



PROYECTO DESARROLLO AGROPECUARIO

VALLEGRANDE - BOL 86/011

SANTA CRUZ - BOLIVIA

**ESTUDIO
HIDROLOGICO
PRELIMINAR
DE LAS CUENCAS
HIDROGRAFICAS
DE LA PROVINCIA
VALLEGRANDE**

- CORDECRUZ
- PNUD
- FAO

1989

Vallegrande, Septiembre

VOLUMEN I

**ESTUDIO HIDROLOGICO PRELIMINAR DE LAS CUENCAS
HIDROGRAFICAS DE LA PROVINCIA VALLEGRANDE
SANTA CRUZ, BOLIVIA**

Preparado por el
Ing. Hermógenes Espinoza M.
Experto en Riegos

PROYECTO BOL/86/011

CORPORACION REGIONAL DE DESARROLLO DE SANTA CRUZ
CORDECRUZ

PROGRAMA DE LA NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO
PNUD

ORGANIZACION DE LA NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION
FAO

Vallegrande, Septiembre de 1.989

CONTENIDO

	Pag.
1. INTRODUCCION.....	18
2. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	19
2.1 Ubicación.....	19
2.2 Geología.....	20
2.3 Fisiografía.....	21
3. METODOLOGIA DE ESTUDIO.....	21
3.1 Análisis de la información.....	21
3.2 Cálculo de datos faltantes.....	22
3.2.1 Método de correlación lineal.....	23
4. DEFINICION DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DE LA PROVINCIA VALLEGRANDE	30
4.1 Cuenca del río Yapacaní.....	32
4.1.1 Sub cuenca del río Ciénega.....	32
4.1.1.1 Características de la cuenca.....	32
4.1.1.2 Morfometría e índices carac- terísticos.....	34
4.1.1.3 Suelos y vegetación.....	35
4.1.1.4 Clima.....	37
4.1.1.5 Temperatura.....	38
4.1.1.6 Precipitación.....	38
4.1.1.6.1 Precipitación media.....	39
4.1.1.6.2 Variación mensual y estacional de la pre- cipitación.....	39

4.1.1.7	Caudales.....	43
4.1.1.7.1	Métodos para la estimación de escurrimientos.....	43
4.1.1.7.2	Caudales medios mensuales.....	45
4.1.1.7.3	Variación mensual y estacional de escurrimientos.....	47
4.1.1.8	Crecidas.....	51
4.1.1.8.1	Métodos de estimación de crecidas.....	51
4.1.2	Sub cuenca del río Tembladeras (San Blas).....	58
4.1.2.1	Características de la cuenca.....	58
4.1.2.2	Morfometría e índices característicos.....	59
4.1.2.3	Suelos y vegetación.....	60
4.1.2.4	Clima.....	61
4.1.2.5	Precipitación.....	62
4.1.2.5.1	Precipitación media.....	62
4.1.2.5.2	Variación mensual y estacional de la precipitación.....	62
4.1.2.6	Caudales.....	66
4.1.2.6.1	Métodos para la estimación de escurrimientos.....	66
4.1.2.6.2	Caudales medios mensuales.....	69
4.1.2.6.3	Variación mensual y estacional de escurrimientos.....	70
4.1.2.7	Crecidas.....	74

4.2	Cuenca del río Grande.....	77
4.2.1	Sub cuenca del río Santa Rosa.....	78
4.2.1.1	Características de la cuenca.....	78
4.2.1.2	Morfometría e índices caracterís- ticos.....	80
4.2.1.3	Suelos y vegetación.....	81
4.2.1.4	Clima.....	83
4.2.1.5	Precipitación.....	84
	4.2.1.5.1 Precipitación media.....	84
	4.2.1.5.2 Variación mensual y estacional de la pre- cipitación.....	84
4.2.1.6	Caudales.....	88
	4.2.1.6.1 Métodos para la esti- mación de los escu - rimientos.....	88
	4.2.1.6.2 Caudales medios mensuales.....	89
	4.2.1.6.3 Variación mensual y estacional de escu - rimientos.....	95
4.2.1.7	Crecidas.....	96
4.2.2	Sub cuenca del río Santa Elena.....	98
4.2.2.1	Características de la cuenca.....	98
4.2.2.2	Morfometría e índices caracterís- ticos.....	99
4.2.2.3	Suelos y vegetación.....	100
4.2.2.4	Clima.....	102
4.2.2.5	Precipitación.....	102
	4.2.2.5.1 Precipitación media.....	102
	4.2.2.5.2 Variación mensual y estacional de la pre- cipitación.....	103
4.2.2.6	Caudales.....	105
	4.2.2.6.1 Métodos para la esti- mación de los escu rimientos.....	106
	4.2.2.6.2 Caudales medios	

		mensuales.....	108	
	4.2.2.6.3	Variación mensual y estacional de escu rimientos.....	110	
	4.2.2.7	Crecidas.....	115	
4.2.3	Sub cuenca del río Piraypani.....		117	
	4.2.3.1	Características de la cuenca	117	
	4.2.3.2	Morfometría e índices caracterís- ticos.....	118	
	4.2.3.3	Suelos y vegetación.....	119	
	4.2.3.4	Clima.....	121	
	4.2.3.5	Precipitación.....	122	
		4.2.3.5.1	Precipitación media..... 122	
		4.2.3.5.2	Variación mensual y estacional de la pre- cipitación.....	122
	4.2.3.6	Caudales.....	126	
		4.2.3.6.1	Métodos para la esti- mación de los escu rimientos.....	126
		4.2.3.6.2	Caudales medios mensuales.....	127
		4.2.3.6.3	Variación mensual y estacional de escu rimientos.....	132
	4.2.3.7	Crecidas.....	134	
4.2.4	Sub cuenca del río La Pesca (Piraymiri).....		136	
	4.2.4.1	Características de la cuenca	136	
	4.2.4.2	Morfometría e índices caracterís- ticos.....	137	
	4.2.4.3	Suelos y vegetación.....	138	
	4.2.4.4	Clima.....	139	
	4.2.4.5	Precipitación.....	140	
		4.2.4.5.1	Precipitación media..... 140	
		4.2.4.5.2	Variación mensual y estacional de la pre- cipitación.....	141

4.2.4.6	Caudales.....	144
4.2.4.6.1	Métodos para la estimación de los escu - rimientos.....	144
4.2.4.6.2	Caudales medios mensuales.....	146
4.2.4.6.3	Variación mensual y estacional de escu - rimientos.....	151
4.2.4.7	Crecidas.....	153
4.2.5	Sub cuenca del río Masicurí.....	155
4.2.5.1	Características de la cuenca	155
4.2.5.2	Morfometría e índices caracterís- ticos.....	156
4.2.5.3	Suelos y vegetación.....	157
4.2.5.4	Clima.....	159
4.2.5.5	Precipitación.....	159
4.2.5.5.1	Precipitación media.....	159
4.2.5.5.2	Variación mensual y estacional de la pre- cipitación.....	160
4.2.5.6	Caudales.....	164
4.2.5.6.1	Métodos para la esti- mación de los escu - rimientos.....	164
4.2.5.6.2	Caudales medios mensuales.....	165
4.2.5.6.3	Variación mensual y estacional de escu - rimientos.....	170
4.2.5.7	Crecidas.....	172
5.	Conclusiones.....	174
6.	Recomendaciones.....	176

LISTA DE CUADROS

- CUADRO 1 Estaciones meteorológicas provincia Vallegrande
- CUADRO 2 Correlaciones pluviométricas Estaciones Mairana-Vallegrande.
- CUADRO 3 Correlaciones pluviométricas Estaciones Mairana-Trigal.
- CUADRO 4 Correlaciones pluviométricas Estaciones Mairana- Moro Moro.
- CUADRO 5 Correlaciones pluviométricas Estaciones Mairana- Alto Seco.
- CUADRO 6 Correlaciones pluviométricas Estaciones Mairana-Mascurí.
- CUADRO 7 Correlaciones pluviométricas Estaciones Mairana-Pucarã.
- CUADRO 8 Estaciones pluviométricas de apoyo
- CUADRO 9 Temperatura media mensual Estación Vallegrande
- CUADRO 10 Precipitación media mensual Estación Vallegrande y Trigal.
- CUADRO 11 Precipitación media mensual de la Cuenca del río Clénega
- CUADRO 12 Precipitación media mensual de la cuenca del río Clénega en porciento del total anual.
- CUADRO 13 Distribución estacional de las precipitaciones - Cuenca del río Clénega.
- CUADRO 14 Caudales medios mensuales - Cuenca del río Clénega
- CUADRO 15 Escurrimientos mensual y anual - Cuenca del río Clénega
- CUADRO 16 Escurrimientos mensuales de la cuenca del río Clénega en porciento del total anual.
- CUADRO 17 Distribución estacional de los escurrimientos en la cuenca del río Clénega.
- CUADRO 18 Precipitación media mensual de la cuenca del río Tenbladeras.
- CUADRO 19 Precipitación media mensual de la cuenca del río Tenbladeras en porciento del total anual.
- CUADRO 20 Distribución estacional de las precipitaciones - Cuenca del río Tenbladeras.
- CUADRO 21 Caudales medios mensuales - Cuenca del río Tenbladeras (San Blas).

- CUADRO 22 Esgurrimento mensual y anual - Cuenca del río Tembladeras.
- CUADRO 23 Esgurrimientos mensuales de la cuenca de río Tembladeras en porcentaje del total anual.
- CUADRO 24 Distribución estacional de los esgurrimientos - Cuencas del río Tembladeras.
- CUADRO 25 Precipitación media mensual de la cuenca del río Santa Rosa.
- CUADRO 26 Precipitación media mensual de la cuenca del río Santa Rosa en porcentaje del total anual.
- CUADRO 27 Distribución estacional de las precipitaciones - Cuenca del río Santa Rosa.
- CUADRO 28 Caudales medios mensuales - Cuenca del río Santa Rosa
- CUADRO 29 Esgurrimento mensual y anual - Cuenca del río Santa Rosa.
- CUADRO 30 Esgurrimientos mensuales de la cuenca del río Santa Rosa en porcentaje del total anual.
- CUADRO 31 Distribución estacional de los esgurrimientos en la cuenca del río santa Rosa.
- CUADRO 32 Precipitación media mensual de la cuenca del río Santa Elena.
- CUADRO 33 Precipitación mensual de la cuenca del río Santa Elena, en porcentaje del total anual.
- CUADRO 34 Distribución estacional de las precipitaciones - Cuenca del río Santa Elena.
- CUADRO 35 Caudales medios mensuales - Cuenca del río Santa Elena
- CUADRO 36 Esgurrimento mensual y anual - Cuenca del río Santa Elena
- CUADRO 37 Esgurrimientos mensuales de la cuenca del río Santa Elena, en porcentaje del total anual.
- CUADRO 38 Distribución estacional de los esgurrimientos en las cuencas del río Santa Elena.
- CUADRO 39 Precipitación media mensual de la cuenca del río Piraypaní.
- CUADRO 40 Precipitación media mensual de la cuenca del río Piraypaní en porcentaje del total anual.
- CUADRO 41 Distribución estacional de las precipitaciones - Cuenca del río Piraypaní.
- CUADRO 42 Caudales medios mensuales - Cuenca del río Piraypaní

- CUADRO 43 Esgurrimiento mensual y anual - Cuenca del río Piraypani.
- CUADRO44 Esgurrimientos mensuales de la cuenca del río Piraypani, en porcentaje del total anual.
- CUADRO 45 Distribución estacional de los esgurrimientos en la cuenca del río Piraypani.
- CUADRO 46 Precipitación media mensual de la cuenca del río La Pesca.
- CUADRO 47 Precipitación media mensual de la cuenca del río La Pesca (Piraymiri), en porcentaje del total anual.
- CUADRO 48 Distribución estacional de las precipitaciones, cuenca del río La Pesca (Piraymiri).
- CUADRO 49 Caudales medios mensuales - Cuenca del río La Pesca (Piraymiri)
- CUADRO 50 Esgurrimiento mensual y anual - Cuenca del río La Pesca (Piraymiri).
- CUADRO 51 Esgurrimientos mensuales de la cuenca del río La Pesca (piraymiri), en porcentaje del total anual.
- CUADRO 52 Distribución estacional de los esgurrimientos - Cuenca del río La Pesca (piraymiri).
- CUADRO 53 Precipitación media mensual de la Estación de Mascurí.
- CUADRO 54 Precipitación media mensual de la cuenca del río Mascurí.
- CUADRO 55 Precipitación media mensual de la cuenca del río Mascurí, en porcentaje del total anual.
- CUADRO 56 Distribución estacional de las precipitaciones - Cuenca del río Mascurí.
- CUADRO 57 Caudales medios mensuales - Cuenca del río Mascurí
- CUADRO 58 Esgurrimiento mensual y anual - Cuenca del río mascurí.
- CUADRO 59 Esgurrimientos mensuales de la cuenca del río Mascurí, en porcentaje del total anual.
- CUADRO 60 Distribución estacional de los esgurrimientos de la cuenca del río Mascurí.

