayo	Jun	Jul	Agos	Sept	Octub	Nov	Dic	Suma
1968	141.3	117.3	61.3	25.5	4.5	3.4	1.0	3.5	8.5	34.3	65.6	110.8	577.0
69	126.0	103.3	71.5	24.2	4.0	3.0	1.0	3.1	7.5	23.4	70.4	103.6	541.0
1970	104.5	105.2	68.8	37.1	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	38.2	2.7	132.8	500.4
71	117.4	224.4	46.7	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	31.3	123.6	39.9	597.1
72	150.1	139.6	73.0	0.0	3.7	25.0	0.0	0.0	0.0	19.3	40.7	90.0	541.4
73	170.8	85.0	102.7	32.1	30.3	0.0	0.0	0.0	0.0	23.4	101.9	104.3	650.5
74	91.0	111.0	63.0	23.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.2	19.0	22.0	150.0	480.2
1975	177.0	121.3	72.7	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	50.7	64.2	97.0	610.9
76	152.0	53.0	54.0	6.0	3.0	0.0	0.0	0.9	1.4	1.2	27.5	70.1	369.1
77	139.5	41.5	15.3	36.1	0.8	0.0	0.0	14.0	26.0	17.8	71.9	92.0	454.9
78	71.0	129.4	69.2	28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	29.5	101.8	96.5	529.4
79	122.4	90.6	98.2	30.2	6.2	11.6	8.3	1.3	1.4	31.5	64.2	153.6	619.5
1980	91.2	72.6	106.6	6.0	6.3	3.2	0.0	4.4	0.0	41.6	29.6	44.9	406.4
81	135.5	89.4	72.6	61.2	0.0	0.0	4.3	17.3	0.5	50.5	67.0	76.9	575.2
1982	112.2	78.0	85.0	38.0	0.3	0.0	0.0	2.3	27.7	42.5	42.1	134.7	562.8
Prom.	126.8	104.1	70.7	24.2	4.0	3.1	1.0	3.1	7.6	30.3	59.7	99.8	534.4

Estación Q: OBRAJES (río alto Guadalquivir)

Correlación mensual:

Estación P ecuac. de regres. n r meses

Tarija AASANA Q = 0.1705 · P^{0.8951} 19 0.721 enero a abril

San Lorenzo Q = 2.5575 · e^{0.0099 · P} 18 0.764 idem

Estacion P ecuac. de regres. n r meses

Tarija AASANA $Q = 1.289 + 0.088 \cdot P$ 29 0.439 mayo a agosto $t=2.54 > 1.70 = t_{0.95}$

San Lorenzo $Q = 1.316 + 0.1476 \cdot P$ 23 0.369 idem $t=1.82 > 1.72 = t_{0.95}$

Tarija AASANA $Q = 0.5923 \cdot e^{0.0089 \cdot P}$ 30 0.684 septbre. a dicbre.

San Lorenzo $Q = 0.48/2 \cdot e^{0.0126 \cdot P}$ 31 0.741 idem

Correlación anual: años

Tarija AASANA $Q = 0.2892 \cdot P^{0.3935}$ 11 0.628 1968 a 1982 $t=2.42 > 1.85 = t_{0.95}$

San Lorenzo $Q = 2.226 + 0.0027 \cdot P$ 14 0.713 idem

Cuadro VIII-4

ESTADISTICA FLUVIOMETRICA DE OBRAJES OBSERVADA Q (m³/s)

Area subcuencia = 921.5 Km²

Año	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Nov	Dic	Prom.	Prom Ajust
1969	7.19 ^{**}	3.76 ^{**}		2.06 ^{**}	1.58 ^{**}	0.97 ^{**}	0.55 ^{**}		0.36 ^{**}	0.48 ^{**}	0.62 ^{**}	0.67 ^{**}		
1970	2.39 ^{**}	5.84 ^{**}	2.35 ^{**}	0.91 ^{**}	0.41 ^{**}	0.22 ^{**}	0.30 ^{**}	0.17 ^{**}		0.74 ^{**}	0.48 ^{**}	3.35 ^{**}		
71	6.39 ^{**}	19.34 ^{**}	2.18 ^{**}	4.29 ^{**}	2.10 ^{**}	2.08 ^{**}	1.42 ^{**}	1.38 ^{**}	0.96 ^{**}	1.56 ^{**}	3.71 ^{**}	6.13 ^{**}		
72	14.81 ^{**}	15.21 ^{**}			4.13 ^{**}	2.44 ^{**}	1.59 ^{**}	1.08 ^{**}	0.55 ^{**}	0.97 ^{**}	0.51 ^{**}	1.16 ^{**}		
73							1.46 ^{**}	0.95 ^{**}	0.57 ^{**}		0.80 ^{**}	2.99 ^{**}		
74	10.65 ^{**}	25.25 ^{**}	11.59 ^{**}								0.24 ^{**}	2.12 ^{**}		
1977											6.09	15.26 ^{**}		
78	24.10 ^{**}		4.19	8.58 ^{**}	4.30 ^{**}	2.47								
1980				8.04 ^{**}	3.51	2.13	1.34	0.86 ^{**}	0.73	0.88	0.66			
81	2.55		5.37	3.34	3.44 ^{**}	1.84	1.32	0.94 ^{**}	0.67	0.72	1.28			
1982	7.14	11.10	12.46	4.08	2.20	1.40	1.04	0.78	0.54	0.49	0.58			

^{**} Caudal promedio de aforos puntuales y número de éstos.

^{**} Caudal calculado con curva de descarga. No confiable.

o valor no incluido en la correlación con Tarija AASANA
o idem con San Lorenzo

Cuadro VIII-5

ESTADISTICA FLUVIOMETRICA DE OBRAJES OBSERVADA Y AMPLIADA Q (m³/s)

Año	Enero	Febr	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept	Octub	Nov	Dic	Prom	Prom Ajust
1968	12.20	13.23	4.83	2.96	2.04	1.53	1.37	3.18	0.58	0.70	1.41	1.40	3.76	
69	7.25	13.99	3.80	2.49	1.57	1.50	1.37	1.51	0.56	0.68	1.65	2.08	3.13 ^{**}	3.66
1970	11.33	5.90	11.31	4.50	1.37	1.30	1.30	1.30	0.68	0.78	0.55	2.38	3.56	
71	12.05	22.11	4.96	2.47	1.30	1.30	1.30	1.35	0.56	0.75	1.97	1.13	4.15	
72	11.28	11.63	7.15	2.14	1.84	4.04	1.30	1.35	0.55	0.66	0.91	1.53	3.68	
73	16.88	7.89	11.02	3.54	4.66	1.30	1.30	1.40	0.54	0.67	1.25	1.53	4.33 ^{**}	3.82
74	8.54	12.20	6.96	5.74	1.37	1.30	1.30	1.30	0.54	0.68	0.67	3.24	3.60	
1975	17.47	10.84	4.38	2.59	1.30	1.30	1.40	1.30	0.68	0.80	1.17	1.57	3.70	
76	13.41	5.64	7.82	1.40	1.55	1.30	1.30	1.50	0.56	0.54	0.80	1.38	3.11	
77	13.35	5.08	4.72	1.99	1.67	1.30	1.30	2.34	0.68	0.83	6.09	1.70	3.42	
78	8.43	10.56	4.19	4.89	1.30	2.47	1.30	1.30	0.55	0.77	1.48	3.22	3.32 ^{**}	3.73
79	10.28	7.83	8.21	2.80	1.72	2.55	3.03	1.39	0.54	0.87	1.14	2.71	3.57	
1980	10.38	7.83	11.04	2.25	3.51	2.13	1.34	1.77	0.73	0.88	0.66	0.76	3.61	
81	13.36	8.26	5.37	3.34	3.44	1.84	1.32	2.80	0.67	0.72	1.28	3.37	3.62	
1982	11.04	11.10	12.46	4.08	2.20	1.40	1.04	0.78	0.54	0.49	0.58	1.74	3.92	3.64
Prom														3.64

o valores no incluidos en la correlación anual con Tarija AASANA
o idem con San Lorenzo

Estación Q: SAN JACINTO (río Tolomosa)

Correlación mensual:

Estación	P	ecuac. de regres.	n	r	meses	
San Jacinto	Q	$= 0.1675 \cdot P^{1.0203}$	9	0.651	enero	$t=2.27 > 1.90 = t_{0.95}$
id.	Q	$= 8.0001 \cdot P^{0.2236}$	18	0.690	febrero y marzo	
id.	Q	$= 5.8111 \cdot P^{0.1468}$	37	0.827	abril a julio	
id.	Q	$= 1.1009 + 0.067 \cdot P$	27	0.593	agosto a octub.	$t=3.68 > 1.71 = t_{0.95}$
id.	Q	$= 0.0853 \cdot P^{0.9108}$	16	0.811	noviembre y diciembre	

Correlación anual:

años

San Jacinto Q = $4.53 + 0.00699 \cdot P$ 15 0.696 1968 -1982

Tolomosa Grde. Q = $-0.75 + 0.42980 \cdot P$.15 0.714 idem

Cuadro VIII-6

ESTADISTICA FLUVIOMETRICA DE SAN JACINTO OBSERVADA Y AMPLIADA Q (m³/s)

Area subcuena = 460.0 Km²

Año	Enero	Febre	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septb	Octub	Nov	Dic	Prom	Prom Ajust
1968	31.23	19.24	17.00	15.53	7.28	3.66	2.70	2.25	1.82	4.55	6.16	3.23	9.53	
69	8.77	28.69	12.61	5.35	3.72	2.43	1.93	1.45	1.08	5.10	5.57	11.48	7.21	
1970	29.42	17.13	19.99	10.26	5.19	2.93	2.04	1.60	1.229	6.23	0.61	12.54	8.38	
71	14.86	32.24	18.18	9.14	4.95	3.09	2.14	1.57	1.15	4.46	6.89	9.93	8.90	
72	10.32	20.45	20.39	7.70	4.25	8.73	2.21	1.57	4.58	1.18	1.09	6.27	7.34	
73	13.72	27.24	25.62	12.04	5.53	9.69	2.29	1.85	1.30	1.31	1.51	3.83	6.91	
74	15.00	23.64	23.72	17.10	6.02	3.39	2.48	1.83	1.19	2.64	2.12	5.19	8.60	
1975	13.94	19.89	18.67	7.87	4.25	2.71	2.05	1.62	2.31	2.26	2.24	8.78	7.16	
76	20.19	22.16	15.53	2.96	4.59	3.229	1.89	1.41	1.10	0.68	1.74	5.74	7.07	
77	12.84	18.55	22.82	8.13	4.81	3.36	2.20	1.51	1.02	1.90	4.21	6.29	7.24	
78	17.83	22.01	19.48	9.01	2.96	2.96	2.96	1.10	1.56	5.58	4.70	11.75	8.42	
79	14.61	20.90	21.32	9.21	5.81	6.43	9.21	1.87	1.11	5.78	3.59	8.62	8.98	
1980	23.21	22.46	24.09	8.54	8.70	2.96	2.96	1.19	1.10	4.25	4.71	4.33	9.02	
81	25.89	23.32	22.15	10.02	2.96	2.96	2.96	1.62	1.10	3.51	7.22	6.56	9.12	
1982	28.10	21.63	22.92	10.76	6.23	2.96	2.96	1.10	3.28	2.82	2.57	6.04	9.23	
Prom.													8.21	

- Datos rellenados en la estadística original.
- Datos no incluidos en la correlación con San Jacinto(pluviométrica)

Cuadro VIII-7

ESTADISTICA PLUVIOMETRICA DE SAN JACINTO P (mm)

Año	Enero	Febr	Marzo	Abril	Mayo	Jun	Jul	Agos	Sept	Octub	Nov	Dic	Suma
1968	110.0	166.8	29.3	24.4	8.0	0.0	0.0	25.2	8.1	30.7	81.8	54.1	538.4
69	66.2	143.5	11.3	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	29.7	121.1	102.2	477.5
1970	120.3	44.3	128.5	39.9	0.0	0.0	0.0	0.0	29.1	28.8	6.0	72.9	469.8
71	120.2	163.1	39.1	22.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	50.1	84.1	88.7	572.9
72	72.9	89.1	98.6	1.0	0.0	16.0	0.0	13.4	52.0	0.0	42.0	44.6	429.6
73	96.8	61.9	96.4*	22.1	0.0	32.5	0.0	3.2	0.0	17.0	27.8	144.5*	502.2
74	55.0	127.2	44.9	50.7	0.0	0.0	0.0	12.0	21.0	23.0	34.0	91.0	458.8
1975	76.2*	58.7*	44.2*	14.1*	1.5*	0.0	0.0	0.0	30.8	14.4	62.3	174.1	476.3
76	90.8	45.8	19.4	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	48.1	103.0	325.8
77	75.6*	58.2*	108.6	31.5	2.6	0.0	0.0	10.1	14.7	12.0	72.3	112.4	498.0
78	97.0	92.4	53.5	19.9	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	66.9	81.6	223.1	641.2
79	79.8	73.3	80.1	23.1	1.0	2.0	23.1	11.5	0.2	69.9	60.7	158.7	583.4
1980	125.6	101.1	138.2	13.8	15.6	0.0	0.0	1.3	0.0	47.0	81.7	74.6	598.9
81	139.8	119.6	95.0	40.9	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	35.9	130.6	117.7	687.3
1982	151.5	85.5	110.6	66.4	1.6	0.0	0.0	0.0	32.5	25.7	42.0	107.4	623.2
Prom.	98.5	95.3	73.2	24.9	2.8	3.4	1.5	5.6	13.4	30.5	65.1	111.3	525.6

* valor rellenado por correlación

Los valores de precipitación anuales de la estación Tolomosa Grande, se hallan registrados en el Cuadro 2-6, pág. 80.

Estación Q: ENTRE RIOS (río Santa Ana)

Correlación mensual:

Estación P	ecuac. de regres.	n	r	meses
Entre Ríos	$Q = 0.5243 \cdot P^{0.5031}$	33	0.632	enero a abril $t=4.55 > 1.70 = t_{0.95}$
id.	$Q = 0.823 + 0.0264 \cdot P$	37	0.631	mayo a agosto $t=4.82 > 1.69 = t_{0.95}$
id.	$Q = 0.5501 \cdot e^{0.0081 \cdot P}$	38	0.754	septbre. a dicbre.

Correlación anual:

			años
Entre Ríos	$Q = 0.0455 \cdot P^{0.6054}$	15	0.665 1968 a 1982 $t=3.21 > 1.77 = t_{0.95}$
La Cueva	$Q = 0.0012 \cdot P^{1.2222}$	15	0.801 id.
Salinas	$Q = 1.1218 \cdot e^{6.9776 \cdot P}$	15	0.828 id.

Correlación de caudales anuales con los del río Pajonal:

Santa Ana: $Q = 0.3404 + 1.10879 \cdot Q_{Paj.}$ 15 0.888 1968 a 1982

Cuadro VIII-8

ESTADISTICA FLUVIOMETRICA OBSERVADA Y AMPLIADA DE ENTRE RIOS (RIO STA. ANA) Q (m3/s)

Area cuenca = 296.0 Km2

Año	Enero	Febr	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septb	Octub	Nov	Dic	Prom	Prom Ajust
1968	7.44	6.37	5.68	2.32	0.82	1.26	1.01	1.72	0.64	1.41	2.78	1.46	2.73	
69	5.26	6.18	3.86	1.70	1.14	1.14	0.82	0.82	0.55	0.39*	1.07*	1.85*	2.04	
1970	9.11	3.93*	4.51*	4.03*	3.10*	1.48*	0.79*	0.49*	0.44*	0.65	0.43	1.26	2.52	
71	5.98	6.69	6.15	2.60	0.93	0.87	0.82	0.82	0.60	0.62*	1.53*	2.56*	2.49	
72	4.82	5.42	5.31	1.71	1.68*	1.20*	0.58*	0.56*	0.37*	0.68*	0.77*	3.56*	2.29	
73	4.19*	4.03*	4.96*	5.53*	1.91*	1.38*	0.91*	0.94*	0.95*	0.60*	0.81*	1.09*	2.26	
74	7.63*	10.07*	9.03	8.17*	1.68*	1.09*	1.19*	1.30*	1.09*	0.59	0.65	1.96	3.66	
1975	9.06	7.14	3.44	3.99	0.82	0.82	0.82	0.82	0.73	0.72*	1.25*	2.13*	2.62	
76	5.57	11.88	5.95	1.61	0.77	0.53	0.59	0.36	0.36	0.74*	0.36	2.71	2.59	
77	6.34	6.71	8.99	8.45	2.03	1.55	1.14	1.35	0.75	0.70	2.59*	4.46*	3.74	
78	5.78*	14.82*	4.77*	3.72*	1.44*	0.86*	0.65*	0.53*	0.43*	0.60*	0.97*	2.74*	3.03	
79	9.24*	17.56*	19.13*	6.32*	2.37*	1.37*	1.49*	1.06*	0.73*	0.69*	1.29*	5.15*	5.36	
1980	13.14*	6.73*	9.84*	2.93*	1.29*	1.00*	0.69*	0.57*	0.51*	0.70*	4.99*	1.27*	3.64	
81	8.38*	10.13*	5.30*	6.04*	1.65*	0.95*	0.76*	0.59*	0.59*	0.85*	3.45*	6.08*	3.69	
1982	13.83*	10.79*	26.23*	6.08	2.51*	1.40*	1.10*	0.85*	0.85*	0.88	1.40	1.19	3.87	
Prom.													3.10	

* Datos obtenidos mediante la curva de descarga

□ Datos no incluidos en la correlación con Entre Ríos (pluviométrica)

Cuadro VIII-9

ESTADISTICA FLUVIOMETRICA DE ENTRE RIOS P (mm)

Año	Enero	Febr	Marzo	Abril	Mayo	Jun	Jul	Agost	Sept	Ocub	Nov	Dic	Suma
1968	194.8	143.0	114.0	19.2	0.0	16.6	7.0	34.0	19.0	115.3	199.0	120.0	981.9
69	98.0	135.0	53.0	10.4	12.0	12.0	0.0	0.0	0.0	55.0	109.1	133.5	618.0
1970	291.5	151.0	175.0	63.0	42.0	10.0	12.0	0.0	35.0	30.0	14.0	104.7	928.0
71	126.1	158.0	133.4	24.1	4.0	1.6	0.0	0.0	11.4	25.3	77.4	88.2	649.5
72	82.4	104.0	99.5	10.5	3.4	31.1	0.0	24.0	46.0	31.4	64.7	143.9	641.3
73	226.3	187.9	329.8	126.3	57.8	19.0	7.9	11.1	4.2	19.3	105.9*	172.5*	1268.0
74	197.9	294.7	286.5	140.0*	0.0	0.0	15.1	0.0	6.0	8.0	19.6	156.0	1123.8
1975	288.3	179.5	42.0	56.5	0.0	0.0	0.0	0.0	35.0	23.0	103.3	53.1	780.7
76	217.0	185.8	181.0	35.0	15.0	0.0	0.0	5.0	46.3	38.3	10.0	435.0	1168.4
77	142.0	159.0	284.2	251.0	45.5	27.6	12.0	20.0	38.5	30.0	202.7	126.1	1338.6
78	132.7	234.2	85.2	74.8	1.9	2.2	0.3	0.0	0.0	79.0	127.4	263.2	1000.9
79	126.3	272.7	284.1	49.8	11.5	19.2	23.2	9.9	11.0	34.9	89.3	266.0	1197.9
1980	291.0	222.5	217.5	20.8	3.6	13.2	1.0	9.5	0.0	66.7	270.6	130.4	1124.8
81	377.8	243.2	199.6	342.4	21.3	3.7	7.4	4.4	4.4	34.3	199.0	156.9	1594.4
1982	174.1	394.9	185.5	93.1	18.9	3.4	11.2	4.5	38.1	58.1	114.3	94.4	1190.5
Prom.	197.8	204.4	178.0	87.8	15.8	10.6	6.5	8.2	19.7	43.2	113.8	162.9	1048.7

* valor rellenado por correlación.

Estación Q: ENTRE RIOS (río Pajonal)

Correlación mensual:

Estación	P	ecuac. de regres.	n	r	meses
Entre Ríos		$Q = 0.784 + 0.0282 \cdot P$	29	0.673	enero a abril
id.		$Q = 0.8203 P^{0.6940}$	28	0.644	mayo a agosto $t=4.29$ $1.71=t_{0.95}$
id.		$Q = 0.050 + 0.0118 \cdot P$	28	0.924	septbre. a dicbre.

Correlación anual:

				años
Entre Ríos	$Q = 0.0047 P^{0.9024}$	15	0.907	1968 a 1982
La Cueva	$Q = 0.00021 P^{1.3414}$	15	0.876	idem
Salinas	$Q = 0.00061 P^{1.1461}$	15	0.906	idem

Correlación de caudales anuales con los del río Santa Ana:

Pajonal: $Q = 0.2862 + 0.7107 Q_{S.Ana}$ 15 0.888 1968 a 1982

Cuadro VIII-10

ESTADISTICA FLUVIOMETRICA OBSERVADA Y AMPLIADA DE ENTRE RIOS (RIO PAJONAL) Q (m3/s)

Área cuenca = 222.5 Km2

Año	Enero	Febre	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septb	Octub	Nov	Dic	Prom	Prom Ajust
1968	6.28	4.82	4.00	6.03	0.53	1.07	0.98	1.14	0.27	1.41	2.39	1.46	2.52	
69	3.55	4.59	2.28	1.089	1.04	1.04	0.53	0.53	0.05	0.34	0.66	1.58	1.42	
1970	9.01	2.94*	3.40*	3.39*	2.20*	1.04*	0.61*	0.36*	0.36*	0.44*	0.55*	0.76*	2.09	
71	1.23*	4.66*	5.85*	3.62*	1.19*	0.53*	0.40*	0.38*	0.39*	0.61*	0.53*	1.09	1.69	
72	3.32*	2.83*	2.65*	2.36*	1.02*	0.72*	1.08*	1.11	0.26*	0.80*	0.54*	2.06*	1.56	
73	3.38*	3.30*	10.09	2.12*	1.56*	1.50*	0.93*	0.59*	0.42*	0.34*	1.30	2.08	2.30	
74	4.51*	8.11*	8.87	5.64*	0.53	1.10*	0.92*	0.68*	0.12	0.14	0.28	1.89	2.70	
1975	8.92	3.28*	4.22*	2.38	0.53	0.53	0.53	0.53	0.46	0.32	1.27	0.68	1.97	
76	6.91	6.16*	5.35*	1.27*	0.79*	0.46*	0.45*	0.95	0.39*	0.38*	0.35*	5.17	2.38	
77	4.79	5.27	8.80	7.87	1.17	1.12	1.04	1.09	0.50	0.40	2.44	1.71*	3.00	
78	1.72*	10.98*	5.77*	3.56*	1.51*	0.86*	0.56*	0.48*	0.42*	0.68*	1.09*	3.32*	2.52	
79	6.85*	12.75*	14.15*	2.19	1.03	1.63*	1.23*	0.93*	0.63*	0.46*	0.97*	3.87*	3.85	
1980	8.99	7.06	6.92	1.37	0.93	1.05	0.82	1.01	0.05	0.84	3.24	1.59	2.82	
81	11.44	7.65	6.42	10.44	1.09	0.93	0.99	0.94	0.10	0.45	2.39	1.90	3.70	
1982	5.70	11.93	6.02	3.41	1.08	0.92	1.03	0.94	0.50	0.73	1.40	1.16	2.84	
Prom.													2.49	

- * Caudales calculados mediante la curva de descarga
- ° valores no incluidos en la correlación con Entre Ríos (pluviométrica)

Estación Q: JUNTAS DE SAN ANTONIO (ríos Bermejo y Grande de Tarija)

Áreas: Aguas Blancas = 4 956 Km2. Juntas de S. Antonio = 16 048 Km2.