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1 A	Precipitación mensual Estación Vallegrande
CUADRO 2 A	Precipitación mensual Estación Trigal
CUADRO 3 A	Precipitación mensual Estación Moro Moro
CUADRO 4 A	Precipitación mensual Estación Alto Seco
CUADRO 5 A	Precipitación mensual Estación Mascuerí
CUADRO 6 A	Precipitación mensual Estación Puesto Nava
CUADRO 7 A	Precipitación mensual Estación Pucará
CUADRO 8 A	Precipitación mensual Estación
CUADRO 9 A	Precipitación mensual Estación Mataral
CUADRO 10 A	Precipitación mensual Estación Quirusillas
CUADRO 11 A	Precipitación mensual Estación Pulquina
CUADRO 12 A	Precipitación mensual Estación Mairana
CUADRO 13 A	Precipitación mensual Estación Abapó
CUADRO 14 A	Precipitación mensual Estación Saipina
CUADRO 15 A	Precipitación mensual Estación Pampa Grande
CUADRO 16 A	Precipitación mensual Estación San Juan del Rosario
CUADRO 17 A	Precipitación mensual Estación Florida

LISTA DE FIGURAS

- | | |
|-----------|---|
| FIGURA 1 | Relación de la información pluviométrica |
| FIGURA 2 | Precipitación media mensual de la cuenca del río Ciénega |
| FIGURA 3 | Distribución de las precipitaciones para la cuenca del río Ciénega, en porcentaje del total anual. |
| FIGURA 4 | Escurrecimientos mensuales de la cuenca del río Ciénega. |
| FIGURA 5 | Escurrecimiento mensual acumulado para la cuenca del río Ciénega. |
| FIGURA 6 | Escurrecimientos mensuales de la cuenca del río Ciénega en porcentaje del total anual. |
| FIGURA 7 | Precipitación media mensual de la cuenca del río Tembladeras (San Blas). |
| FIGURA 8 | Distribución de las precipitaciones mensuales para la cuenca del río Tembladeras (San Blas), en porcentaje del total anual. |
| FIGURA 9 | Escurrecimiento mensual de la cuenca del río Tembladeras (San Blas). |
| FIGURA 10 | Escurrecimiento mensual acumulado para la cuenca del río Tembladeras (San Blas) |
| FIGURA 11 | Escurrecimientos mensuales de la cuenca del río Tembladeras, en porcentaje del total anual. |
| FIGURA 12 | Precipitación media mensual de la cuenca del río Santa Rosa. |
| FIGURA 13 | Distribución de las precipitaciones mensuales para la cuenca del río Santa Rosa, en porcentaje del total anual. |
| FIGURA 14 | Escurrecimientos mensuales de la cuenca del río Santa Rosa. |
| FIGURA 15 | Escurrecimientos mensual acumulado para la cuenca del río Santa Rosa. |
| FIGURA 16 | Escurrecimientos mensuales de la cuenca del río Santa Rosa en porcentaje del total anual. |
| FIGURA 17 | Precipitación media mensual de la cuenca del río Santa Elena. |
| FIGURA 18 | Distribución de las precipitaciones mensuales para la cuenca del río Santa Elena, en porcentaje del total anual. |

- FIGURA 19 Esgurrimientos mensuales de la cuenca del río Santa Elena.
- FIGURA 20 Esgurrimiento mensual acumulado para la cuenca del río Santa Elena
- FIGURA 21 Esgurrimientos mensuales de la cuenca del río Santa Elena, en porcentaje del total anual.
- FIGURA 22 Precipitación media mensual de la cuenca del río Piraypaní.
- FIGURA 23 Distribución de las precipitaciones mensuales para la cuenca del río Piraypaní, en porcentaje del total anual.
- FIGURA 24 Esgurrimientos mensuales de la cuenca del río Piraypaní.
- FIGURA 25 Esgurrimiento mensual acumulado para la cuenca del río Piraypaní.
- FIGURA 26 Esgurrimientos mensuales de la cuenca del río Piraypaní, en porcentaje del total anual.
- FIGURA 27 Precipitación media mensual de la cuenca del río La Pesca (Piraymirí).
- FIGURA 28 Distribución de las precipitaciones mensuales, para la cuenca del río La pesca (Piraymirí), en porcentaje del total anual.
- FIGURA 29 Esgurrimientos mensuales de la cuenca del río La Pesca (Piraymirí).
- FIGURA 30 Esgurrimiento mensual acumulado para la cuenca del río La Pesca (Piraymirí).
- FIGURA 31 Esgurrimientos mensuales de la cuenca del río La Pesca (Piraymirí).
- FIGURA 32 Precipitación media mensual de la cuenca del río Masicurí.
- FIGURA 33 Distribución de las precipitaciones mensuales, para la cuenca del río Masicurí, en porcentaje del total anual.
- FIGURA 34 Esgurrimientos mensuales de la cuenca del río Masicurí.
- FIGURA 35 Esgurrimiento mensual acumulado para la cuenca del río Masicurí.
- FIGURA 36 Esgurrimientos mensuales de la cuenca del río Masicurí, en porcentaje del total anual.

LISTA DE MAPAS

MAPA 1	Cuencas hidrográficas de la provincia de Vallegrande
MAPA 2	Isoyetas de promedios anuales
MAPA 3	Isoyetas del mes de Enero
MAPA 4	Isoyetas del mes de Febrero
MAPA 5	Isoyetas del mes de Marzo
MAPA 6	Isoyetas del mes de Abril
MAPA 7	Isoyetas del mes de Mayo
MAPA 8	Isoyetas del mes de Junio
MAPA 9	Isoyetas del mes de Julio
MAPA 10	Isoyetas del mes de Agosto
MAPA 11	Isoyetas del mes de Septiembre
MAPA 12	Isoyetas del mes de Octubre
MAPA 13	Isoyetas del mes de Noviembre
MAPA 14	Isoyetas del mes de Diciembre
MAPA 15	Cuenca hidrográfica del río Clénega
MAPA 16	Cuenca hidrográfica del río Tembladeras (San Blas)
MAPA 17	Cuenca hidrográfica del río Santa Rosa
MAPA 18	Cuenca hidrográfica del río Santa Elena
MAPA 19	Cuenca hidrográfica del río Piraypani
MAPA 20	Cuenca hidrográfica del río La Pesca (Piraymiri)
MAPA 21	Cuenca hidrográfica del río Masticurí
MAPA 1A	Mapa base de la provincia de Vallegrande
MAPA 2 A	Mapa sub zonas pluviométricas de Bolivia

RESUMEN

El presente estudio hidrológico a nivel preliminar sobre la provincia Vallegrande, realizado con los siguientes objetivos:

- Definición del mapa base de la provincia de Vallegrande.
- Definición de las diferentes cuencas hidrográficas de la provincia Vallegrande.
- Determinación del área de drenaje de las diferentes cuencas y estimación de los volúmenes de escurrimientos medios mensuales.

Ubicación

El área de estudios geográficamente se halla ubicada entre las siguientes coordenadas: Lat. Sud $18^{\circ} 9' 27''$ - $19^{\circ} 10' 40''$ y Long. Oeste $63^{\circ} 31'$ - $64^{\circ} 30'$. La capital de provincia se halla a una altura de 2.030 metros sobre el nivel del mar; vinculado a través de carreteras en tierra con las ciudades de Santa Cruz (238 km.) y Cochabamba (370 km.).

Geología

La tectónica del área, se define mediante el desarrollo de grandes fallas longitudinales, de tipo inverso y buzamiento al Oeste, que definen una tectónica de bloques que muestran afloramiento cada vez más antiguos a medida que se avanza hacia el Oeste. Existen otra serie de fallas longitudinales menores de buzamiento hacia el Este y fallas transversales y diagonales que afectan y desplazan los lineamientos estructurales primarios.

La secuencia geológica, se resume en una sucesión estratigráfica de los siguiente Sistemas: Cuaternario, Terciario, Cretácico, Triásico, Devónico, Silúrico.

Fislográfia

El área de estudio corresponde a la unidad fisiográfica denominada región montañosa del subandino.

Definición de las cuencas hidrográficas

Se estableció, que son afluentes de dos cuencas importantes, el río Yapacaní y el río Grande, según el siguiente cuadro.

Cuencas hidrógraficas de los ríos de Vallegrande

Cuencas	Area de drenaje Km²
<hr/>	
Cuencas del río Yapacaní	
- Sub cuenca del río Ciénega	619
- Sub cuenca del río Tembladeras (San Blas)	487
Cuenca del río Grande	
- Sub cuenca del río Santa Rosa	423
- Sub cuenca del río Santa Elena	224
- Sub cuenca del río Piraypani	542
- Sub cuenca del río La Pesca (Piraymirí)	730
- Sub cuenca del río Masicurí	1.045
<hr/>	

Precipitación

Las precipitaciones medias mensuales y los anuales, para las cuencas hidrográficas de la provincia de Vallegrande, fueron calculados por el método de las isoyetas; con estos resultados se analizó la variación mensual y estacional. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Precipitación media mensual (mm) de las cuencas hidrográficas de la provincia de Vallegrande

Total Cuenca	M e s e s												anual
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Clénega	119,4	99,0	82,3	46,7	21,9	15,6	10,2	18,0	19,4	36,8	65,8	96,4	631,5
Tembladeras	184,3	114,5	102,1	48,0	34,9	19,8	13,7	24,4	23,4	40,6	81,4	109,2	796,3
Santa Rosa	156,1	109,6	92,3	37,9	13,7	8,2	6,4	15,6	17,4	36,6	75,3	101,8	670,9
Santa Elena	248,3	170,9	182,5	102,0	45,7	18,3	10,7	24,2	37,1	61,5	139,0	173,4	1,213.6
Piraypant	227,6	199,7	188,3	104,4	34,2	21,8	15,1	26,9	41,1	61,7	144,1	190,2	1255.1
La Pesca	237,5	208,2	221,2	117,8	60,2	31,9	23,0	32,4	38,0	61,4	148,2	196,3	1376,1
Mastcurí	256,2	221,1	243,1	139,1	72,2	42,9	28,8	31,0	39,7	66,5	157,6	212,4	1510.6

Caudales

Debido a falta de información pluviométrica para las cuencas hidrográficas en estudio, los caudales fueron estimados en base a la información pluviométrica obtenida con las isoyetas, utilizando los siguientes métodos:

a) Becerril

$$A = \beta p^{3/2}$$

b) Heras

$$A = S^{\beta} P^{\beta} (Y_{lc} + \partial I p) 10^{-3}$$

c) Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos de México (SARH)

$$E = P_m * A * C$$

De los resultados obtenidos con los anteriores métodos, se adoptó el de Heras, cuyo resumen se presenta en el siguiente cuadro:

Caudales medios mensuales (m³/seg)
de las cuencas hidrográficas de la provincia Vallegrande.

Cuenca	M e s e s											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Clénega	2,15	1,32	0,68	0,36	0,19	0,13	0,12	0,18	0,19	0,32	0,63	1,17
Tembladeras	1,98	1,57	1,31	0,54	0,43	0,24	0,19	0,25	0,26	0,47	0,74	1,38
Santa Rosa	2,05	1,77	0,90	0,55	0,22	0,14	0,12	0,24	0,26	0,52	0,82	1,52
Santa Elena	4,36	3,45	1,96	1,27	0,65	0,32	0,20	0,39	0,57	0,82	1,63	3,16
Piraypani	11,04	8,34	5,51	3,55	1,41	0,87	0,64	0,98	1,68	2,26	5,08	7,22
La pesca	16,83	12,59	9,17	5,04	2,68	1,59	1,14	1,50	1,90	3,08	7,45	10,78
Masicuri	23,29	17,11	12,79	7,45	4,01	2,60	1,76	1,87	2,44	3,75	8,26	11,41

Crecidas

Para el cálculo de crecidas, se utilizaron varias fórmulas empíricas, y se adoptó el método de la curva número (SCS - USDA), porque intervienen otros parámetros hidrológicos y los resultados parecen ser más aproximados a las condiciones de las diferentes cuencas (ver siguiente cuadro).

Crecidas (m³/seg)
Periodo de retorno en años

Cuenca	10	25	50	100
Clénega	149,6	179,8	206,6	231,7
Tembladras	127,6	158,9	174,9	199,3
Santa Rosa	139,6	172,3	192,5	220,0
Santa Elena	405,8	489,9	550,9	611,9
Playpani	556,5	657,3	728,1	809,4
La Pesca (Playmiri)	764,8	901,1	996,9	1106,6
Mascurí	806,8	961,6	1078,4	1195,7

1 INTRODUCCION

Las entidades industriales y agropecuarias se desenvuelven de alguna forma en torno a las disponibilidades del agua, y fundamentalmente el sector agrícola cuya producción está sujeta a la relación agua- suelo- planta.

La disponibilidad de agua, siendo un elemento vital para el desarrollo de las plantas, requiere de un análisis más cuidadoso considerando las diferentes cuencas y sub cuencas de drenaje. Con este propósito es necesario el estudio hidrológico de las diferentes sub cuencas de la provincia de Vallegrande, cuyos escurrimientos drenan al río Mamoré, a través de las cuencas del río Grande y el Yapacaní.

El río Grande, se origina en las faldas orientales de los Andes, con una superficie de 59.000 km² donde la elevación varía desde los 2500 a 4500 metros sobre el nivel del mar y desciende rápidamente por terrenos escabrosos, fuertemente disectados, entrando al Chaco con una elevación de alrededor de 400 metros.

La cuenca del río Yapacaní abarca una superficie de 6355 Km² que comprende los territorios de las provincias occidentales y orientales de Vallegrande, Caballero, Florida, Ichilo y Andrés Ibañez.

El presente informe es un acopio de la información básica para la provincia de Vallegrande y de ningún modo puede ser definitivo debido a la magnitud de los mismos. Los resultados, deben ser ajustados con posteriores observaciones de campo, fundamentalmente con mediciones de los escurrimientos en diferentes épocas del año.

Los principales objetivos de este estudio, según los términos de referencia son:

- Definición del mapa base de la provincia de Vallegrande
- Definición de las diferentes cuencas hidrográficas de la provincia de

Vallegrande.

- Determinación del área de drenaje de las diferentes cuencas y estimación de los volúmenes de escurrimientos medios mensuales.
- Estimación de las crecidas máximas, para las diferentes cuencas hidrográficas de la provincia Vallegrande.

2. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

2.1 Ubicación

El área de estudio comprende la provincia de Vallegrande del Departamento de Santa Cruz y geográficamente se halla ubicado en las siguientes coordenadas :

Latitud Sud 18° 9' 27" - 19° 10' 40"

Longitud Oeste 63° 31' - 64° 30'.

La capital de provincia se halla a una altura de 2030 metros sobre el nivel del mar. En general la provincia varía en altura de 2989 (Cerro Veladero) a 826 (Lomas los Pailones) y hasta 500 metros sobre el nivel del mar (confluencia del río Masicurí con el Grande) .

El área de estudio comprende una superficie de 4070 Km² (Mapa 1-A).

La capital de la provincia Vallegrande, se halla vinculada con las ciudades de Santa Cruz y Cochabamba, a través de una carretera estable en toda época, cuyas distancias son las siguientes:

A la ciudad de Santa Cruz 238 Km

A la ciudad de Cochabamba 370 Km

2.2 Geología

La tectónica del área, se define mediante el desarrollo de grandes fallas longitudinales de tipo inverso y buzamiento al Oeste. Estas fallas definen una tectónica de bloques y muestran afloramientos cada vez más antiguos a medida que se avanza hacia el Oeste. Existen otra serie de fallas longitudinales menores de buzamiento hacia el Este y fallas transversales y diagonales que afectan y desplazan los lineamientos estructurales primarios.

La secuencia Geológica, muestra un predominio de unidades arenosas sobre las pelíticas (arcillosas).

Las areniscas de los sistemas, Pérmico, Triásico, Cretácico y Terciario de un modo general son poco consolidados, a diferencia de las areniscas de los sistemas Silúrico y Devónico que son consolidados y con mayores características.

De un modo general, los ríos corren aprovechando líneas sinclinales, contactos formacionales y líneas de fracturas.

La secuencia geológica, se resume en el siguiente cuadro de sucesión estratigráfica.

Sistema

Cuaternario	Terrazas Aluviales
Terciario	Formación Chaco Superior Formación Chaco Inferior Formación Yecua Formación Petaca
Cretácico	Form. Yantata Form. Ichoa

Triásico	Form. Vitlacua Form. Cangapi- Elvira
Devónico	Form. Iquiri Form. Los Monos Form. Huamampampa Form. Icla Form. Santa Rosa
Silúrico	Form. Catavi Form. Kirusilla

Fuente: López Marcimio y Mogrovejo Gerardo, 1978.
Levantamiento Integrado de los Recursos Naturales de los Valles Mesotérmicos- Estudio Geológico - Mineros. Santa Cruz.

2.3 Fisiografía

El área de estudio corresponde a la gran unidad fisiográfica denominada región montañosa del subandino, que corresponde a las estribaciones orientales de la cordillera de los Andes, está constituida principalmente por serranías y valles sinclinales.

3 METODOLOGIA DE ESTUDIO

3.1 Análisis de la Información

Con el propósito de realizar el análisis de la información existente, se elaboró un mapa base de las cuencas hidrográficas de la provincia de Vallegrande (mapa 1) a la escala 1:250000, basado en las cartas geográficas del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) y en este mapa se ubicaron las diferentes estaciones pluviométricas.

En la provincia de Vallegrande la red de estaciones meteorológicas es

insuficiente y no se cuenta con la información de los diferentes parámetros climatológicos, fundamentalmente los que se refieren a la precipitación y temperatura.

Las estaciones meteorológicas existentes en la provincia de Vallegrande son las siguientes: (ver Cuadro 1).

Cuadro 1

Estaciones Meteorológicas Provincia Vallegrande

Localidad	Tipo de Estación	Ubicación Geográfica
Vallegrande	Est. Climatológica Ordinaria	Lat. S. 18° 29' Lon O 64° 6'
Trigal	Est. Pluviométrica	Lat. S. 18° 18' Lon O 64° 9'
Moro Moro	Est. Pluviométrica	Lat. S. 18° 21' Lon O 64° 19'
Alto Seco	Est. Pluviométrica	Lat. S. 18° 52' Lon O 64° 4'
Masicurí	Est. Pluviométrica	Lat. S. 18° 59' Lon O 63° 42'
Puesto Nava	Est. Pluviométrica	Lat. S. 18° 42' Lon O 64° 18'
Pucará	Est. Pluviométrica	Lat. S. 18° 43' Lon O 64° 11'

Para al análisis de las precipitaciones y extensión de datos, fue utilizada la información existente para la estación de Mairana, por su continuidad y calidad de observaciones por tanto, se considera confiable.

3.2 Cálculo de datos de meses faltantes

En una serie de años de registro pluviométrico, los datos faltantes pueden ser completados por diferentes métodos, dependiendo de la calidad de la información que se desee obtener, de los que podemos mencionar.

1. Promedio aritmético
2. Proporción normal
3. Correlación lineal
4. Análisis doblemente acumulativo o curva doblemente másica.

3.2.1 Método de correlación lineal

Partiendo de la hipótesis, que existe relación lineal entre las lecturas de lluvia de las diferentes estaciones pluviométricas utilizamos la ecuación representativa $y = \alpha + \beta x$, donde α y β son los valores constantes y se los encuentra de la siguiente forma:

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n \bar{X} \bar{Y}}{\sum_{i=1}^n (X_i)^2 - n (\bar{X})^2}$$

$$\alpha = \bar{Y} - \beta \bar{X}$$

Donde:

X_i = Valor correspondiente a la variable X

Y_i = Valor correspondiente a la variable Y

\bar{Y} = Valor medio de la variable Y

\bar{X} = Valor medio de la variable X

n = número total de valores

Posteriormente es necesario realizar la prueba de significación del coeficiente de correlación. El mismo se obtiene del siguiente modo:

$$r_{xy} = (S * Y) / (S_x * S_y)$$

$$S_{xy} = (1/n) \left[\sum_{i=1}^n X_i Y_i \right] - \bar{X} \bar{Y}$$

$$S_x = \left[\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n (X_i)^2 - n \bar{(X)}^2 \right) \right]^{1/2}$$

$$S_y = \left[\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n (Y_i)^2 - n \bar{(Y)}^2 \right) \right]^{1/2}$$

Donde:

S_{xy} = Es la covarianza

S_x = Es la desviación típica de x

S_y = Es la desviación típica de y

r = Es el coeficiente de correlación.

Para completar la serie mensual de precipitaciones de la estación de Vallegrande, se basó en el hecho de existir proporcionalidad entre las precipitaciones medias de ambas estaciones.

La serie mensual de datos pluviométricos, fue completada del periodo 1944/45 al 1987/88, por medio de correlaciones lineales, teniendo en cuenta los valores de medias mensuales, cuyas ecuaciones resultantes se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2

Correlaciones Pluviométricas Estaciones: Mairana - Vallegrande

Mes	Ecuación	Coeficiente de correlación r
Enero	$P_{vg} = 33.14 + 0.96 P_m$	0,57
Febrero	$P_{vg} = 20.71 + 0.96 P_m$	0,79
Marzo	$P_{vg} = 15.45 + 0.58 P_m$	0,87
Abril	$P_{vg} = 11.00 + 0.81 P_m$	0,80
Mayo	$P_{vg} = 2.31 + 0.51 P_m$	0,77
Junio	$P_{vg} = 2.88 + 0.65 P_m$	0,91

Julio	$P_{vg} = 3.79 + 0.70 P_m$	0,71
Agosto	$P_{vg} = 0.99 + 0.56 P_m$	0,67
Septiembre	$P_{vg} = 2.87 + 0.55 P_m$	0,82
Octubre	$P_{vg} = 0.77 + 0.70 P_m$	0,77
Noviembre	$P_{vg} = 10.00 + 0.69 P_m$	0,75
Diciembre	$P_{vg} = 42.59 + 0.57 P_m$	0,62

Los valores observados y correlacionados de la Estación de Vallegrande, se presentan en el Cuadro 1-A.

La serie mensual de la información pluviométrica de la Estación de Trigo, fue completada al periodo 1966/1967 - 1987/1988, por medio de Correlaciones Lineales con la Estación Mairana tomando los valores de las medias mensuales, las ecuaciones resultantes se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3

Correlaciones Pluviométricas
Estaciones: Mairana-Trigo

Mes	Ecuación	Coefficiente de correlación r
Enero	$P_T = 34.34 + 0.40 P_m$	0,56
Febrero	$P_T = 40.59 + 0.41 P_m$	0,59
Marzo	$P_T = 0.81 + 0.64 P_m$	0,78
Abril	$P_T = 3.81 + 1.02 P_m$	0,86
Mayo	$P_T = 10.45 + 0.46 P_m$	0,61
Junio	$P_T = 5.11 + 0.79 P_m$	0,98
Julio	$P_T = 5.01 + 0.74 P_m$	0,62
Agosto	$P_T = 1.75 + 0.71 P_m$	0,86
Septiembre	$P_T = 6.66 + 0.65 P_m$	0,66
Octubre	$P_T = 9.42 + 0.72 P_m$	0,85
Noviembre	$P_T = 1.22 P_m - 27.25$	0,86
Diciembre	$P_T = 0.92 P_m - 5.86$	0,68

La información de los datos observados y correlacionados para la Estación del Trigal, se presentan en el Cuadro 2-A.

La serie mensual de precipitaciones de la Estación de Moro Moro, fue completada al periodo 1969/1970 - 1986/1987, por medio de Correlaciones Lineales con la Estación de Mairana, con valores de las medias mensuales, las ecuaciones resultantes se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4

Correlaciones Pluviométricas
Estaciones: Mairana-Moro Moro

Mes	Ecuación	Coeficiente de correlación r
Enero	$Pmr = 12.28 + 1.45 Pm$	0,91
Febrero	$Pmr = 43.36 + 0.61 Pm$	0,70
Marzo	$Pmr = 0.97 Pm - 1.61$	0,86
Abril	$Pmr = 0.75 Pm - 1.45$	0,87
Mayo	$Pmr = 1.63 + 0.45 Pm$	0,76
Junio	$Pmr = 0.58 + 0.21 Pm$	0,97
Julio	$Pmr = 0.32 Pm - 0.03$	0,77
Agosto	$Pmr = 0.80 Pm - 0.48$	0,80
Septiembre	$Pmr = 5.35 + 0.31 Pm$	0,75
Octubre	$Pmr = 0.30 + 0.82 Pm$	0,82
Noviembre	$Pmr = 55.76 + 0.40 Pm$	0,63
Diciembre	$Pmr = 22.04 + 0.96 Pm$	0,67

Los valores observados y Correlacionados de la Estación de Moro Moro se muestran en el Cuadro 3-A.