Zanja del Tigre/Manuel Elordi = 25 000 Km2.

Correlación anual: (caudales)

Estación X	ecuac. de regres.	n	r	años
Aguas Blancas	$Q = -8.70 + 2.3897 \cdot X$	15	0.965	1945 a 1959
Zja. del Tigre	$Q = 11.29 + 0.5576 \cdot X$	15	0.974	idem

Cuadro VIII-11

ESTADISTICA FLUVIOMETRICA UTILIZADA PARA LA AMPLIACIÓN
DE LA ESTACION JUNTAS DE SAN ANTONIO (m³/s)

Año	Aguas Blancas	Zanja del Tigre	Juntas de San Antonio	Año	Aguas Blancas	Zanja del Tigre	Ampliación Jtas. de S.Ant.		
							con Aguas Blancas	con Zanja Tigre	Promedio ponderad.
1945	68.1	208.6	127.9	1968	96.6	344.6	222.0	203.4	212.7
46	56.0	167.1	103.6	69	51.5	201.9	114.3	123.8	119.1
47	74.5	236.6	153.1	1970	56.7	227.8	126.8	138.3	132.6
48	43.5	177.8	93.5	71	64.2	251.6	144.8	151.6	148.2
49	89.2	378.8	207.4	72	54.3	227.9	121.1	138.4	129.8
1950	96.4	385.9	220.6	73	90.2	307.3	206.9	182.6	194.7
51	77.9	335.9	175.4	74	118.2	446.6	273.9	260.3	267.0
52	60.4	248.5	159.9	1975	82.5	321.7	188.5	190.7	189.6
53	60.8	240.5	154.5	76	100.0	365.1	230.2	214.9	222.5
54	90.5	374.5	227.5	77	95.7	406.3	220.0	237.9	229.0
1955	136.4	482.6	302.8	78	85.6	367.6	196.0	216.3	206.2
56	66.1	267.9	155.1	79	117.7	499.6	272.5	290.0	281.3
57	79.4	287.6	168.5	1980	98.4	455.0	226.4	265.0	245.8
58	78.2	279.7	190.0	81	137.3	644.0	319.5	370.4	345.0
1959	118.5	515.7	288.1	1982	124.0	657.3	287.7	377.8	333.0
Prom.					91.5	381.6			217.1

Correlación de valores anuales calculados:

Estación X	ecuac. de regres.	n	r	años
Aguas Blancas	$Q = 1.8612 \cdot Q_x^{1.0526}$	15	0.987	1968 a 1982
Zanja del Tigre	$Q = 1.0165 \cdot Q_x^{0.9033}$	15	0.990	1968 a 1982
Bermejo	$Q = 1.28 + 0.1996 \cdot P$	15	0.569	idem

$t=2.49 > 1.77=t_{0.95}$

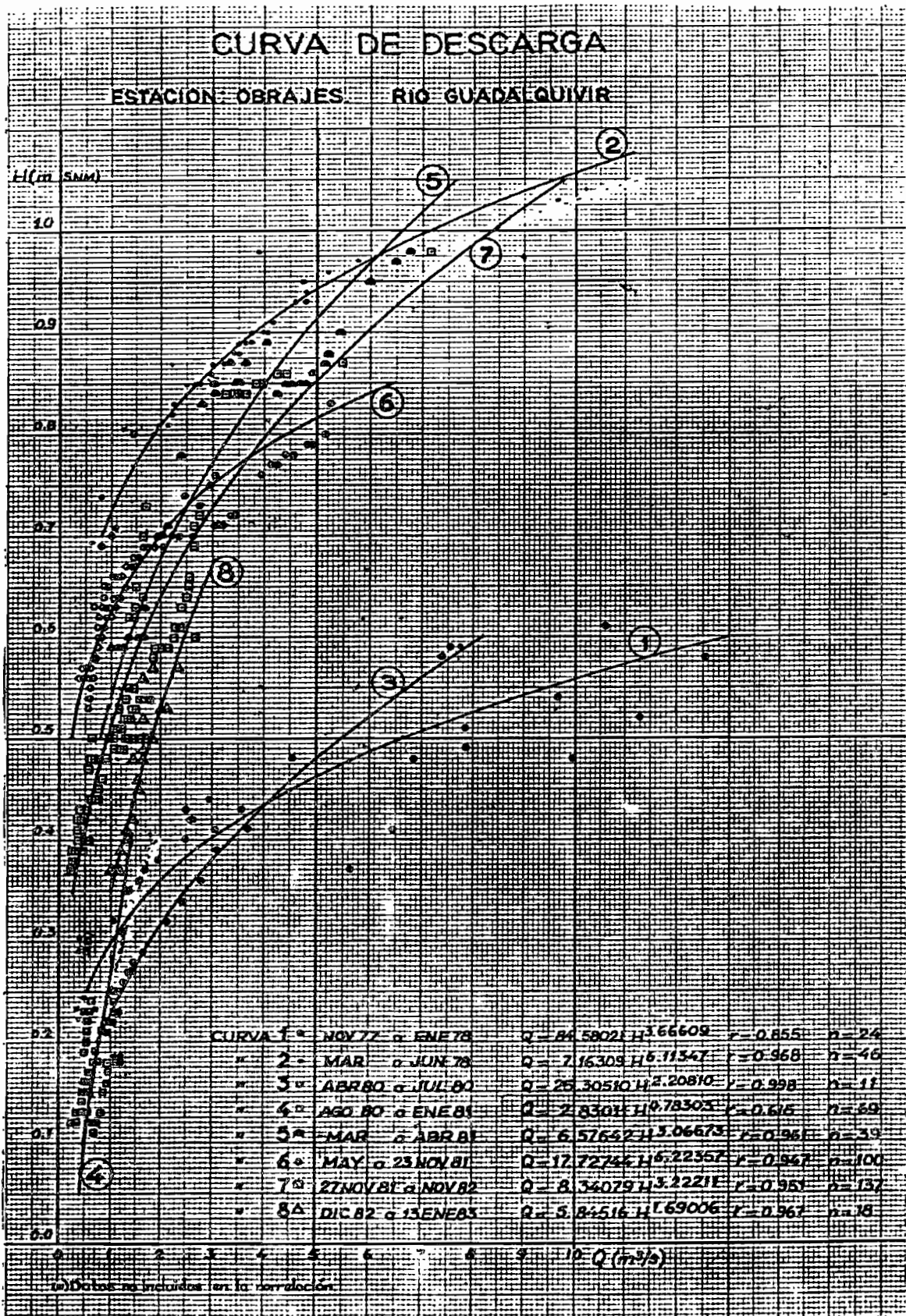


Fig. VIII-1

A N E X O S

MORFOLOGIA E INDICES FISICOS DE UNA CUENCA

La Morfología es el estudio de la forma superficial, en base a algunas características físicas y geométricas, con lo que se obtiene los llamados Indices Físicos de una cuenca, los cuales sirven para determinar aproximadamente su régimen hidrológico.

Los Indices utilizados para el estudio de la cuenca, son los siguientes:

- INDICE DE COMPACIDAD (I_c)

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y una circunferencia de área igual a la de la cuenca, que da una idea de la regularidad de su forma.

$$I_c = 0.282 P/\sqrt{A} \quad (IX-1)$$

donde, P = perímetro de la cuenca en Km

A = área de la cuenca en Km².

- FACTOR DE FORMA (F_f)

La forma de la cuenca afecta los hidrogramas de escurrimiento y las tasas de flujo máximo. Valores altos del factor de forma indican que la cuenca favorece a las máximas crecidas de picos pronunciados ya que su tiempo de concentración es reducido.

$$F_f = A/L^2 \quad (IX-2)$$

donde, A = área de la cuenca en Km².

L = longitud del curso de agua más largo, en Km.

- INDICE DE PENDIENTE (I_p)

Es el valor medio de las pendientes de una cuenca. Indica la mayor ó menor facilidad de infiltración en una cuenca.

Su expresión exacta es:

ANEXO 10

FISIOGRAFIA Y SUELOS DE LA CUENCA DE LOS RIOS BERMEJO Y GRANDE DE TARIJA SEGUN LA CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE TIERRA (COCHRANE)

Para ampliar los conocimientos sobre la Fisiografía y los Suelos de la cuenca de los ríos Bermejo y Grande de Tarija, se ha visto conveniente extraer de la obra "El Potencial Agrícola del Uso de la Tierra en Bolivia" del Dr. Thomas T. Cochrane, la clasificación en Sistemas de Tierra que hace el autor, desde un punto de vista edafológico, para lo cual se ha elaborado un Mapa de Sistemas de Tierra, del cual se ha obtenido la parte correspondiente a la cuenca, mostrando en la Fig. 1-21.

Esta clasificación parte de una unidad denominada Sistema de tierra hasta llegar a la Provincia de tierra cuyos significados son los siguientes:

Sistema de tierra. área o grupo de áreas en las que existe un patrón repetido de topografía, suelos, vegetación y clima.

El sistema puede ser:

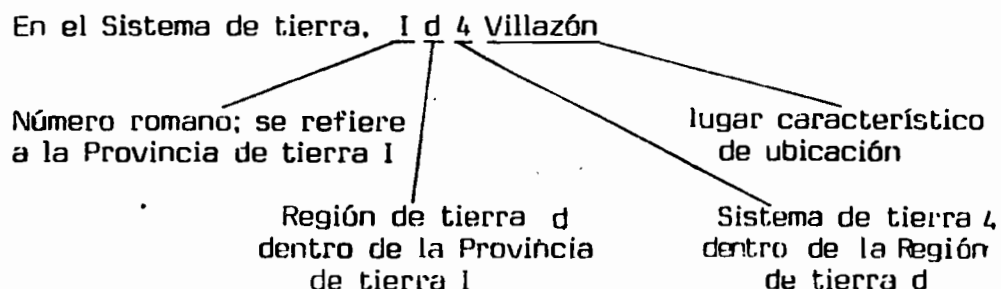
simple, si tiene solamente un patrón repetido.

complejo, si se hallan presentes más de un patrón.

Región de tierra: agrupamiento de Sistemas de tierra, con topografía y roca paterna similares.

Provincia de tierra: agrupamiento de Regiones de tierra, con una misma estructura geológica bruta.

La explicación de la simbología utilizada se da en el siguiente ejemplo:



$$I_p = \sum_{i=1}^n \sqrt{\Delta H_i * a_i} / \sqrt{b} \quad (IX-3)$$

donde, b = longitud mayor del rectángulo equivalente, en Km.

$\Delta H_i = h_i - h_{i-1}$ = diferencia de cotas entre curvas de nivel consecutivas, en Km.

$a_i = A_i / A$ = área parcial correspondiente a H_i dividida entre el área total de la cuenca.

Su expresión aproximada es,

$$I_p = \sqrt{(H_M - H_m) / 1000 \cdot b} \quad (IX-4)$$

donde, H_M, H_m = altitudes máxima y mínima de la cuenca, en m.

- PENDIENTE MEDIA DEL RIO PRINCIPAL (S_m)

$$S_m = (h_M - h_m) / (1000 \cdot L_r) \quad (IX-5)$$

donde, h_M, h_m = altitudes máxima y mínima del río principal, en m.

L_r = longitud del río principal, en Km.

- COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD (C_T).

Es la relación entre el número de cursos de agua de primer orden (N_r) y el área A de la cuenca en Km².

$$C_T = N_r / A \quad (IX-6)$$

Este parámetro influye en las máximas crecidas, porque da una idea de las características básicas y morfológicas de la cuenca.

- DENSIDAD DE DRENAJE (D_d).

Es la longitud media de la red hidrográfica de una cuenca por Km².

$$D_d = L_T / A \quad [\text{Km/Km}^2] \quad (IX-7)$$

donde, L_T = longitud total de los ríos de la cuenca, en Km.

A = área de la cuenca en Km².