La serie mensual de las precipitaciones, de la Estación de Alto Seco, fue completada al periodo 1970/ 1971 - 1983/ 1984, por medio de Correlaciones Lineales con la Estación de Mairana, con valores de las medias mensuales. las ecuaciones

resultantes se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5

Correlaciones Pluviométricas
Estaciones : Mairana - Alto Seco

Mes	Ecuación	Coefficiente de correlación r
Enero	$Pas = 114.74 + 2.07 Pm$	0,87
Febrero	$Pas = 135.82 + 0.72 Pm$	0,68
Marzo	$Pas = 141.44 + 0.88 Pm$	0,69
Abril	$Pas = 61.61 + 0.86 Pm$	0,62
Mayo	$Pas = 4.62 + 1.74 Pm$	0,67
Junio	$Pas = 11.28 + 0.21 Pm$	0,67
Julio	$Pas = 4.70 + 1.69 Pm$	0,90
Agosto	$Pas = 1.52 Pm - 7.42$	0,78
Septiembre	$Pas = 26.54 + 1.11 Pm$	0,64
Octubre	$Pas = 23.45 + 1.10 Pm$	0,70
Noviembre	$Pas = 82.50 + 1.18 Pm$	0,89
Diciembre	$Pas = 2.35 Pm - 33.32$	0,92

La serie de los datos observados y correlacionados de la Estación de Alto Seco, se presentan en el Cuadro 4-A.

La serie mensual de precipitación de la Estación de Masicurí, fue completada del periodo 1970/1971 al periodo 1987/1988, por medio de Correlaciones Lineales con la Estación de Mairana, con valores de las medias mensuales, las ecuaciones resultantes se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6

Correlaciones Pluviométricas
Estaciones: Mairana - Masicurí

Mes	Ecuación	Coeficiente de correlación r
Enero	$Pms = 17.20 + 2.73 Pm$	0,84
Febrero	$Pms = 2.75 Pm - 1.65$	0,68
Marzo	$Pms = 127.12 + 1.08 Pm$	0,83
Abril	$Pms = 72.93 + 1.20 Pm$	0,71
Mayo	$Pms = 3.92 Pm - 40.76$	0,82
Junio	$Pms = 16.01 + 1.02 Pm$	0,66
Julio	$Pms = 9.28 + 1.81 Pm$	0,74
Agosto	$Pms = 3.94 + 0.74 Pm$	0,62
Septiembre	$Pms = 20.11 + 0.84 Pm$	0,76
Octubre	$Pms = 25.31 + 1.11 Pm$	0,71
Noviembre	$Pms = 48.25 + 1.64 Pm$	0,74
Diciembre	$Pms = 150.00 + 1.13 Pm$	0,74

La información de la serie de datos observados y correlaciones de la Estación de Masicurí, se presentan en el Cuadro 5-A.

La serie mensual de precipitaciones de la Estación de Puesto Nava fue utilizado el correspondiente al periodo 1960/1961 - 1978/1979, proporcionado por la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE) Cuadro 6-A.

Para la Estación pluviométrica de Pucará, la serie mensual de precipitaciones fue completado al periodo 1970/1971 - 1987/1988, por medio de Correlaciones Lineales con la Estación de Mairana, las ecuaciones resultantes se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7

Correlaciones Pluviométricas
Estaciones: Mairana - Pucará

Mes	Ecuación	Coeficiente de correlación r
Enero	$Pp = 50.73 + 0.87 Pm$	0,69
Febrero	$Pp = 58.92 + 0.65 Pm$	0,73
Marzo	$Pp = 35.92 + 1.00 Pm$	0,62
Abril	$Pp = 13.66 + 0.68 Pm$	0,67
Mayo	$Pp = 0.59 Pm - 3.69$	0,67
Noviembre	$Pp = 38.28 + 0.92 Pm$	0,69
Diciembre	$Pp = 50.71 + 0.40 Pm$	0,66

La serie de datos observados y correlacionados de la Estación de Pucará, se presenta en el Cuadro 7-A.

Las estaciones pluviométricas de apoyo utilizados para el estudio pluviométrico de la provincia de Vallegrande, fueron los que se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 8

Estaciones Pluviométricas de Apoyo

Samaipata	1964/1965 - 1987/1988
Mataral	1966/1972 - 1977/1979 - 1981/1988
Quirusillas	1966/1987
Pulquina	1977/1979 - 1981/1984
Mairana	1947/1948 - 1986/1987
Abapó	1950/1953 - 1969/1973 - 1976/1988
Saipina	1964/1965 - 1969/1974 - 1976/1983
Pampa Grande	1977/1984

San Juan del Rosario	1976/1981
Florida	1978/1987

Las estadísticas pluviométricas que se utilizaron para la confección de las isoyetas mensuales y anuales se presentan en los Cuadros: 8-A, 9-A, 10-A, 11-A, 12-A, 13-A, 14-A, 15-A, 16-A, 17-A.

Un resumen de la extensión de la serie de precipitaciones de las diferentes estaciones pluviométricas: se tiene en la figura 1.

Con la información obtenida , se procedió a la confección de las isoyetas en mapas a escala 1: 250000. para este objeto, previamente se ubicaron las diferentes estaciones pluviométricas.

Las isoyetas del régimen pluviométrico anual, se confeccionaron con los datos de promedios anuales y con intervalos de 100 mm (mapa 2).

En el análisis pluviométrico mensual, para las diferentes cuencas hidrográficas, los intervalos utilizados, fueron diferentes para cada mes, tal como se puede observar en los mapas : 3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14.

4. DEFINICION DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DE LA PROVINCIA VALLEGRANDE

La definición de las cuencas hidrográficas de la provincia de Vallegrande, se basó en las cartas geográficas del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) a escala 1:50000 y se estableciendose que son afluentes de dos cuencas importantes, el río Yapacaní y el río Grande.

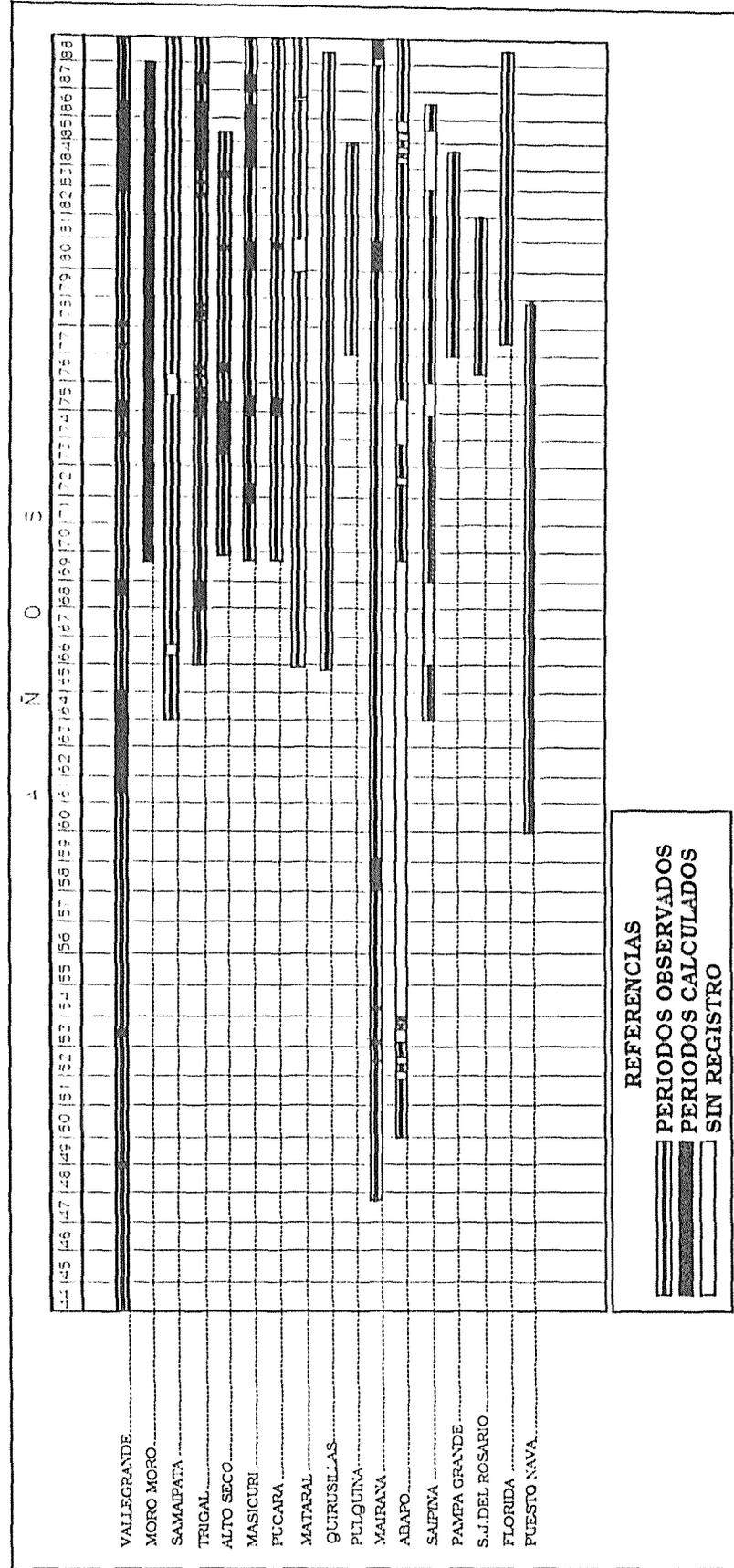


Figura 1.- Relación de la información pluviométrica

Cuencas Hidrográficas de los ríos de Vallegrande

	Area de Drenaje Km ²
Cuenca del río Yapacaní	
Sub cuenca del río Ciénega	619
Sub cuenca del río Tembladeras (San Blas)	487
Cuenca del río Grande	
Sub cuenca del río Santa Rosa	423
Sub cuenca del río Santa Elena	224
Sub cuenca del río Piraypani	542
Sub cuenca del río La Pesca (Piraymiri)	730
Sub cuenca del río Masicurí	1045

4.1 Cuenca del río Yapacaní

Esta cuenca hidrográfica esta constituida por numerosos afluentes de curso permanente y otros de régimen intermitente, tiene sus nacientes en el río Ciénega y toma diferentes nombres según el lugar, Mataral, Mairana, Yerbabuena, Alto Yapacaní, y de la confluencia con el río Colorado toma el nombre de río Yapacaní

La cuenca en general tiene una topografía muy accidentada y presenta valles y llanuras (valles: Vallegrande, Mairana, Mataral). Abarca una superficie de 6355 Km², orientada longitudinalmente de SE-NO.

4.1.1 Sub cuenca del río Ciénega

4.1.1.1 Características de la cuenca.-

La cuenca del río Ciénega se halla disectada por pequeños ríos y quebradas que forman los valles (Vallegrande, Muyurina, Tucumancillo, Trigal, Pampa Redonda, San Juan del Chaco, La Aguada, el Bañado, Murillo) con laderas moderadas y terrazas de origen aluvial.

La topografía descrita como ondulada a moderadamente

escarpada en algunos lugares, con pendientes que varían de 2 a 30%.

La cuenca del río Ciénega, hasta los límites provinciales de Vallegrande, se halla ubicado entre las coordenadas geográficas de latitud sud 18° 10' 50" a 18° 33' 04" y longitud Oeste 64° 02' 23" a 64° 18' 14".

La dirección del curso del río es de Sud a Norte, pero con variaciones sectoriales de dirección por los meandros que forma. Las nacientes del río, se encuentra en las alturas de Lagunillas y Palo Chacra a la elevación de 2400 metros sobre el nivel del mar.

Sus afluentes importantes en la margen derecha son:

Quebrada Totoral
Quebrada Peta coral
Quebrada Sauce
Quebrada Arroyos
Quebrada La Tuna
Quebrada Honda
Quebrada Vallejo
Quebrada Palmita
Quebrada del Julián
Quebrada Quina Quina
Río El Bañado
Quebrada Aguada
Río Tabacal
Quebrada La Ruda

Sus afluentes en la margen izquierda son:

Quebrada Huasa Cañada
Quebrada Las Cruces
Quebrada del Sauce

Río Duraznillo
Quebrada Yaguari
Quebrada Satajchi
Quebrada Agua Blanca
Quebrada la Hoyada
Quebrada del Molle
Quebrada Conkareal
Río Pasaje
Quebrada de la Aguadita
Quebrada Morales
Río del Mataral
Río Ariruma
Quebrada Infernillo
Quebrada Torre Way Kho
Quebrada Challa

El río Ciénega constituye la naciente del río Yapacaní y forma parte de la vertiente del amazonas.

4.1.1.2 Morfometría e índices característicos

El área de drenaje de la cuenca del río Ciénega, hasta el límite provincial, medido sobre la carta nacional del Instituto Geográfica Militar (I.G.M.) a escala 1: 50000, es de 619 Km² (Mapa 15).

La longitud del curso principal del río es de 61.4 Km, con una pendiente media de 1.5%; la altitud media aproximada de la cuenca es de 1940 metros sobre el nivel del mar; siendo la cota superior de 2400 m y la inferior de 1480 m.

El índice de compacidad conocido como de Gravelius es de 1.52, para cuyo cálculo se tomó la ecuación:

$$I_c = 0.28 (P / \sqrt{s})$$

Donde: P = perímetro de la cuenca Km
S = superficie de la cuenca Km²

El factor de forma calculado fue de 6,09, en base a la longitud del curso principal del río y el ancho de la cuenca.

$$\text{Ancho de la cuenca} = \text{Area Km}^2 / \text{Longitud Km}$$

$$\text{Factor de forma} = \text{Longitud Km} / \text{Ancho Km}$$

El índice de pendiente para la cuenca es $I_p = 0.015$ valor calculado con la siguiente ecuación:

$$I_p = (H_{\text{max}} - H_{\text{min}}) / 1000 L_r$$

donde: H_{max} = altura máxima
 H_{min} = Altura mínima
 L_r = Longitud del río

En valor porcentual es 1.5%, que corresponde a una cuenca con el curso principal del río en terreno relativamente llano.

El valor del alejamiento medio del río la Cienega es de 2.47, coeficiente que relaciona el curso de agua mas largo, con la superficie de la cuenca, calculada con la siguiente relación;

$$A = L / \sqrt{S}$$

Donde: A = Coeficiente de alejamiento medio
L = Longitud del curso de agua Km
S = Area de la cuenca Km²

4.1.1.3 Suelos y vegetación

La descripción de la zona de vida para la cuenca corresponde a bosque seco templado (bs-Te), se distingue el bioclima de la

cuenca por experimentar de manera significativa temperaturas críticamente bajas o escarchas, es un bioclima húmedo con rangos de biotemperaturas anuales de 24°C en sus niveles inferiores bajando hasta casi 12°C.

Los suelos son diferentes, dependiendo de su posición fisiográfica dentro de la formación. Se han distinguido suelos recientes, terrazas, laderas, bajadas.

Las texturas fluctúan entre livianos, y medianos en las partes llanas y moderadamente pesados a pesados en las depresiones; la profundidad presenta caracteres superficiales, moderadamente profundos y profundos; la fertilidad natural es baja y localmente en algunos suelos moderada; la reacción o pH varía de neutro a moderadamente alcalinos y las características físicas como la permeabilidad, infiltración están estrechamente relacionadas a la textura.

Esta cuenca presenta diferentes paisajes fisiográficos, las variaciones fisionómicas vegetacionales están acorde a esta variación. El bosque originario de la asociación climática abarca la siguientes especies vegetales que con mas frecuencia se presentan.

Nombre común	Nombre científico
Algarrobo	<i>Prosopis juliflora</i>
Ceibo	<i>Erythrina sp.</i>
Chacatea	<i>Dodonaea viscosa</i>
Chirimolle	<i>Zanthoxylum coco</i>
Gargatea	<i>Carica quercifolia</i>
Jacarandá	<i>Jacarandá sp.</i>
Jarca	<i>Acacia visco</i>
Lanza Lanza	<i>Prosopis kuntzei</i>
Luyu luyu	<i>Schinus polygamus</i>
Lloke	<i>Kangeneckia lanceolata</i>

Molle	<i>Schinus molle</i>
Quiñe	<i>Acacia marchrantha</i>
Suncho	<i>Viguiera sp</i>
Tipa	<i>Tipuana tipu</i>
Carahuata	<i>Bromelia serra</i>
Kayara	<i>Puya sp</i>
Ulala	<i>Cereus sp</i>
Sitiquira	<i>Cleistocactus sp</i>
Eucalipto	<i>Eucaliptus sp.</i>
Satajchi	<i>Celtis tala</i>
Chucupe	sp
Thankar	sp
Yana Yana	<i>Zizyphus piurensis</i>
Carapari	sp
Khiska luru	sp
Soto	<i>Schinopsis sp</i>
Quina Quina	<i>Myroxilón sp</i>
Sahuinto	<i>Aulomyrcia sp.</i>
Leche leche	<i>Sapium sp</i>
Maranhuay	sp
Sauce	<i>Salix humboldtiana</i>
Chañar	<i>Geofrapea sp</i>
Thula	sp
Tajibo	<i>Tababuia Ipe</i>

4.1.1.4 Clima

El promedio anual de precipitación para la cuenca alcanza a 631.5 mm con lluvias mas acentuadas en los meses de Diciembre a Febrero.

La temperaturas invernales pueden ser frías, especialmente en los periodos de los fuertes fríos, del Sud Este, o surasos, con presencia de heladas durante los meses de Mayo a Julio.

Según los índices de clasificación climática la cuenca corresponde a un clima sub húmedo para Blair, que propone niveles de tipos climáticos basados en las medias de

precipitaciones anuales.

Analizando el valor del índice de Gasparin, la cuenca corresponde a suelo seco, resultado obtenido tomando en cuenta la precipitación y temperatura media anual.

4.1.1.5 Temperatura

Según el Cuadro 9, asumiendo como representativo de la cuenca la estación de Vallegrande se puede señalar, que el nivel térmico en la cuenca es uniforme durante el año y presenta un cambio térmico invernal que no es muy marcado.

La diferencia de los promedios del mes más cálido (Diciembre) comparado con el correspondiente mes más frío (Julio) es de apenas 4,8°C, siendo la temperatura media anual de 16,8°C.

La temperaturas máximas y mínimas extremas registradas son respectivamente 31.1 °C (Nov-1979) y -0.6 °C (Sep-1981) .

Cuadro 9

Temperatura media mensual °C (43/61 - 78/79)

Estación de Vallegrande

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DI C	Media Anual
18.7	18.5	17.9	16.4	15.6	14.2	14.1	14.8	16.8	17.2	18.4	18.9	16.8

4.1.1.6 Precipitación

En la cuenca del río Ciénega, se cuenta con dos estaciones meteorológicas, la de Vallegrande que es climatológica completa y la del Trigal que es Pluviométrica (Cuadro 10), ambos con registros de observaciones de varios años con muy pocas interrupciones, los mismos fueron completados con el método de Regresión Lineal, tomando como base la estación de Mairana según se explica en el capítulo de metodología de estudio.

Cuadro 10

Precipitación media mensual (mm)
Est. Vallegrande (1) y Trigal (2)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DI C	T anual
(1)	142.9	122.2	71.0	42.6	16.5	13.3	10.6	12.5	21.8	38.9	61.4	99.9	653.6
(2)	90.7	76.1	69.0	53.4	26.2	22.9	12.3	17.6	21.1	39.2	58.9	91.3	578.5

4.1.1.6 Precipitación media

Las precipitaciones medias mensuales y el total anual para la cuenca del río Ciénega, fueron calculados por el método de las isoyetas y elaborados para cada mes, sus valores se muestran en el Cuadro 11.

Cuadro 11

Precipitación media mensual de
la cuenca del río Ciénega (mm)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	Total anual
119.4	99.0	82.3	46.7	21.9	15.6	10.2	18.0	19.4	36.8	65.8	96.4	631.5

Los resultados del Cuadro 11, sobre promedios mensuales de la precipitación, en forma gráfica se presentan en la Figura 2.

4.1.1.6.2 Variación mensual y estacional de la precipitación

La distribución de las precipitaciones mensuales se muestra en el siguiente Cuadro 12.

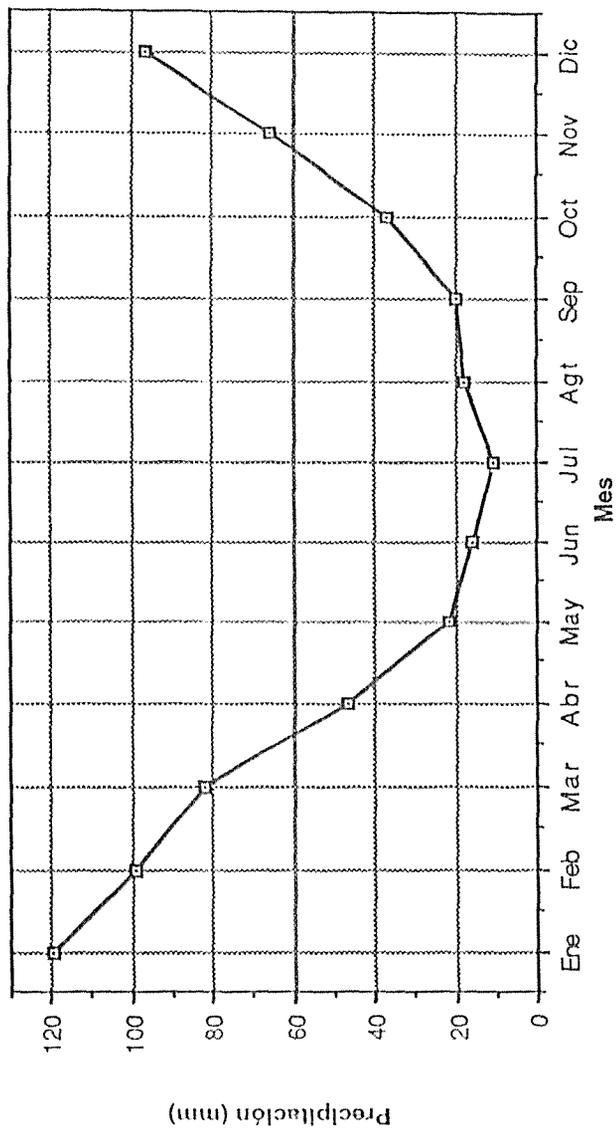


Figura 2.- Precipitación media mensual de la cuenca del río Cienega

Cuadro 12

Precipitación media mensual de la Cuenca del río Ciénega
en porciento del total anual

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
18.9	15.7	13.0	7.4	3.5	2.5	1.6	2.8	3.1	5.8	10.4	15.3

Del cuadro anterior se deduce: a) Lo meses con régimen lluvioso significativo son, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo.

b) El periodo seco podría considerarse a partir de Mayo hasta Octubre.

c) Los meses de Abril y Noviembre son de transición entre los periodos seco y lluvioso.

La distribución porcentual de la precipitación, se presenta en la Figura 3.

Cuadro 13

Distribución estacional de las precipitaciones
Cuenca del río Ciénega

Periodo Lluvioso	Periodo Seco	Periodo Transición
62.9	26.7	17.8

La distribución del régimen lluvioso durante el año es muy variable y en el cuadro anterior se puede observar que se halla concentrado en el periodo lluvioso con el 62.9%.

La duración del periodo seco es de 6 meses y alcanza al 26.7% de la precipitación.

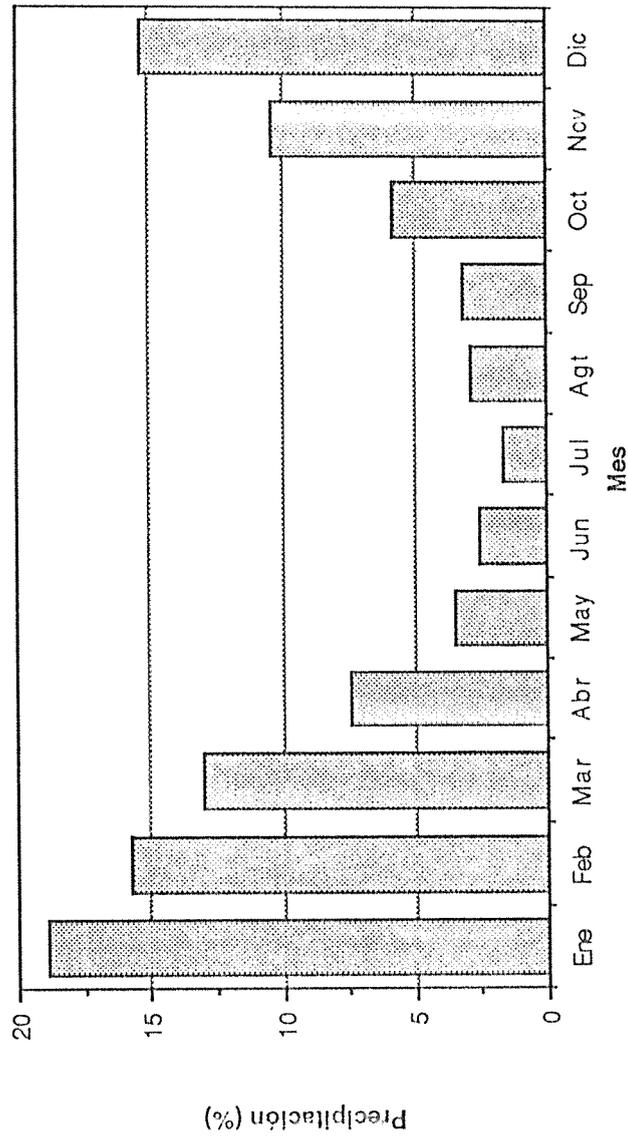


Figura 3.- Distribución de las precipitaciones mensuales, para la cuenca del río Ciénega, en porcentaje del total anual.

Corresponde al periodo de transición el 17.8 % de la precipitación.