Representa la mayor ó menor concentración del escurrimiento respecto al cauce principal.

- EXTENSION MEDIA DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL (E_m).

Es la distancia media, en línea recta, que el agua de lluvia tendría que recorrer para alcanzar un curso de agua.

$$E_m = A/4 L_T \quad [\text{Km}^2/\text{Km}] \quad (\text{IX-8})$$

donde, A = área de la cuenca en Km^2 .

L_T = longitud total de los cursos de agua, en Km.

- NUMERO DE ORDEN DE UN RIO (n).

Surge del problema para distinguir entre el río principal de sus afluentes, para lo que se sigue el siguiente criterio: Se denomina de 1º orden al que no tiene ningún afluente; de 2º orden si tiene un afluente de primer orden; y así sucesivamente hasta el orden n , que es el del río principal.

Mientras más alto es el orden, el sistema de drenaje de una cuenca es más desarrollado y favorable a la infiltración.

- RECTANGULO EQUIVALENTE.

Es un rectángulo que tiene la misma área de la cuenca, el mismo índice de compacidad é idéntica repart hipsométrica. Los lados de este rectángulo estan expresados por,

$$a = I_c \cdot \sqrt{A} \cdot \left[1 + \sqrt{1 - (1.128/I_c)^2} \right] / 1.128 = (P/4) - \sqrt{(P/4)^2 - A} \quad \text{Km} \quad (\text{IX-9})$$

$$b = I_c \cdot \sqrt{A} \cdot \left[1 + \sqrt{1 - (1.128/I_c)^2} \right] / 1.128 = (P/4) + \sqrt{(P/4)^2 - A} \quad \text{Km} \quad (\text{IX-10})$$

siendo, $a < b$

A = área de la cuenca en Km^2 .

I_c = índice de compacidad.

La cuenca en estudio se clasifica en 2 provincias de tierra, que a su vez comprenden a 6 Regiones de tierra. Con ayuda del mapa de Suelos (Fig. 1-21, pág. 50) se puede interpretar la clasificación que se da en detalle, a continuación.

Sistema de tierra Id3 Oploca

Este sistema comprende a las cabeceras de las subcuencas C5, C3, C2 y C4, en ese orden, y por extensión de sus límites a la cabecera de la Subcuenca C19*, en Argentina, en forma de una franja estrecha de Sur a Norte.

Fisiografía: paisaje alto, de ondulado a escarpado; disectado por muchos riachuelos, con altitudes de 3000 a 4500 m snm.

Geología: región uniforme, casi exclusiva de lutitas de sedimentación de la era ordovícica.

Hidrología: el área drena por afluentes al río Bermejo (Pilcomayo).

Clima: estéril, seco. Precipitación de Diciembre a febrero; ETP alta. Temperaturas frías. 0°C en las noches de invierno (mayo a julio).

Suelos: en laderas escarpadas, poca profundidad, pedregosos ó grávicos. Son típicos de climas secos; lixiviación y temperización débil; color café oscuro, textura mediana, estructura débil a moderada.

Vegetación: pastura alpina seca, con arbustos (y cactus). Se cultiva papa, trigo, cebada, maíz y haba (irrigación).

Sistema de tierra Ij3 Carlazo

Comprende a toda la zona semiárida de la cuenca, en una franja de ancho casi uniforme, que se extiende de norte a sur, limitando al oeste con el Sistema Id3 y al este con el IVb5. Por extensión de sus límites, se puede observar en el gráfico que está incluida en la subcuenca C19* en territorio de Argentina.

Fisiografía: montañas escarpadas, quebradas y erosionadas, disectadas por el río Grande de Tarija y el río Bermejo.

Altitud: promedio de 2500 m; baja hasta 1100 m a lo largo del río Grande y sube hasta 3100 m snm.

Geología: lutitas ordovícicas en el occidente; sedimentos antiguos devónicos en el oriente de esta región.

- Hidrología:** es parte de la cuenca del río Bermejo
- Clima:** la precipitación media es de 550 a 600 mm, aumentando al sud y al oeste. Lluve entre diciembre a marzo. Los frentes fríos del sud bajan la temperatura en invierno y son comunes temperaturas bajo 0°C.
- Suelos:** poco profundos, pedregosos en laderas escabrosas. En laderas aprovechables, suelos aluviales a lo largo de ríos, siendo profundos, casi bien drenados, textura variable. Característica, la erosión fuerte, que se manifiesta en forma de cárcavas.
- Vegetación:** pastura montañosa con arbustos; escasos pastizales, con arbustos y cactus ocasionales en las alturas; en lo bajo, arbustos pequeños escasos, microfiliosos. Cultivos en terrazas de ríos y con irrigación.

Sistema de tierra II7 Tarija y
" " " II8 Río de Tarija

El sistema II8 (29 000 Has) se desarrolla a lo largo de los ríos Guadalquivir, Camacho, Tolomosa y Santa Ana, y asu vez se halla incluído en el sistema II7 (64 000 Has), incluído a su vez en el Ij3, y se ubica en la zona del valle central de Tarija., como muestra la Fig. 1-21.

Fisiografía: área de formación de cuenca en un eje de NNE a SSW. Topografía variada, desde terrazas planas (II8) a lugares de leve inclinación, bad lands ó tierras malas (erosión típica de áreas secas, con sedimentos finos y conglomerados no consolidados, que forman pilares irreguales de sedimento, y topografía quebrada inestable), y a laderas con inclinación en aumento, erosión activa, cerca del pie de colinas y montañas. Su altitud media es de 1850m snm.

sedimentos cuaternarios que cubren casi toda la cuenca es arena fina, arcillosa, gris calro. El Sistema II8 esta dentro el II7, para indicar la extensión reciente del aluvión (50% en agricultura). Tarija tiene fama por los fósiles marinos descubiertos.

- Hidrología:** la región se drena por el río Tarija.
- Clima:** la precipitación media es de 590 mm; llueve entre diciembre a marzo; abril a noviembre son meses secos. Las temperaturas son bajas de

mayo a agosto. Heladas peligrosas para cultivos en lugares abiertos.

Suelos: el Sistema II8 es de suelos aluviales recientes; el II7, de suelos coluviales y colinas. Lixiviación y temperización ligera, mantenida por el clima seco. La erosión, problema grave en todos los suelos. En la parte norte, es café claro, textura liviana, subsuelos gravosos, drenaje satisfactorio; en la parte sur, gris a café claro, textura liviana, con subsuelo gravoso, drenaje en general satisfactorio.

Vegetación: bosque microfílico, submontañoso, casi sin vegetación; pastizal nativo, escaso, con arbustos y cactus ocasionales. Cerca de los ríos se desarrollan eucaliptos, molle y sauces. Cultivos de trigo, avena, papa, haba, vides y frutales (con irrigación).

Sistema de tierra IVb5 Aguaragüe

Este sistema comprende a casi toda la zona climática subhúmeda de la cuenca. Limita por el oeste con el Sistema Ij3; por el sur con el IVe2; y se extiende hacia territorio de Argentina, abarcando las subcuencas de los ríos Toldos y Lipen por el SW y por el E parte de la vertiente izquierda del río Grande.

Fisiografía: cadenas de colinas moderadas de N a S, laderas moderadamente escarpadas. Altitudes, de 450 a 1000 m snm.

Geología: areniscas rojo marrón con silitas terciarias, de naturaleza ferruginosa ó calcárea, alternando con cadenas angostas de N a S de sedimentos areniscos cretácicos, de rojo a amarillo, paralelos con depósitos de areniscas y silitas permo carboníferas.

Hidrología: se drena por los ríos Grande y Bermejo.

Clima: la precipitación aumenta al S y E desde 750 a 1000 mm. La extensión de la época seca disminuye con el aumento de precipitación desde mayo a octubre. Invierno frío (mayo a agosto). Temperaturas frías durante los surazos (debajo del punto de congelación).

Suelos: poco profundos y erosionados (en lugares escarpados), de textura mediana, a veces pedregosa; color café oscuro. En laderas bajas

son más profundos. En los lugares aluviales son de textura liviana y fertilidad más alta.

Vegetación: varía desde bosque microfilioso xerofítico con cactus en el W, a bosque estacional decíduo en el S y E (maderas para aserrar). Los cultivos varían desde caña de azúcar (con riego) a papa.

Sistema de Tierra IVe2 Bermejo

Este Sistema comprende a la zona del extremo sur de la cuenca, con un área de 17 000 Has. Limita al N con el Sistema IVb5.

Fisografía: topografía de plana a suavemente ondulada, con terrazas cerca del río. Tiene una altitud media de 450 m snm.

Geología: hay alguna deposición coluvial de areniscas y slitas terciarias.

Hidrología: las aguas para irrigación derivan de los ríos Bermejo y Grande.

Clima: precipitación media, 1200 mm. Junio a octubre son meses secos. En invierno, mayo a agosto, las temperaturas son frescas; durante el surazo pueden bajar del punto de congelación.

Suelos: bastante profundos, textura mediana, color café rojizo.

Vegetación: originalmente fue bosque estacional, semisiempre verde, con un estrato superior a 13 m hasta 20m; ha sido muy explotado, y la reserva esta en proceso de remoción para cultivos de caña de azúcar.

Sistema de tierra IVc3 Camiri

Según el mapa de la Fig. 1-21, este Sistema ocupa una pequeña área entre el Sistema IVb5 y la divisoria oriental de la cuenca dentro la subcuenca C13 del río Itau. Se puede suponer que este Sistema se extiende hacia el S sobre la vertiente izquierda del río Grande, por las características similares que tiene esta zona.

Fisiografía: colinas pequeñas, de N a S, de topografía ondulada a moderadamente

te escarpada, con alturas entre 450 y 900 m sm. Valles con pequeños arroyos y amplias planicies aluviales. Topografía reciente y común a la erosión en las laderas más escarpadas aun con cobertura de monte.

Geología: predominan areniscas con algunas siltitas terciarias, tanto ferruginosas como calcáreas. Existen algunas areniscas cretácicas, y areniscas y siltitas permo carboníferas.

Hidrología: Se drena por el río Grande de Tarija.

Clima: precipitación media, 750 mm, variable; llueve de diciembre a febrero. La época seca es larga, de marzo a noviembre. Las temperaturas son frías de mayo a agosto, sobre todo en los surazos.

Suelos: varían desde pedregosos y poco profundos en la parte alta de laderas a coluvión y aluvión profundo en las partes bajas.

Vegetación: varía de bosque estacional deciduo a bosque microfilioso. Son comunes los árboles toborocha.