4.1.1.7 Caudales

4.1.1.7.1 Métodos para la estimación de los escurrimientos

En el área del proyecto no se dispone de información fluviométrica, lo que no permite efectuar ningún tipo de contraste o comprobación de los escurrimientos estimados por los diferentes métodos.

En base a la información pluviométrica de la cuenca, calculado por el método de las isoyetas para cada mes, fue posible aplicar los métodos que a continuación mencionamos.

a) Becerril - cuya ecuación general es la siguiente:

$$A = \beta \bar{P}^{3/2}$$

Donde: A = Aportación específica mm

\bar{P} = Precipitación media de la cuenca mm

β = coeficiente que para la condición de la humedad de la región, por los índices de Gasparin y de Blair puede variar de 0.010 a 0.012.

b) Heras - Cuya ecuación general es la siguiente:

$$A = S^{\epsilon} P^{\beta} (Y I_c + \partial I_p)^* 10^{-3}$$

Esta metodología fue propuesta para estimar el

escurrimiento en cuencas donde no se cuenta con información hidrométrica, aplicando coeficientes a ciertas características como el índice de compacidad (Ic), índice de pendiente (Ip), Área de la cuenca (S) y la precipitación promedio de la cuenca (P).

Los coeficientes utilizados para la cuenca del río Ciénega fueron los siguientes:

$$\begin{aligned} \mathcal{L} &= 0.90 \\ \Upsilon &= 0.40 \\ \partial &= 0.90 \\ \beta &= \text{variable por mes} \end{aligned}$$

c) La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos de México (SARH), para el cálculo de escurrimiento en cuencas pequeñas sin información hidrométrica, propone una ecuación tomando en cuenta coeficientes que se basan en el área de la cuenca, precipitación promedio y vegetación; esta ecuación en su forma general, es la siguiente:

$$E = P_m * A * C$$

Donde:

$$\begin{aligned} E &= \text{Eskurrimiento} \\ A &= \text{Área de la cuenca} \\ C &= \text{Coeficiente de escurrimiento} \\ P_m &= \text{Precipitación promedio} \end{aligned}$$

4.1.1.7.2 Caudales medios mensuales

Los caudales medios mensuales (m^3/seg) para la cuenca del río Ciénega hasta el límite territorial de la provincia de Vallegrande se presentan en el Cuadro 14

En el Cuadro 14, se muestran los escurrimientos medios mensuales en m^3/seg por los tres métodos señalados y se adopta como el más adecuado por las observaciones realizadas, el de Heras con el coeficiente β para la precipitación en forma variable para cada mes.

Sin embargo, estos resultados son preliminares y deben ser verificados, corregidos y ajustados, con aforos directos en diferentes épocas del año y para un periodo que sea significativo.

Con la metodología adoptada, los escurrimientos mensuales y el total anual para la cuenca del río Ciénega se muestran en el Cuadro 15.

CUADRO 14

CUENCA DEL RIO CIENEGA

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³ /seg)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
METODO SARH												
C	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110
Q (m ³ /seg)	3.035	2.786	2.092	1.227	0.557	0.410	0.259	0.457	0.510	0.935	1.782	2.451
METODO HERAS												
β	0.700	0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.200	0.300	0.300	0.400	0.500	0.600
Q (m ³ /seg)	2.15	1.32	0.68	0.36	0.19	0.13	0.12	0.18	0.19	0.32	0.63	1.17
METODO BECERRIL												
β	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Q (m ³ /seg)	3.015	2.520	1.725	0.762	0.237	0.147	0.075	0.176	0.204	0.516	1.275	2.187

Cuadro 15Esgurrimiento mensual y anual (m3) * 10⁶

Mes	Esgurrimiento mensual	Esgurrimiento acumulado	Esgurrimiento Total Anual
Enero	5,76	5,76	
Febrero	3,19	8,95	
Marzo	1,82	10,77	
Abril	0,93	11,70	
Mayo	0,51	12,21	
Junio	0,34	12,55	
Julio	0,32	12,87	
Agosto	0,48	13,35	
Septiembre	0,49	13,84	
Octubre	0,86	14,70	
Noviembre	1,63	16,33	
Diciembre	3,13	19,46	
			19,46

El volumen de esgurrimiento anual estimado alcanza 19.460.000 m³.

Los esgurrimientos mensuales y el acumulado para la cuenca del río Cienega, en forma gráfica se presentan en las figuras 4 y 5.

4.1.1.7.3 Variación mensual y estacional de esgurrimientos

La distribución de los esgurrimientos para los diferentes meses del año se muestran en el Cuadro 16.

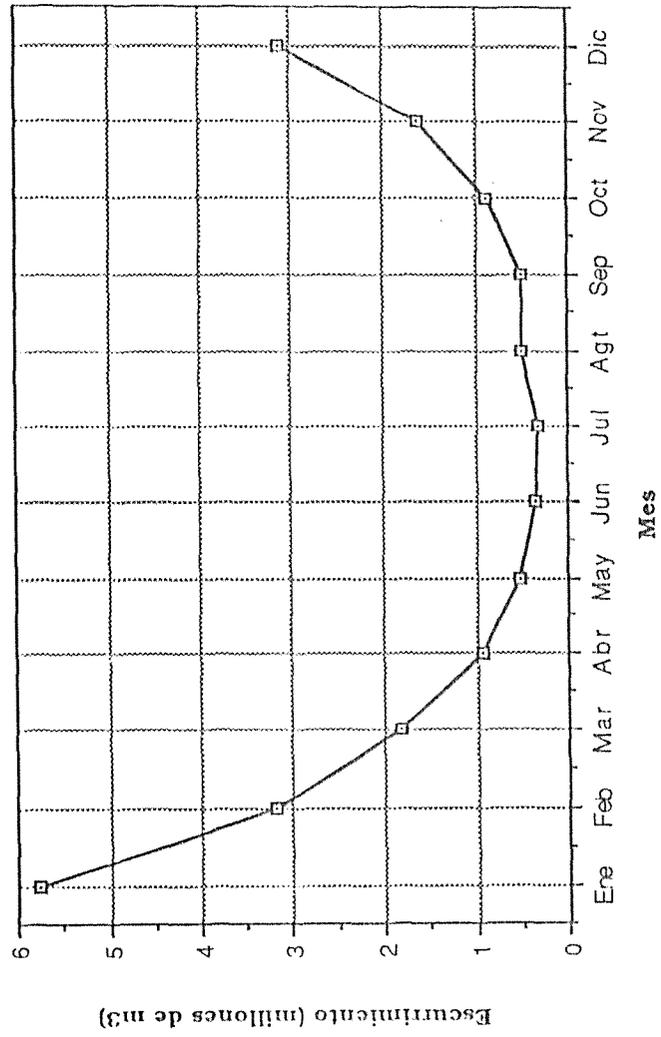


Figura 4.- Escurrencios mensuales de la cuenca del rio Ciénega

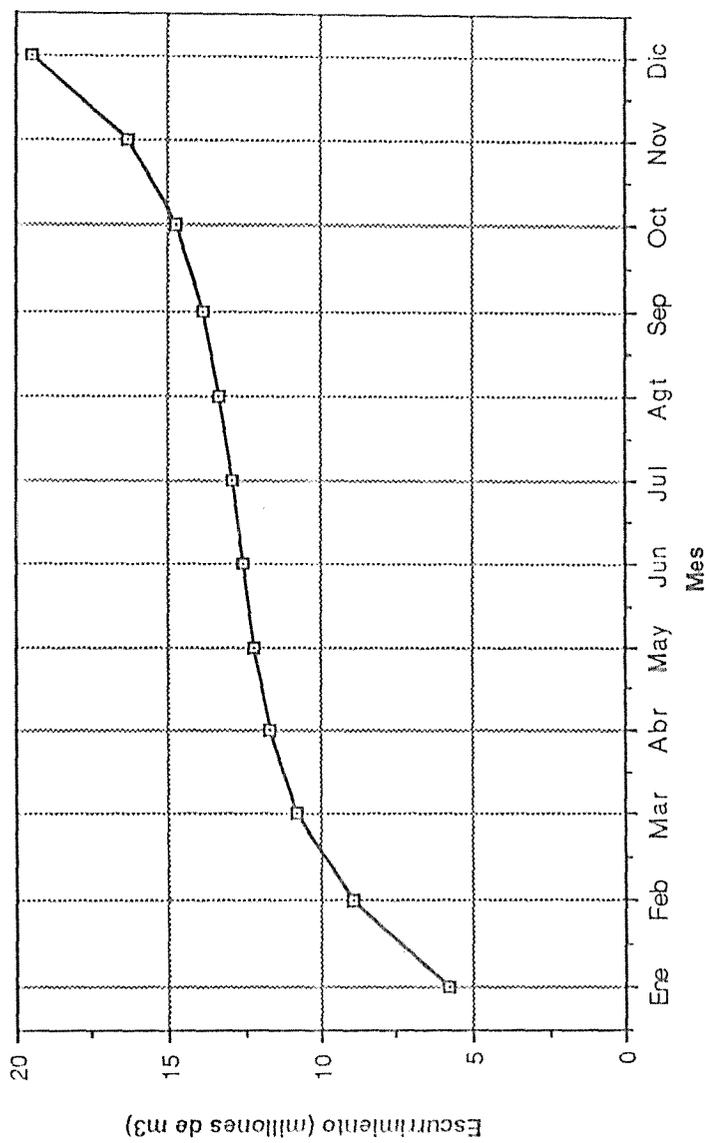


Figura 5.- Escorrimento mensual acumulado para la Cuenca del río Ciénega

Cuadro 16

Escurrecimientos mensuales de la cuenca del río Ciénega
en porciento del total anual

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
29.6	16.4	9.4	4.8	2.6	1.7	1.6	2.5	2.5	4.4	8.4	16.1

Del cuadro anterior podemos señalar que el régimen de escurrecimientos no es uniforme y se halla concentrado en los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.

El periodo de estiaje que comprende los meses de Mayo a Octubre, y a la transición entre el periodo seco y lluvioso los meses de Abril y Noviembre.

La distribución anual del escurrecimiento de la cuenca del río Ciénega, se presenta en la Figura 6.

Cuadro 17

Distribución estacional de los escurrecimientos
en la cuenca del río Ciénega

Periodo Lluvioso	Periodo de estiaje	Periodo de transición
71.5	15.3	13.2

Se puede deducir del cuadro anterior lo siguiente:

a) Al periodo lluvioso corresponden los meses de Diciembre a Marzo con el 71.5 % del escurrecimiento del total anual.

b) El periodo de estiaje que comprende los meses de Mayo a Octubre con el 15.3% del escurrecimiento total anual.

- c) El periodo de transición entre el periodo seco y lluvioso con el 13.2% del escurrimiento total anual.

4.1.1.8 Crecidas

La formación de crecidas es un fenómeno hidrológico muy complejo y entre sus variables, la extensión de la cuenca receptora es una de las causas principales, existiendo por lo tanto una cierta correlación entre el área de la cuenca y la máxima crecida.

4.1.1.8.1 Métodos de estimación de crecidas

La falta general de datos y la necesidad de conjugar diferentes variables hacen que el problema sea complejo, por lo cual se utilizan ciertos métodos:

- a) Métodos directos
- b) Métodos empíricos
- c) Métodos estadísticos
- d) Métodos hidrométricos
- e) Correlación hidrológica

a) Métodos empíricos

Existe una gran variedad de fórmulas empíricas para determinar los caudales máximos de crecidas, algunas de sencilla aplicación y que pueden ser de gran utilidad para estudios preliminares.

A continuación se resumen una serie de fórmulas seleccionadas, la mayor parte de ellos dá el caudal máximo en función de la superficie de la cuenca en Km^2 , y otras en las que intervienen otros parámetros hidrológicos.