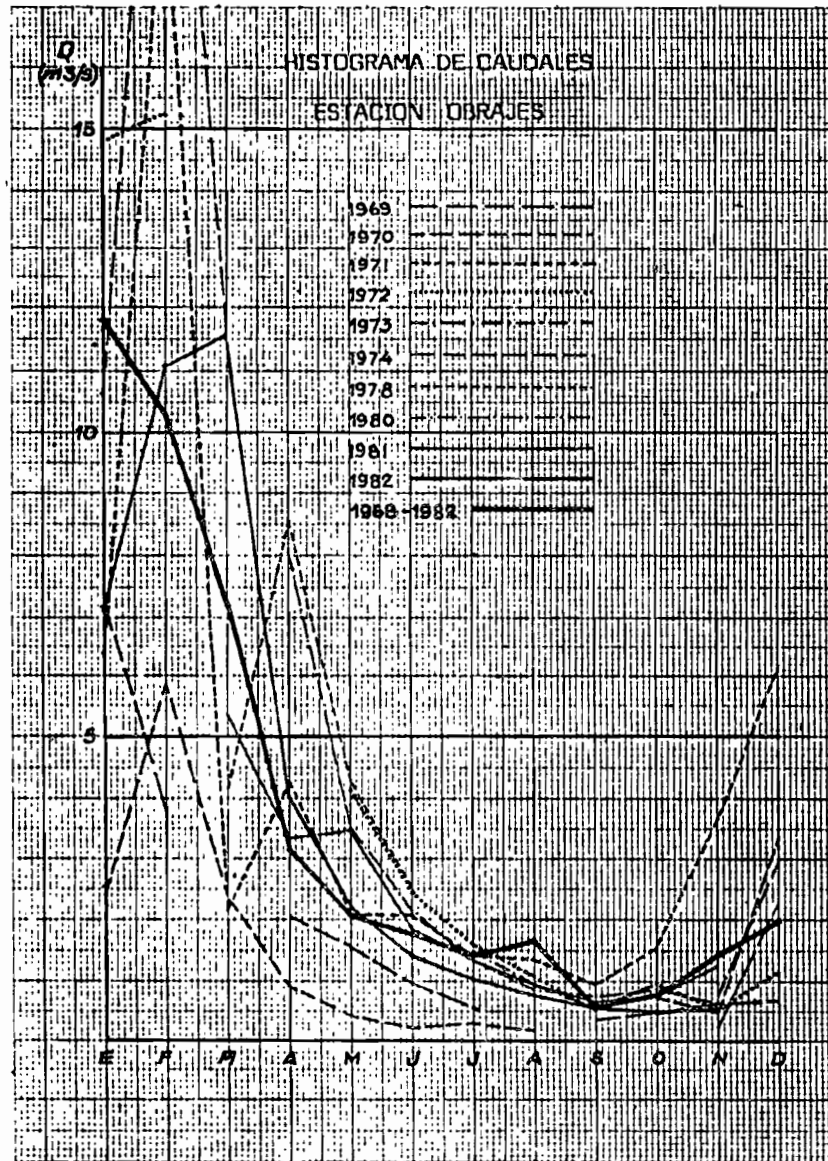


Fig. VIII-3

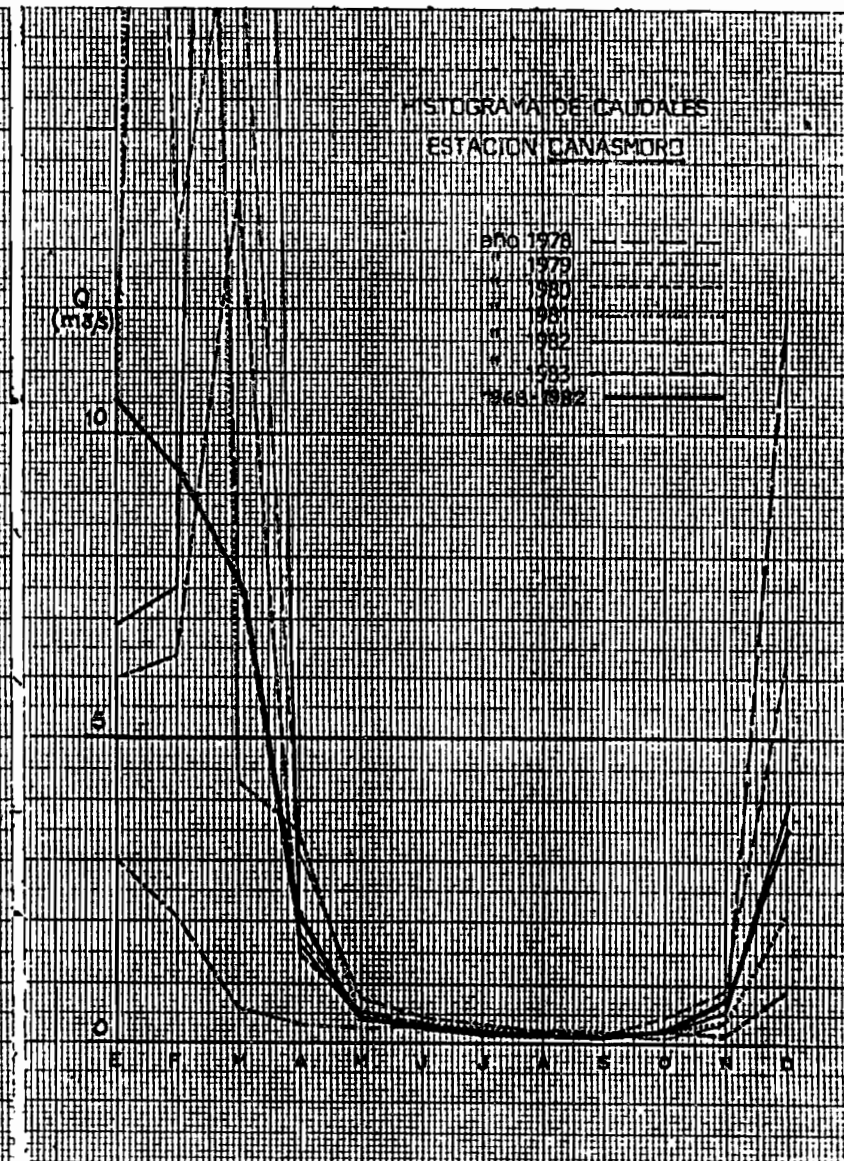


Fig. VIII-2

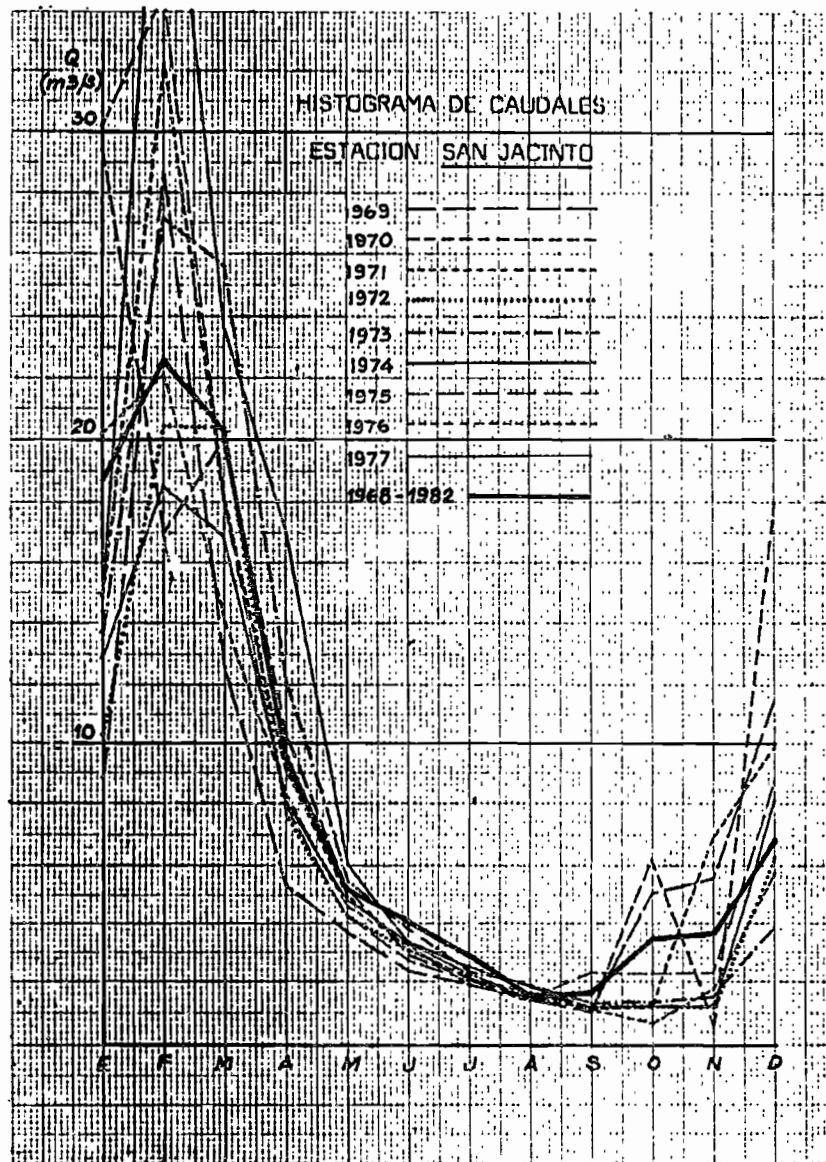


Fig. VIII-4

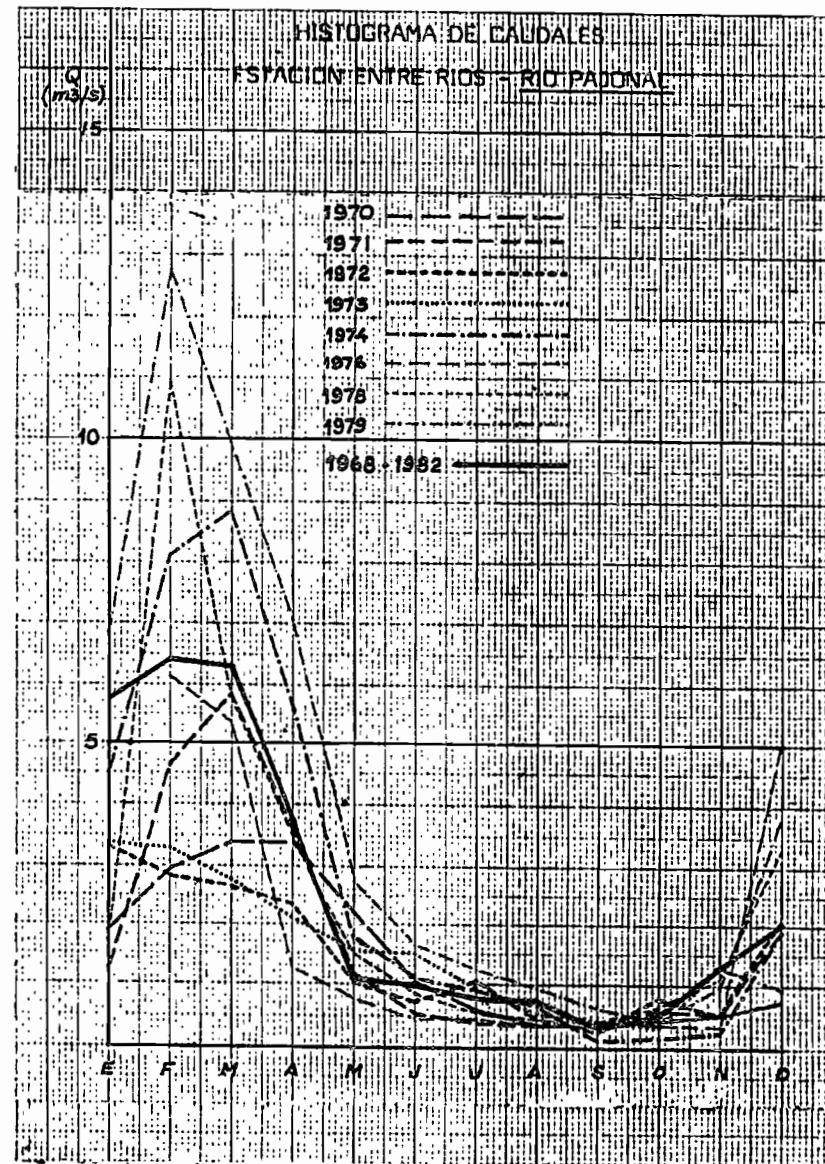


Fig. VIII-5

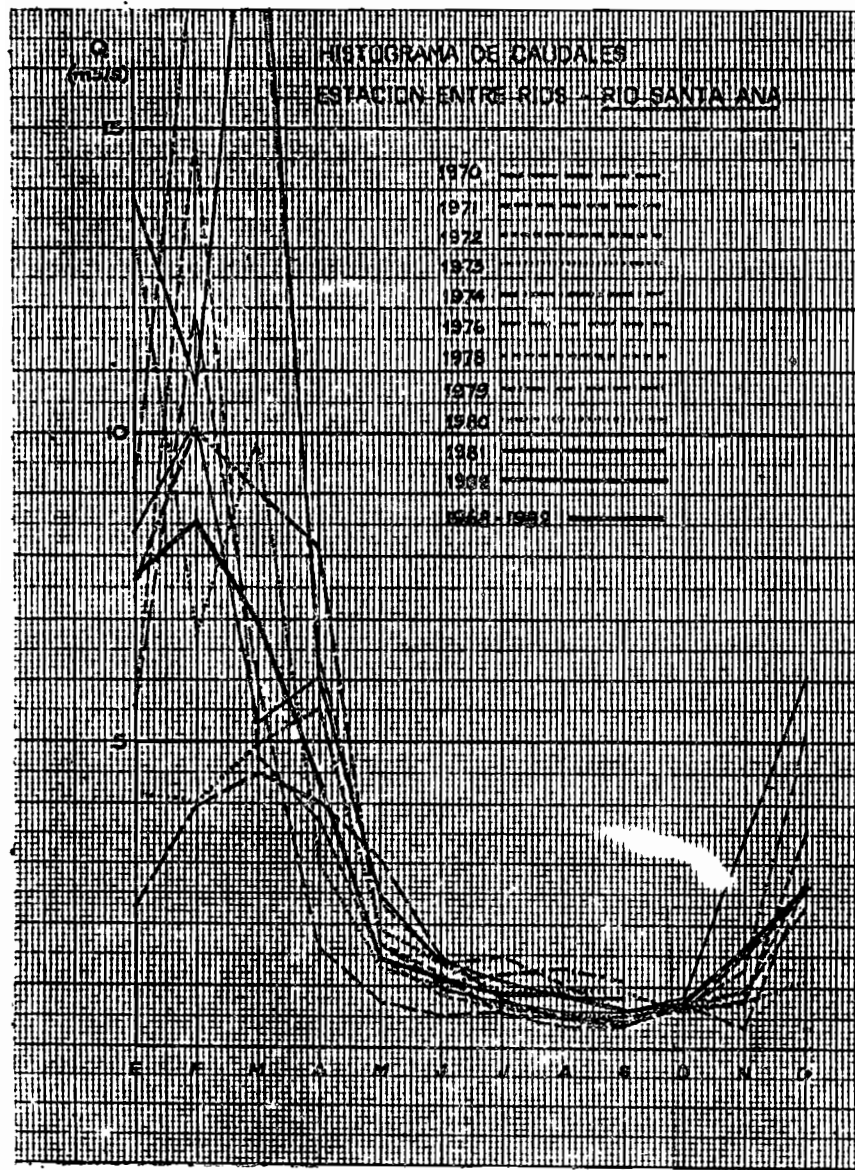


Fig. VIII-6

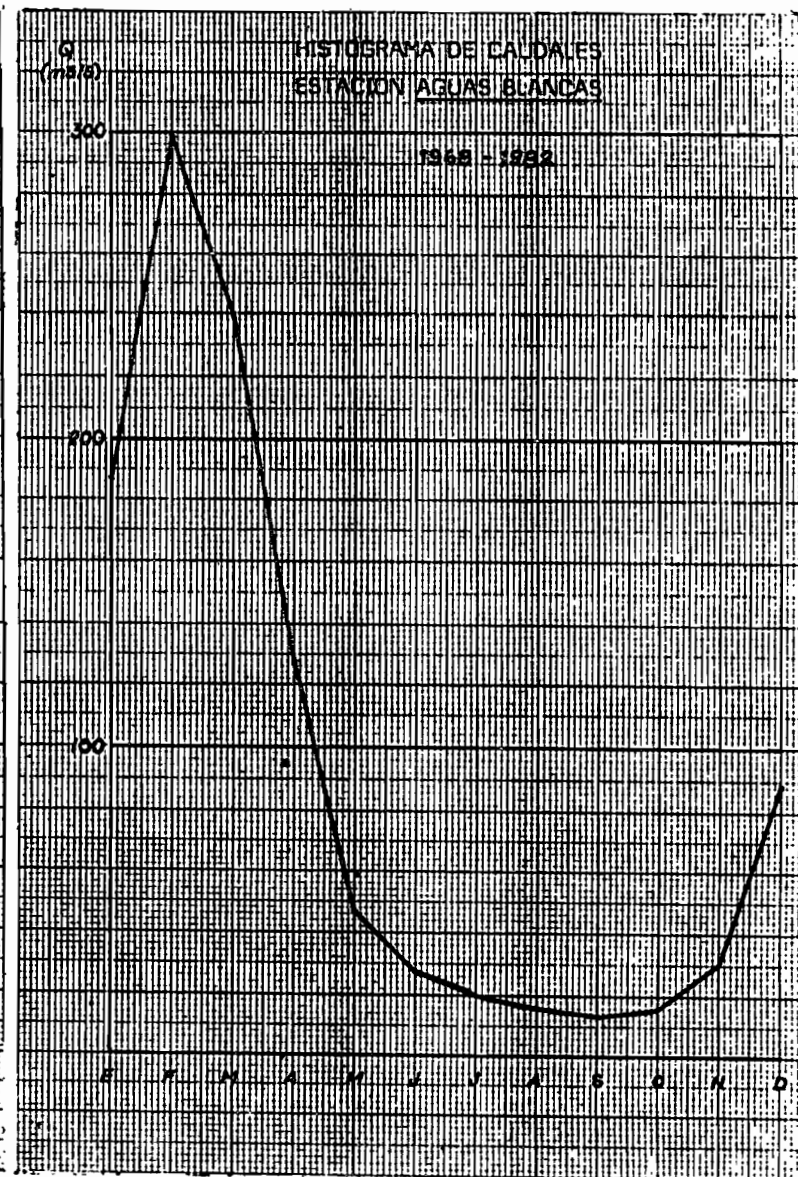


Fig. VIII-7

GLOSARIO

- AFLORAMIENTO** .- Filón, capa ó masa mineral, que sobresale del suelo.
- ABRA** .- Abertura ancha y despejada entre dos montañas.
- AFORO** .- Operación de campo por la que se miden las velocidades, la profundidad y la anchura de la corriente en un curso de agua para determinar el caudal.
- AGREGADO** .- Partícula compleja del suelo ó grumo que se forma a partir de partículas individuales.
- AGUAS ABAJO** .- En el sentido de la corriente.
- AGUAS ARRIBA** .- En el sentido opuesto a la corriente.
- ALMACENAJE ó ALMACENAMIENTO** .- Cantidad de agua que queda en el suelo después que el agua de lluvia ha escurrido y se ha evaporado.
- ALUVIÓN** .- Material fino compuesto de arena, limo, arcilla y otros sedimentos, depositados en el terreno por las corrientes de agua.
- ANDESITA** .- Lava formada en su mayor parte por feldespato, algo de cuarzo y otros minerales, de color gris a verde.
- ANOMALIA** .- Diferencia grande entre el valor de una variable meteorológica y su valor medio climático, en ese lugar y en un mismo tiempo.
- ANTICICLON** .- Zona de la atmósfera de alta presión que emite vientos.
- ANTICLINAL** .- Plegamiento convexo de la corteza terrestre.
- APORTACION ó APORTE** .- Volumen del escurrimiento total de una cuenca.
- AÑO CIVIL** .- Período de 12 meses, de enero a diciembre, de 365 días.
- AÑO HIDROLOGICO** .- Período de 12 meses consecutivos, comprendidos entre octubre a septiembre inclusive, de dos años seguidos.
- AREA** .- Extensión de la proyección de una superficie sobre un plano horizontal. expresión matemática de esa extensión.
- ARCILLA** .- Partícula del suelo, formada por la mezcla de sustancias producida por la meteorización de rocas silíceas que contienen feldespato, con diámetros menores a 0.002 mm.
- ARENA** .- partículas disgregadas de las rocas, compuestas en su mayor parte

de sílice, con diámetros de 0.02 a 2 mm.

ARENISCAS .- Roca sedimentaria clástica, formada sobre todo por granillos de cuarzo, unidos por un cemento silíceo, arcilloso, calizo ó ferruginoso.

ARIDICO, ARIDISOL .- Árido, suelo árido.

ASIMETRIA .- Sesgo ó falta de simetría de una distribución de frecuencias de una variable. aleatoria.

ASOCIACION .- Area de tierras que bajo condiciones inalteradas por el hombre ó por una catástrofe natural, sostiene una comunidad natural estable de organismos vivientes distintiva de las demás en cuanto a su apariencia estructural.

BALANCE HIDRICO .- Balance de entradas y salidas de agua en una zona hidrológica bien definida, como un embalse, lago, cuenca, etc., tomando en cuenta el déficit ó superávit de agua.

BANCAL ó TERRAZA .- Superficie de terreno de aluvión de los valles fluviales, plana, nivelada ó casi nivelada, dispuesta en escalones con pendientes escarpadas que se elevan a partir de un río.

BASALTO .- Roca de origen ígneo, de color oscuro.

BOSQUE .- Asociación que incluye una agrupación vegetal y la cubierta muerta, el humus, con su flora y su fauna.

BROMELIÁCEA .- Familia de plantas monocotiledóneas como el maíz y el bambú.

BIOTEMPERATURA .- Temperatura entre 0 y 30°C en que la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas nativas se desarrollan en condiciones favorables.

CALIZAS .- Rocas sedimentarias de carbonato cálcico, formadas a partir de la meteorización química.

CÁMBRICO .- Primer período de la era primaria, cuyos depósitos contienen los primeros restos de seres vivos netamente caracterizados.

CAPACIDAD DE CAMPO .- Agua retenida por el suelo, después de haber drenado el agua por efecto de la gravedad.

CAPACIDAD MÁXIMA DE RETENCION DE AGUA .- Cantidad de agua que puede absorber una capa de suelo, en equilibrio con un manto de agua en contacto por su parte inferior.

CAPA FREÁTICA .- volumen de agua que llena todos los intersticios del suelo a

partir de una determinada profundidad.

CARACTERISTICAS DE UNA CUENCA .- Variables de clima, flora, suelo, geomorfología, geología y precipitación, que definen el régimen hidrológico de una cuenca de drenaje.

CARBONIFERO .- Quinto período de la era primaria caracterizado por la aparición de reptiles e insectos, y gran desarrollo de la flora.

CÁRCAVA .- Excavación grande producida por el agua de arroyadas ó avenidas.

CAUDAL .- Volumen de fluído que pasa en la unidad de tiempo (seg) a través de una sección transversal de una corriente.

CICLO HIDROLÒGICO .- Fases por las que atraviesa el agua desde que se precipita desde la atmósfera hasta que se evapora.

CICLON .- Centro de baja presión en la atmósfera que atrae los vientos que emiten los anticiclones.

CLIMA .- Probabilidad estadística de ocurrencia de los distintos estados de la atmósfera (presión, temperatura, humedad, viento, etc.) sobre una localidad ó región dadas, durante un período cronológico determinado.

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA .- Cociente entre la esorrentía y la precipitación medias anuales de una cuenca.

COEFICIENTE DE VARIACION .- Cociente entre la desviación standard y la media de la precipitación anual de una estación pluviométrica.

COLOIDAL, COLOIDE .- Estado que adquieren las sustancias orgánicas e inorgánicas, en forma de partículas muy pequeñas (menores a un millonésimo de milímetro de diámetro), con apariencia de gelatina, opuesto al estado cristalino.

COLUVIÓN .- Depósitos heterogéneos de fragmentos rocosos y material de suelo acumulado por gravedad en la base de pendientes relativamente inclinadas.

CONGLOMERADOS .- Rocas sedimentarias compuestas de rípios, arenas, arcillas etc., de diametro mayor a 4 mm, cementados.

CONSOLIDACION .- Disminución gradual del contenido de humedad de un suelo, por la acción de agentes atmosféricos, bajo una presión externa constante.

CONTRAFUERTE .- Primeras estribaciones de una cordillera.

CONVERGENCIA .- Movimiento horizontal del aire hacia una región central.

CORRELACION .- Análisis de la interdependencia entre una variable aleatoria considerada como dependiente y una ó varias variables aleatorias consideradas como independientes; se denomina también como regresión de segunda especie.

CRETÁCICO .- Tercer período de la era secundaria ó mesozoica, caracterizado en parte por el ahondamiento de los mares con la formación de sedimento fino.