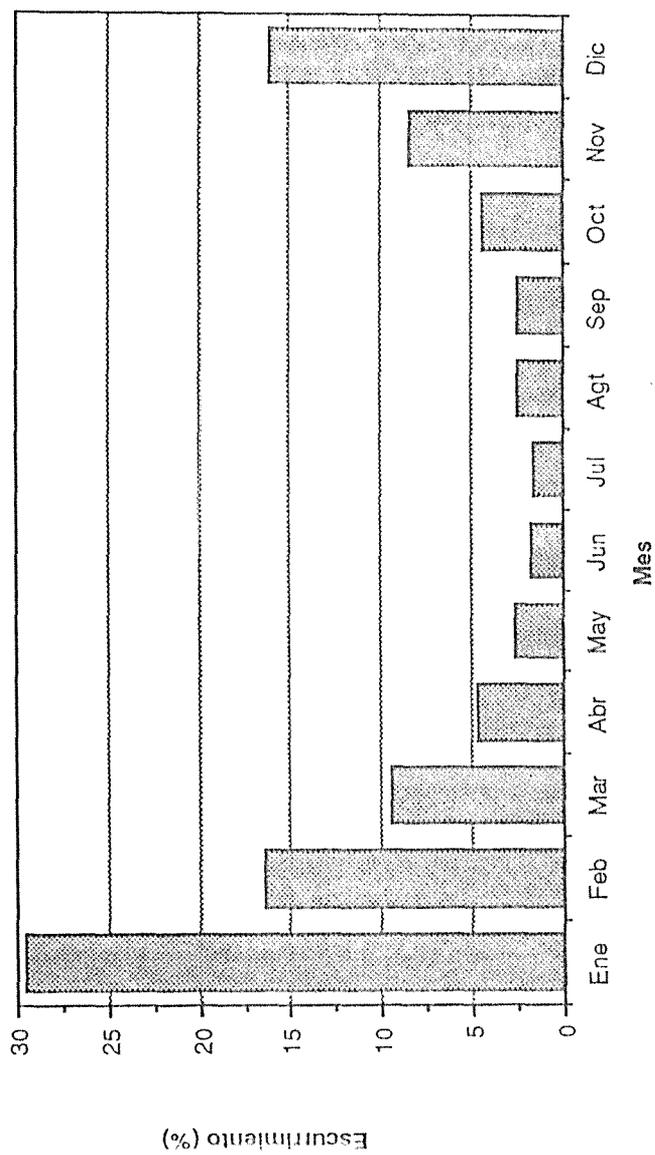


Figura 6.- Escorrentamientos mensuales de la cuenca del río Ciénega en porcentaje del total anual

Santi

$$Q(\text{m}^3/\text{seg}) = C * S^{1/2} \quad S < 1000 \text{ Km}^2$$

$$Q(\text{m}^3/\text{seg}) = C * S^{2/3} \quad S > 1000 \text{ Km}^2$$

C = Coeficiente variable según T

33 T = 100 años retorno

50 T = 500 años retorno

66 T = 1000 años retorno

Greager

$$Q(\text{m}^3/\text{seg}) = 0.55 C S^{-0.05}$$

$$C = 30$$

Fanning

$$Q(\text{m}^3/\text{seg}) = 2.5 * S^{5/6}$$

Dickens

$$Q(\text{m}^3/\text{seg}) = 6.9 * S^{3/4}$$

G. Quijano

$$Q(\text{m}^3/\text{seg}) = 17 * S^{2/3}$$

Kuickling

$$Q(\text{m}^3/\text{seg}) = \left(\frac{3596}{S+958} + 0.08 \right) S \quad \text{Extraordinarias}$$

$$Q(\text{m}^3/\text{seg}) = \left(\frac{1246}{S+440} + 0.22 \right) S \quad \text{Ordinarias}$$

Gutmann

$$Q(\text{m}^3/\text{seg}) = \frac{2832}{96+S} S$$

Heras

$$Q(\text{m}^3/\text{seg}) = K \cdot S$$

$0.80 \leq K \leq 5.0$	$25 < S \leq 100 \text{ Km}^2$
$0.60 \leq K \leq 3.50$	$100 < S \leq 500 \text{ Km}^2$
$0.40 \leq K \leq 3.00$	$500 < S \leq 1000 \text{ Km}^2$
$0.20 \leq K \leq 1.70$	$1000 < S \leq 10000 \text{ Km}^2$
$0.10 \leq K \leq 1.00$	$S > 10000 \text{ Km}^2$

Método de la curva número (SCS-USD)

$$Q_p = \frac{2.1 * \Lambda * E}{D/2 + tr}$$

Donde :

- Q_p = Caudal pico en m^3/seg
- E = Escorrentía en mm.
- Λ = Area de la cuenca en ha.

D = Duración de la lluvia de diseño (horas)
 tr = tiempo de retardo (horas)

Con los métodos señalados se calculó la crecida extraordinaria para la cuenca del río Ciénega, cuyos resultados son los siguientes:

Método	Caudal de crecida (m ³ /seg)
Santi	= 821.0
Greager	= 11.9
Fanning	= 518.8
Dickens	= 856.3
Quijano	= 1237.4
Kuickling	= 1461.0
Gutmann	= 2451.7
Heras	= 1857.0

Para el cálculo de la crecida extraordinaria de la cuenca del río Ciénega por el método CN(SCS-USDA), se consideró la condición hidrológica regular entre 50-75% de cobertura; la humedad antecedente III; el número de curva CN-76 y corregida CN-89, y la curva de probabilidad pluviométrica para la sub-zona II D, información obtenida de "DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MAXIMA DIARIA EN BOLIVIA" (MAPA 2-A) y del informe de CONNAL, para el proyecto ferroviario Cochabamba-Santa Cruz, que ajustó la curva para la zona de Trigal, en base a los datos de las estaciones pluviométricas de las localidades de : Vallegrande, Quirusillas, Samaipata, Trigal, Comarapa, Mataral, Mairana, Saipina, Siberia, San Juan del Potrero, Pucará.

La ecuación de probabilidad pluviométrica utilizada

fue la siguiente:

$$c_t = 13.32 t^{0.308}$$

$$h_t, T = c_t (1 + 0.5224 \log T)$$

donde:

h_t, T = Precipitación máxima correspondiente a un tiempo y a un periodo de retorno T .

t = Tiempo

c_t = Valor de precipitación media correspondiente a un determinado tiempo t .

c_t = Característica de la distribución de dispersión de la zona.

T = Tiempo de retorno en la cual se produce por lo menos una vez la precipitación.

La representación de los valores h_t, T del tiempo t , se denomina "Curva de probabilidad pluviométrica"

Los resultados con el método de la CN (SCS-USDA), fueron los siguientes:

	Periodo de retorno en años			
	10	25	50	100
$Q = (m^3/seg)$	149.6	179.8	206.6	231.7

De los resultados obtenidos, con los diferentes métodos, se adoptó el correspondiente al CN (SCS-USDA), porque intervienen otros parámetros

hidrológicos, cuyos valores estimados parecen ser más aproximados a las condiciones de la cuenca.

4.1.2 Sub cuenca del río Tembladeras (San Blas)

4.1.2.1 Características de la cuenca

La cuenca del río Tembladeras, es disectada por varios ríos y quebradas, con una topografía ondulada a suavemente escarpada en algunos lugares, con pendientes que varían del 3%, 12% y hasta el 35%.

La cuenca de río Tembladeras, pasando los límites provinciales de Vallegrande, se halla ubicada entre las coordenadas geográficas de latitud Sud 18° 09' 13" a 18° 33' 00" y longitud Oeste 63° 56' 20" a 64° 10' 27".

La dirección del curso principal del río es de Sud a Norte, con variaciones sectoriales de dirección por los numerosos meandros que forma y por los tributarios importantes que recibe. Inicialmente el río toma el nombre de San Blas, para denominarse río Tembladeras después de la confluencia con el río El Membrillo. Sus nacientes se encuentran en las alturas del cerro Chapitas al Sur y la Serranía Lampazar al Este; Cerro Alto Grande y Cerro Alto Chiquitos al Oeste, a la elevación de 2538 metros sobre el nivel del mar.

Sus afluentes importantes en la margen derecha son:

- Quebrada Tinoco
- Río Palacios
- Río El Membrillo
- Quebrada del Palmar
- Quebrada El Ojo
- Quebrada Aguardiente
- Quebrada Cuñuri
- Quebrada Montero
- Quebrada Vilcas

Sus afluentes en la margen izquierda son:

Quebradas las Miskas
 Quebradas Panteón
 Quebrada Guandore
 Río La Capilla
 Quebrada Pajonal
 Quebrada Liwi Liwi
 Río Sajtana

El río Tembladeras después de la junta con el río Mataral toma este nombre.

4.1.2.2 Morfometría e índices característicos

El área de drenaje de la cuenca del río Tembladeras, hasta el límite provincial, medido sobre las cartas nacionales del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) a escala 1: 50000 es de 487 Km². (Mapa 16).

La longitud del curso principal del río es de 58.8 Km; con una pendiente media del 2.0%; la altitud media aproximada de la cuenca es de 1944 metros sobre el nivel del mar, con una cota superior de 2538 m y una cota inferior de 1350 m.

El índice de compacidad conocido como de Gravelius es de 1.27, calculado con la ecuación:

$$I_c = 0.28 (P/\sqrt{S})$$

El factor de forma calculada para la cuenca es de 7.10, valor obtenido en base al área de la cuenca, longitud del curso principal del río.

El índice de pendiente para la cuenca es de $I_p = 0,020$, este valor fue calculado con la siguiente ecuación:

$$I_p = (H_{\max} - H_{\min}) / (1000 L_r)$$

En valor porcentual corresponde al 2.0%, que significa una cuenca con el curso principal del río en terreno relativamente llano.

El alejamiento medio del río tiene un valor de 2.66; este coeficiente relaciona la longitud del curso principal del río, con el área de la cuenca.

4.1.2.3 Suelos y vegetación

La cuenca del río Tembladeras dentro de la clasificación de zonas de vida corresponde a bosque seco templado (bs-Te) donde el bioclima de alguna manera se distingue por presentar temperaturas bajas o escarchas, donde las biotemperaturas medias anuales son de 24°C en los niveles inferiores bajando hasta casi 12°C.

Los suelos son variables y esta variabilidad está de acuerdo a la posición fisiográfica dentro de la formación.

Entre las principales características podemos indicar las siguientes: textura liviana, mediana y pesada; con pendientes planas, casi plana y fuertemente ondulada; la profundidad de estos suelos también varían desde superficiales, moderadamente profundos a profundos; con reacción fluctuante entre ligeramente ácido, neutro, ligeramente alcalino, moderadamente alcalino con bajo contenido de elementos mayores como el N, P, K y de características físicas moderadas. Información tomada de referencia Bibliográfica 20.

La cobertura vegetal de estos suelos abarca a bosque bajo con alternancia de pasturas naturales y entre las especies que han llegado a identificarse, tenemos los siguientes:

Nombre común	Nombre científico
Algarrobo	<i>Prosopis juliflora</i>
Ceibo	<i>Erythrina sp.</i>
Chacatea	<i>Dodonaea viscosa</i>
Chirimolle	<i>Zanthoxylum coco</i>
Jacarandá	<i>Jacarandá sp.</i>
Lanza Lanza	<i>Prosopis kuntzei</i>
Molle	<i>Shinus molle</i>
Quiñe	<i>Acacia marchrantha</i>
Carahuata	<i>Bromelia serra</i>
Kayara	<i>Puya sp</i>
Ulala	<i>Cereus sp</i>
Khiska luru	sp
Quina Quina	<i>Myroxilon sp.</i>
Sahuinto	<i>Aulomyrcia sp.</i>
Maranguay	sp
Thola	<i>Lepidophyllum quadrangulare</i>
Tajibo	<i>Tabebuia lpe</i>

4.1.2.1 Clima

La precipitación promedio anual para la cuenca alcanza a 796.3 mm con lluvias acentuadas en los meses de Noviembre a Marzo. Por los índices de clasificación climática la cuenca del río Tembladeras, para Blair es subhúmedo, bajo la consideración del promedio total anual de precipitación.

Las temperaturas pueden ser similares a las de la cuenca del río Cienega, con fuertes fríos del Sud Este o surasos, y con presencia de heladas durante los meses de Mayo a Julio.

Según las isotermas elaboradas por la sección de Recursos Naturales de la Corporación Regional de Desarrollo de Santa

Según las isotermas elaboradas por la sección de Recursos Naturales de la Corporación Regional de Desarrollo de Santa Cruz, la temperatura promedio anual es de 18,5° C para la cuenca del río Tembladeras.

4.1.2.5 Precipitación

4.1.2.5.2 Precipitación Media

En la cuenca del río Tembladeras, no se cuenta con ninguna estación meteorológica; por lo que fue necesario la confección de las respectivas isoyetas de promedios mensuales y el anual con el apoyo de Estaciones Pluviométricas de cuencas vecinas, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 18.

Cuadro 18

Precipitación media mensual de la cuenca
del río Tembladeras (mm)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DI C	T anual
184.3	114.5	102.1	48.0	34.9	19.8	13.7	24.4	23.4	40.6	81.4	109.2	796.3

El periodo lluvioso corresponde a los meses de Diciembre a Marzo, como se puede observar en forma gráfica en la Figura 7.

4.1.2.5.2 Variación Mensual y Estacional de la Precipitación

La distribución media de las precipitaciones mensuales para la cuenca del río Tembladeras, se muestra en el Cuadro 19.