CUATERNARIO .- Quinta era geológica ó Cenozoica, caracterizado por la aparición del hombre, desarrollo de los mamíferos actuales.

CUENCA HIDROGRAFICA .- Valle, territorio rodeado de alturas, cuyas aguas fluyen hacia un mismo río ó embalse interior.

CURTOSIS .- Es el grado de apuntamiento de una distribución que generalmente se toma en relación a la distribución normal, cuya medida es un coeficiente=3.

CURVA DE DESCARGA .- Es la relación entre el caudal determinado en la sección de un río y la altura de agua observada en un limnómetro al mismo tiempo, para una serie de aforos, expresada como una función matemática.

CURVA DE DISTRIBUCION .- Curva que representa en ordenadas la frecuencia de aparición de acontecimientos específicos, y en abscisas una distribución continua de una variable aleatoria.

DACITA .- roca plagioclástica; andesita cuarcífera con 66% de sílice.

DECIDÚO .- Caduco; tipo de vegetación cuyas hojas se caen al fin de la estación de crecimiento ó de fecundación.

DÉFICIT AGRICOLA .- Cantidad de agua con la que debería irrigarse el suelo, y se expresa por la diferencia entre los valores de la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real para un determinado período de tiempo.

DEFICIT DE ESCURRIMIENTO .- Es el valor de la evapotranspiración real.

DENSIDAD DE DRENAJE .- relación entre la longitud total de cursos de agua y el área de una misma cuenca, en Km por Km².

DENSIDAD DE POBLACION .- Relación entre el número de habitantes de una localidad, provincia, departamento, país ó continente, y su área en Km².

DERRAME ANUAL .- Ver Aportación. Se mide en Hm³ o en Km³.

DERRUBIO .- Detritos acumulados al pie de una cuesta empinada.

DESVIACIÓN STANDARD .- medida de la dispersión de la distribución de una varia-

ble, expresada como la raíz cuadrada de la Varianza. Se denomina también Desviación Típica ó Error Medio Cuadrático.

DETRITOS .- Resultado de la descomposición de rocas y aun materia orgánica muerta. Es un nombre similar al de Clastos.

DEVÓNICO .- Cuarto período de la era primaria, caracterizado por la aparición de los primeros anfibios. primeros bosques.

DISECTADA .- Se refiere a las mesetas, en general, cortadas transversalmente.

DIVISORIA DE UNA CUENCA .- Línea límite que separa cuencas adyacentes, y desde la cual las aguas superficiales corren en sentidos opuestos.

DRENAJE .- propiedad del suelo de permitir el desagüe.

DENUDACION .- fenómeno combinado de la erosión fluvial y la destrucción de las rocas, etc. que ataca las elevaciones tendiendo constantemente a rebajarlas.

EXCEDENTE DE AGUA .- Cantidad de agua disponible para la escorrentía, una vez que el suelo se considera saturado de agua.

ECOLOGIA .- Ciencia que estudia el modo de vivir de los animales y plantas, y sus relaciones con los seres que los rodean.

EDAFICO .- Lo que es consecuencia ó efecto del suelo como climático lo es del clima.

EDAFOLOGIA .- Ciencia que se ocupa exclusivamente del estudio de la composición y propiedades del suelo.

EFICIENCIA TERMICA .- Evaporación total anual.

ELUVIACION .- Traslado de un horizonte de suelo a otro, de materiales disueltos en solución coloidal ó en suspensión, por medio del movimiento del agua.

EPIFITA .- vegetal que vive sobre una planta, pero sin alimentarse a expensas de ésta, como los musgos y líquenes.

ERA .- Conjunto de períodos que abarcan una parte de la historia de la Tierra. Ellas son: Arcaica, Paleozoica, Mesozoica, Cenozoica y Antropozoica.

EROSION .- Desgaste de terrenos en general, producido por la acción del agua, viento, animales, plantas y por la actividad del hombre.

ESCARCHA .- Vapor de agua próximo ó en contacto con el suelo, que se condensa cuando la temperatura desciende por debajo de 0°C.

ESCORRENTIA, ESCURRIMIENTO .- Parte de la precipitación que circula por la superficie del suelo ó por el interior del mismo.

ESTACION PLUVIOMETRICA .- Instalación equipada para la observación puntual ó espacial (radar) de la precipitación.

ESTACIONAL .- Se refiere al período de tiempo que comprende a los meses secos ó húmedos.

- ESTADISTICO .- Estimación de un parámetro en base a los datos de una muestra.
- ESTEPA .- Terreno sin cultivar ni labrar, llano y muy extenso, sin arboles, cubierto de yerbas, que puede ser fértil.
- ESTIAJE, ESTIO .- Período en el que las aguas tienen su nivel más bajo, ó el caudal es mínimo, en un río, lago, etc. a causa de la sequía.
- ESTIMACIÓN .- Valor que se obtiene de un parámetro en base a un estadístico.
- ESTOCASTICO .- Se refiere al análisis estadístico de variables aleatorias que tienen un significado físico, biológico, climatológico, etc.
- ESTRATO .- Masa mineral en forma de capa, de espesor aproximadamente uniforme que constituye los terrenos sedimentarios.
- ESTRIBACION .- Ramal corto de montañas que arranca de una cordillera.
- ESTRUCTURA .- Característica del suelo que describe la disposición relativa de sus partículas y el tamaño de estas.
- EVAPORACION .- Cantidad de agua que se transforma en vapor por efecto de la radiación del sol.
- EVAPOTRANSPIRACION .- Efecto combinado de la evaporación desde el suelo y de la transpiración de las plantas.
- EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL .- es la cantidad de agua que si estuviera disponible se evaporaría desde una superficie dada.
- EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL .- Es la cantidad de agua que efectivamente se evapora por el proceso de evapotranspiración.
- FLANCO .- Cada una de las partes laterales de una cordillera.
- FISIOGRAFIA .- Estudio de la morfología ó forma de la tierra sin considerar su génesis
- FLUVIOMETRICO .- Relativo a las corrientes de agua y sus caudales.
- FORMACION GEOLOGICA .- Conjunto de rocas y masas minerales que presentan caracteres geológicos y paleontológicos comunes a ellas.
- FRENTE .- Línea hipotética de intersección de la superficie terrestre con una superficie inclinada (superficie frontal) de contacto entre dos masas de aire con humedad y temperatura diferentes. Así, se dice frente frío, caliente.
- FRIABLE .- Desmoronable, que se desmenuza con facilidad.
- GRADIENTE TERMICO .- Variación de la temperatura ambiental por cada 100 m de variación de altitud del terreno.
- GRAVAS .- Partículas provenientes de la meteorización mecánica de las rocas sedimentarias, con diámetros entre 4 y 256 mm.
- HIDROLOGIA .- Ciencia natural que trata de las propiedades, leyes y fenómenos del agua, de sus relaciones físicas, químicas y fisiológicas, de su distribución y vinculación a través de la Tierra y del efecto de esta circulación sobre

las actividades humanas y naturales.

HISTOGRAMA .- Gráfico en cuyas ordenadas se representa el valor diario, mensual, anual de una variable hidrológica, y en abscisas su período de tiempo correspondiente respectivamente.

HORIZONTE .- Capa que ha adquirido rasgos distintivos producidos por los procesos de formación del suelo.

HORIZONTE SUPERFICIAL .- La capa más superficial del perfil de un suelo, que presenta acumulación de materia orgánica y que puede sufrir la eluviación en terrenos húmedos.

HUMEDAD .- Se refiere a la humedad atmosférica que proviene de la evaporación de mares, embalses de agua, corrientes de agua y del terreno húmedo.

HUMEDAD RELATIVA .- Es la relación entre la cantidad de vapor de agua del aire y la que tendría si estuviera saturado, expresada en porcentaje.

INFILTRACIÓN .- Movimiento descendente del agua dentro del suelo.

INSOLACIÓN .- Es la relación del número de horas que el sol ilumina sin nubes con el número teórico de horas si estuviera despejado todo el día, variando este último en función de la latitud del lugar.

ISOLINEAS .- Curvas trazadas sobre un mapa que unen los puntos de igual valor de un parámetro hidrológico para un período de tiempo determinado.

ISOYETA .- Curva que une los puntos de igual precipitación, en un mapa, para un período determinado que puede ser de duración de un mes, año, etc.

LAMINA DE AGUA .- Es la altura hipotética, en mm, del volumen de agua distribuido uniformemente sobre el área de una cuenca o región, el cual representa la cantidad de precipitación, evapotranspiración ó escorrentia medias de un período de tiempo determinado.

LATIFOLIADO .- Se refiere a las plantas de hojas anchas.

LIMNIMETRO .- Varilla graduada de metal ó de madera, colocada verticalmente y convenientemente en los bordes de un río para medir el nivel de agua.

LIMO .- Suelo de arcilla y arena, en proporciones tales que constituye una mezcla permeable y friable de partículas con diámetros entre 0.002 y 0.02 mm.

LIMOLITA .- Roca sedimentaria del grupo de las arcillas cuyo tamaño de grano es mayor a 1/16 mm y menor que el de las arcillas.

LIQUEN .- Planta criptógama constituida por la asociación de un hongo y una alga, sin hojas ni tallos, que crece en sitios húmedos.

LITOSOL .- suelo esquelético, formado sobre roca dura, poco profundo.

LIXIVIACION .- eliminación de sales de la parte superior del suelo por la acción de aguas relativamente exentas de sales.

- LUTITA .- Roca sedimentaria de minerales de arcilla en su mayor parte.
- LLUVIA .- Precipitación uniforme; gotitas de agua de diametro mayor a 0.5 mm.
- LLOVIZNA .- Similar a la lluvia, pero con gotitas de diámetro menor a 0.5 mm.
- LLUVIA EFECTIVA .- Precipitación que produce escorrentía.
- MEDIANA .- Es el valor medio ó la media aritmética de los dos valores medios de un conjunto de datos ordenados en orden de magnitud
- MESETA .- Montículo de laderas escarpadas y techo plano, coronado este último por una capa de rocas duras y resistentes que aparece en las llamadas tierras malas formadas por la erosión de aguas corrientes superficiales.
- METAMORFICAS .- Rocas sedimentarias e ígneas que han sufrido alteraciones por la acción de agentes como las temperaturas, altas presiones , viento, agua, etc.
- MES HUMEDO .- Aquel en que la precipitación es mayor a la evapotranspiración.
- MES SECO .- Aquel en que la evapotranspiración es mayor que la precipitación.
- MICROCLIMA .- Clima especial y local que se manifiesta en un pequeño espacio debido a particularidades como la precipitación, vegetación, exposición,etc.
- MORFOLOGIA .- Rasgos que presentan los horizontes y agregados estructurales que constituyen el perfil de un suelo. Disciplina que trata de las características exteriores del suelo.
- MUESTRA .- Colección de datos correspondientes a una variable aleatoria de una misma población.
- METEORIZACION .- Disgregación de las rocas por la acción mecánica y química de los agentes atmosféricos, como el viento, el agua, etc.
- PAISAJE .- Suma total de las características que distinguen a una región de otra en la superficie terrestre.
- PALEOZOICO .- Era primaria; la más antigua de las sedimentarias, que comprende a los períodos Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Carbonífero, Pérmico.
- PARAMETRO .- Magnitud tal como la media y la varianza, relativa a una población de variables aleatorias.
- PECUARIO .- Relativo al ganado.
- PEDOLOGIA .- Ciencia que estudia el suelo, en la que son considerados estos como unidades naturales.
- PERFIL DEL SUELO .- Sucesión de horizontes desde la superficie hasta la roca madre.
- PERFIL PLUVIOMETRICO .-Curva determinada por una relación matemática entre la precipitación en un sitio y una ó varias variables geográficas, que pueden ser la altitud, latitud, longitud geográfica, etc.

- PERFIL TERMOMETRICO** .- Similar al perfil pluviométrico, relativo a la temperatura.
- PERMEABILIDAD** .- Capacidad del suelo de permitir la penetración del agua.
- PERMICO** .- Período final de la era primaria, caracterizado por el predominio de areniscas rojas y desaparición de los trilobites.
- PIZARRAS** .- Rocas sedimentarias compuestas de minerales arcillosos.
- PLUVIOMETRO** .- Aparato que sirve para recolectar y medir la cantidad de lluvia caída diariamente.
- PLUVIOMETRO TOTALIZADOR** .- Aparato pluviométrico con capacidad de acumular lluvias por períodos más largos (semanas, meses) que los normales.
- POLIGONO DE THIESSEN** .- Polígonos formados por las mediatrices de las rectas que unen estaciones pluviométricas adyacentes.
- PRECÁMBRICO** .- Primera Era ó Arcaica; volcanismo y fósiles raros.
- PRECIPITACION** .- fenómeno natural de caída de agua de las nubes en forma líquida ó solida.
- PRECIPITACION CONVECTIVA** .- Las masas de aire con humedad próximas al suelo reciben el calor de éste y de la radiación solar, asciendiendo rapidamente, en un proceso de transformación adiabática, hasta una altura donde las temperaturas son tan bajas que se condensa formando nubes cuya agua se precipita en forma de aguaceros violentos y de corta duración, sobre todo en las regiones de clima templado con veranos calientes.
- PRECIPITACION OROGRAFICA** .- Los vientos con humedad que chocan en su avance con una barrera montañosa, tienen a elevarse, enfriándose poco a poco, hasta condensarse en forma de nubes y precipitarse en la misma vertiente (sotavento). La obstrucción de estas masas nubosas origina en la otra vertiente (barlovento) una pluviosidad relativamente débil.
- PRESA** .- Construcción destinada a almacenar agua y a elevar el nivel de ésta.
- RED HIDROLOGICA** .- Disposición y número de estaciones pluviométricas ó pluviométricas en una cuenca ó región, tal que por interpolación de los datos en estas es posible obtener con suficiente exactitud los datos cuantitativos, promedios y extremos que definen la distribución estadística de un parámetro.
- REGIMEN PLUVIOMETRICO** .- Se refiere a la distribución de la precipitación según un carácter estacional ó mensual. Una clasificación estacional en uso es: régimen de verano lluvioso pronunciado, invierno lluvioso pronunciado ó distribución uniforme de la lluvia.
- REGION** .- Porción de territorio determinada por caracteres étnicos ó circunstancias especiales de clima, vegetación, producción, topografía, administración, gobierno, fauna, etc.

- REGRESION .- Relación matemática de una variable aleatoria con una ó mas variables prefijadas ó que no tienen carácter aleatorio.
- RADIACION .- Se refiere a la radiación solar como una forma de transmisión de energía en forma de ondas electromagnéticas de longitud de onda corta .
- RIO ANTECEDENTE .- Corriente que circula en un valle estrecho y encajonado, rompiendo el alto murallón de las serranías.
- RIO SOBREIMPUESTO .- Corriente que atraviesa perpendicularmente a las estructuras formadas por plegamiento. Es similar al anterior.
- SALES .- Compuestos iónicos integrados por iones positivos (cationes) y negativos (aniones), que se mantienen unidos por enlaces electrostáticos.
- SECANO .- Tierra de cultivo que no tiene agua y uqe participau unicamente del agua de lluvia para su dearrollo.
- SECCION DE UN RIO .- Figura obtenida al cortar el río con un plano vertical perpendicular a la dirección en que circulan sus aguas.
- SEDIMENTACION .- Acción de depositarse de los materiales que arrastra una corriente de agua, por efecto de la densidad de estos y por la disminución de la velocidad de la corriente al llegar a sitios de menor pendiente.
- También se da las sedimentaciones debidas al viento y las glaciares.
- SEQUIA .- Tiempo seco de larga duración.
- SILTITA .- Roca sedimentaria similar a la limolita.
- SINCLINAL .- Plegamiento convexo de la corteza terrestre que se originó en la era terciaria.
- SILURICO .- Tercer período de la era primaria; aridez.
- SUBSUELO .- Parte del suelo, inferior a la normalmente cultivada, que corresponde al volumen ocupado por las raíces.
- SUELO .- Superficie de la tierra.
- SUELO ESQUELETICO .- Suelo formado por fragmentos de rocas casi inalteradas.
- SUELO LIVIANO .- Suelo con composición granulométrica gruesa (arenas, gravas).
- SUELO PESADO .- Suelo cuyo mayor componente son arcillas.
- SUELO PROFUNDO .- Suelo facilmente laborable a una profundidad considerable.
- SUELO SECUNDARIO .- Suelo formado sobre material transportado.
- SUELO DE MONTAÑA .- Suelo generalmente esquelético, formado principalmente por meteorización física en regiones montañosas frías.
- SUELO SUPERFICIAL .- Capa del suelo removida por instrumentos de labranza ó su equivalente.
- SUPERFICIE .- Extensión real del terreno, considerando sus concavidades y convexidades. Es similar a área cuando la superficie es plana.

SURAZO .- Viento frío que sopla desde la parte austral del continente.

TERCIARIO .- Era que comprende al período Cenozoico. Se caracteriza por la aparición de los antecesores del hombre, mamíferos y plantas modernos.

TERRAZA .- Ver Bancal.

TEXTURA .- Forma de disposición de las rocas en la superficie terrestre, por ej. las grietas en las rocas. En los suelos, significa lo mismo que estructura.

TIEMPO .- Estado de la atmósfera (presión, temperatura, humedad, viento, etc) sobre una región ó localidad dadas, durante un período cronológico determinado (minuto, hora, día, mes, estación, año, decenio, etc).

TRANSPIRACION .- evaporación del agua de las plantas.

TRIASICO .- Período sedimentario de la era secundaria, caracterizado por la aridez, volcanismo y aparición de los dinosaurios, reptiles y mamíferos.

TUNDRA .- Llanura sin árboles, musgosa, , parcialmente cenagosa de las regiones áridas, con un suelo con horizontes orgánicos y minerales y un subsuelo helado.

VARIABLE .- Cantidad susceptible de tomar valores numéricos diferentes, comprendidos ó no dentro de ciertos límites.

VARIANZA .- Índice de dispersión de una población de variables, que se expresa por la suma de las diferencias cuadráticas de las variables de una muestra con su media, dividida entre n ó $n-1$ según que el tamaño n de la muestra sea muy grande ó pequeño, respectivamente.

VAGUADA .- Línea que sigue el camino más profundo de un río.

VERTIENTE .- Declive ó sitio por donde corre ó puede correr el agua.

VIENTO .- Efecto del desplazamiento de masas de aire motivado por la diferencia de presión entre dos zonas de la atmósfera.

VIENTO LOCAL .- Corriente de aire que remonta una cordillera y desciende por el flanco opuesto apenas sin humedad.

XEROFITICO .- Se refiere a la vegetación que se desarrolla en lugares secos con poca humedad, como por ejemplo las cactáceas.

ZONA .- término convencional que se utiliza para indicar una extensión de terreno en forma de banda o faja.

BIBLIOGRAFIA

- Abasto Lara, Néstor .- Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Río Madre de Dios. Amazonía, Bolivia - Perú. Proyecto de Grado. 1987.
- Ahlfeld, Federico .- Geografía de Bolivia. Edit. Los Amigos del Libro. La Paz, 1969.
- Antezana P, Octavio .- Climas de Bolivia según el sistema de Thornthwaite. Cochabamba. 1958.
- Arellano, Ricardo .- Balance Hídrico Superficial de la cuenca del río Pilcomayo. Proyecto de Grado. Ing. Civil. U.M.S.A. La Paz. 1988.
- CEPAL, ONU .- Los recursos hidráulicos de América latina, III. Bolivia y Colombia. 1964.
- Cochrane, Thomas .- Potencial agrícola del uso de la tierra en Bolivia; Un mapa de sistemas de tierra. Edit. Don Bosco. La Paz. 1973.
- Cruz Llanos, Carlos .- Balance Hidrico Superficial de la cuenca del río Itenez. Amazonía Bolivia-Brasil. Proyecto de Grado. Ing. Civil. UMSA. La Paz. 1987.
- Escobar, Ismael .- Régimen pluviométrico de Bolivia. Estudio preliminar. Ministerio de Agric., Ganad. y Coloniz. Direc. Gral. de Meteorología. La Paz. 1948.
- GEOBOL .- Mapa de cobertura y uso actual de la tierra en Bolivia. Memoria explicativa. Programa ERTS-BOLIVIA. La Paz. mapa 1978.
- Heras, Rafael .- Recursos Hidráulicos. Síntesis, metodología y normas. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid. España. 1976.
- Hufty, André .- Introducción a la climatología. Edit. Ariel S.A. Barcelona. España. 1984.
- I.N.E. .- Censo Nacional Agropecuario. Boletín. 1982.
- Montes de Oca, Ismael .- Geografía y Recursos Naturales de Bolivia. La Paz. 1982.
- Muñoz Reyes, Jorge .- Geografía de Bolivia. Academia Nal. de Ciencias. La Paz. 1977.
- O.E.A. - Alta cuenca del río Bermejo. Zona Boliviana. Estudios Complementarios. Mapa. 1977.
- O.M.M. - Guía de prácticas hidrológicas. Ginebra. Suiza. 1984.
- O.M.M. - Manual de Instrucciones. Estudios Hidrológicos. San José. Costa Rica. 1972.
- Ortega Vaca, Gregorio .- Estudio de la magnitud y periodicidad de las precipitaciones en correspondencia con las manchas solares. Belo Horizonte. Brasil. 1961.

- Ortega Vaca, Gregorio .- Definiciones de terminos hidrológicos. Apuntes. La Paz. O.N.U. - Investigación de aguas subterráneas en el valle central de Tarija. Bolivia. 1982.
- Prada Estrada, Roberto .- Climas de Bolivia. Min. de Agric., Ganad. y Coloniz. Direc. Gral. de Meteorología. La Paz. 1943.
- Remenieras, G .- Tratado de Hidrología Aplicada. Editores Técnico Asociados S.A. Barcelona. España. 1971.
- Schulczeski, Ramón .- La Atmósfera Boliviana. Instituto de Investigaciones Físicas. U.M.S.A. La Paz. Bolivia. 1973.
- UNESCO - ROSTLAG .- Guía Metodológica para la elaboración del Balance Hídrico de América del Sur. Montevideo. Uruguay. 1982.
- Unzueta, Orlando .- Mapa Ecológico de Bolivia. Memoria explicativa. Ministerio de Asuntos Agropecuarios. La Paz. 1975.
- Vente Chow .- Handbook of applied hidrology. McGraw-Hill Book Co. New York. 1964.
- Viparelli-García .- Perfil esquemático del clima y de la hidrología de Bolivia. Roma. 1975.
- Longley, Richmond W. - Tratado ilustrado de meteorología. Universidad de Alberta. EE.UU. Traducción al castellano. Compañía Impresora Argentina. Buenos Aires. 1973.
- Anónimo .- Copias de un estudio climatologico y pluviométrico de Bolivia, en base a la metodología estocastica. La Paz.
- SOFRELEC .- Estudio de Factibilidad del Proyecto Múltiple San Jacinto. Tarija. 1978. Bolivia.
- Agua y Energía Electrica .- Compendio de información fluviométrica de la cuenca del río Bermejo. Tucumán. Argentina.
- Martínez Paz, René .- Estudio de control y protección en la cuenca del río Camacho, Tarija. Proyecto de Grado. Ing. Civil. UMSA. La Paz. Bolivia. 1985.
- Peña Méndez, Jorge .- Estudio Hidrológico de la subcuenca del río Guadalquivir, Tarija. Proyecto de Grado. Ing. Civil. UMSA. La Paz, Bolivia. 1982
- OEA .- Cuenca del Río de La Plata. Estudio para su Planificación y Desarrollo. 1967. Mapas.
- Ronchail, Josyane .- Situations Meteorologiques et Variations Climatologiques en Bolivie. PHICAB - ORSTOM, AASANA, SENAMHI. Rapport provisoire. La Paz. 1986.