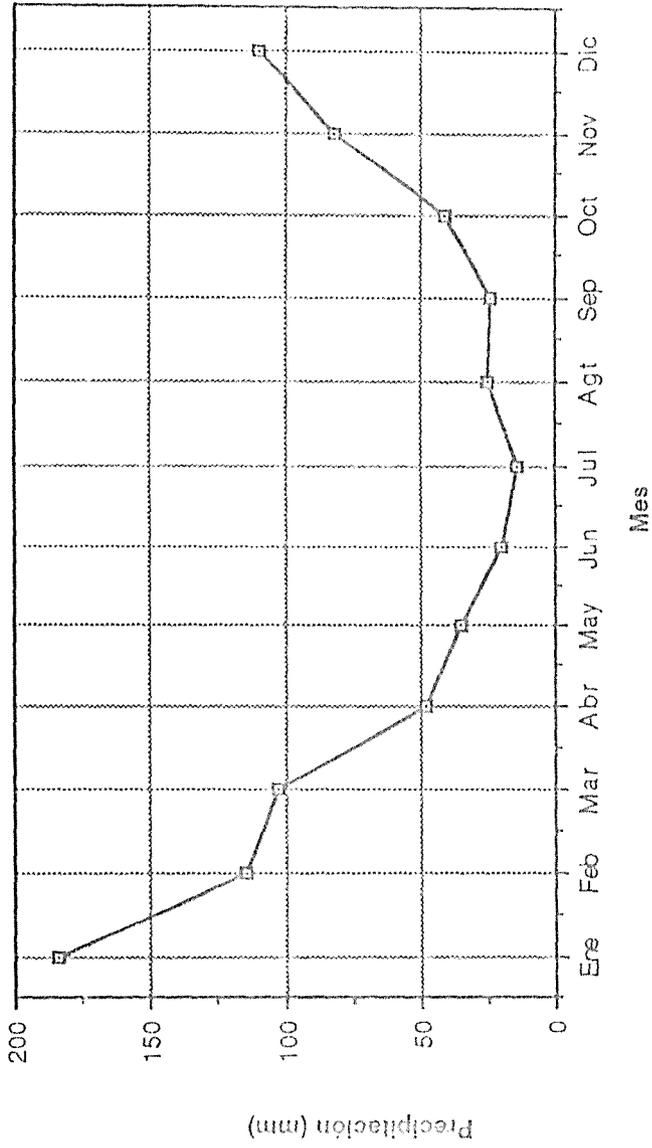


Figura 7.- Precipitación media mensual de la Cuenca del río Tembladeras (San Blas)

Cuadro 19

Precipitación media mensual de la cuenca
del río Tembladeras en porciento del total anual

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
23.2	14.4	12.8	6.0	4.4	2.5	1.7	3.1	2.9	5.1	10.2	13.7

Del Cuadro 19 se deduce lo siguiente:

a) Los meses con régimen lluvioso significativo son: Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.

b) El periodo seco podría considerarse a partir del mes de Mayo a Septiembre.

c) Los meses de Abril y Octubre se pueden considerar los de transición entre el periodo seco y lluvioso.

Esta distribución, en forma gráfica se presenta en la Figura 8.

Cuadro 20

Distribución estacional de las precipitaciones
Cuenca del río Tembladeras

Periodo Lluvioso	Periodo Seco	Periodo de Transición
74.3	14.6	11.1

La distribución del régimen lluvioso durante el año

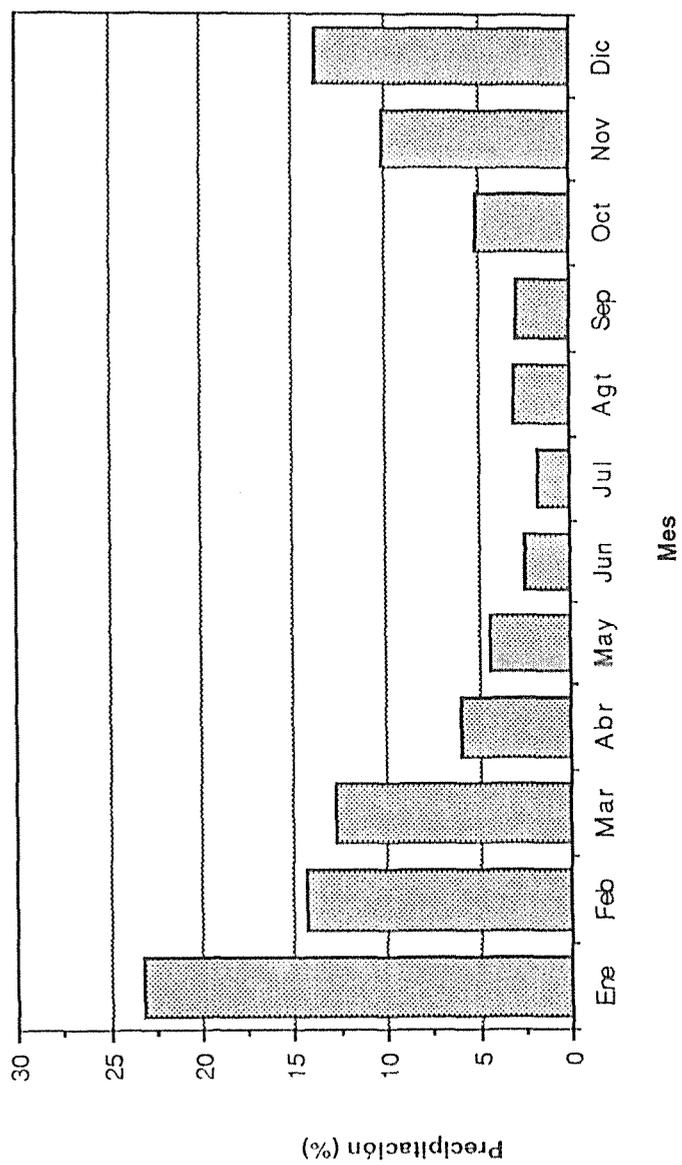


Figura 8.- Distribución de las precipitaciones mensuales para la Cuenca del río Tembladeras, en porcentaje del total anual.

es muy variable y en el Cuadro 20, se puede observar que, el 74.3 % de la precipitación corresponde al periodo lluvioso; el 14.6% de la precipitación ocurre en el periodo seco y finalmente, en el periodo de transición se tiene el 11.1% de lluvias.

4.1.2.6 Caudales

4.1.2.6.1 Métodos para la estimación de los escurrimientos

La cuenca en estudio no dispone de información hidrométrica, tampoco de la pluviométrica, lo que no permite efectuar un estudio mas detallado basado en datos observados.

La falta de información pluviométrica, fué superada con la confección de las respectivas isoyetas, con promedios mensuales y anuales, aprovechando la información de estaciones pluviométricas, de cuencas vecinas.

Para el análisis de los volúmenes de escurrimientos mensuales y los caudales medios mensuales, se recurrió, a métodos empíricos que a través de la aplicación de coeficientes para la cuenca, permiten estimar esta información.

Los métodos utilizados para el análisis de caudales de la cuenca del río Tembladeras, fueron los siguientes:

a) Becerril - Cuya ecuación en su forma general es la siguiente:

$$A = \beta \bar{P}^{3/2}$$

El coeficiente β , para la condición de humedad de la región según los índices de Gasparin y de Blair pueden variar de 0.010 - 0.012.

b) Heras - propone para cuencas sin información hidrométrica la siguiente ecuación general.

$$A = S^{\xi} P^{\beta} (\Upsilon I_c + \vartheta I_p) * 10^{-3}$$

Para la cuenca del río Tembladeras, los coeficientes que se aplicaron a los índices representativos, al área y la precipitación, fueron los siguientes:

$$\xi = 0.90$$

$$\Upsilon = 0.40$$

$$\vartheta = 0.90$$

$$\beta = \text{variable para cada mes}$$

c) La secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos de México (SARH), para el cálculo de escurrimientos en cuencas pequeñas y sin información hidrométrica, propone, una ecuación basada en un coeficiente de escurrimiento, que puede ser variable durante los meses del año, en función del área de la cuenca, vegetación y el régimen de precipitación promedio, cuya ecuación general, es la siguiente:

$$E = P_m * A * C$$

CUADRO 21

CUENCA DEL RIO TEMBLADERAS (SAN BLAS)

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³/seg)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
METODO SARH												
C	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110
Q (m ³ /seg)	3.686	2.535	2.042	0.992	0.698	0.409	0.274	0.488	0.484	0.812	1.682	2.184
METODO HERAS												
ß	0.700	0.700	0.700	0.600	0.600	0.500	0.500	0.500	0.500	0.600	0.600	0.700
Q (m ³ /seg)	1.98	1.57	1.31	0.54	0.43	0.24	0.19	0.25	0.26	0.47	0.74	1.38
METODO BECERRIL												
ß	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Q (m ³ /seg)	4.549	2.466	1.876	0.625	0.375	0.165	0.092	0.219	0.213	0.470	1.380	2.075

4.1.2.6.2 Caudales medios mensuales

Los caudales medios mensuales (m^3/seg), para la cuenca del río Tembladeras, hasta el límite territorial de la provincia de Vallegrande, estimados por los diferentes métodos se presentan en el Cuadro 21.

De los resultados del Cuadro 21, donde se muestran los escurrimientos medios mensuales por los 3 métodos propuestos, se adoptó el de Heras, con el Coeficiente β para la precipitación mensual variable para cada mes, sin embargo se debe poner de relieve que los resultados obtenidos deben ser verificados y corregidos con mediciones hidrométricas, para diferentes épocas del año y para un periodo realmente significativo

Con la metodología adoptada, los escurrimientos totales mensuales y el total anual se muestra en el Cuadro 22.

Cuadro 22

Escurrimiento mensual y anual (m^3) * 10^6

Mes	Escurrimiento mensual m^3	Escurrimiento acumulado m^3	Escurrimiento Total Anual m^3
Enero	5,30	5,30	
Febrero	3,80	9,10	
Marzo	3,51	12,61	
Abril	1,40	14,01	
Mayo	1,15	15,16	
Junio	0,62	15,78	
Julio	0,51	16,29	
Agosto	0,67	16,96	
Septiembre	0,67	17,63	

Octubre	1,26	18,89
Noviembre	1,92	20,81
Diciembre	3,70	24,51

24,51

Los resultados del Cuadro 22, en forma gráfica, se muestran en las Figuras 9 y 10.

4.1.2.6.3 Variación mensual y estacional de escurrimientos

La distribución de los escurrimientos en los diferentes meses del año se muestra en el Cuadro 23.

Cuadro 23

Escurrecimientos medios mensuales de la cuenca del río Tembladeras en porciento del total anual

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
21.6	15.5	14.3	5.7	4.7	2.5	2.1	2.7	2.8	5.2	7.8	15.1

Del Cuadro 23, podemos señalar que, el escurrimiento no es uniforme y se halla concentrado en los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.

El periodo de estiaje comprende los meses de Mayo a Octubre, y el periodo de transición entre el lluvioso y el de estiaje, corresponde a los meses de Abril y Noviembre.

En forma gráfica, esta distribución se presenta en la Figura 11.

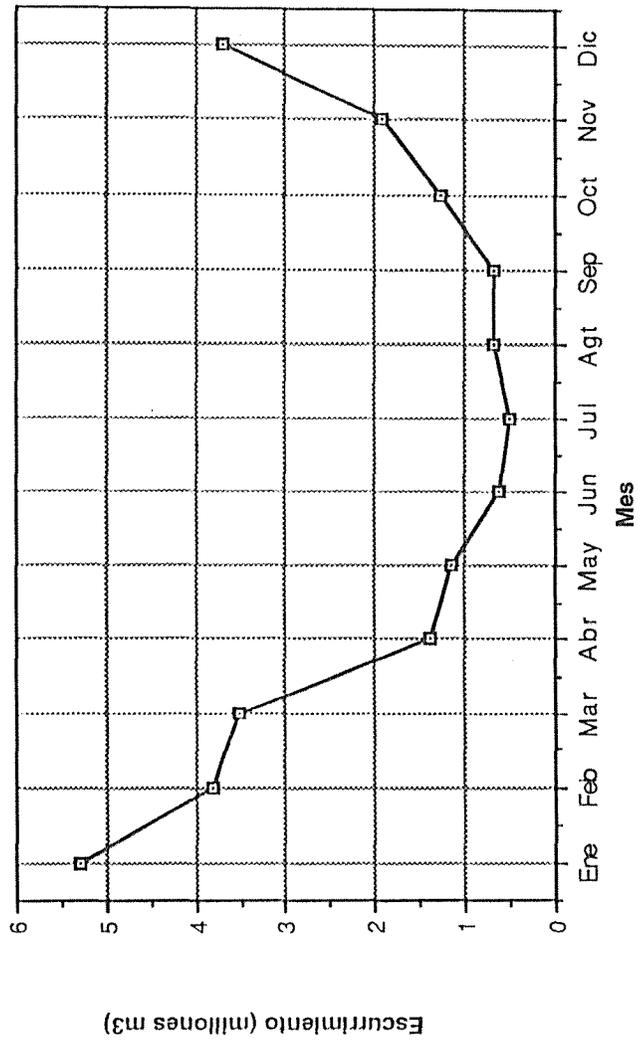


Figura 9.- Ecurrimientos mensuales de la cuenca del rio Tembladeras (San Blas)

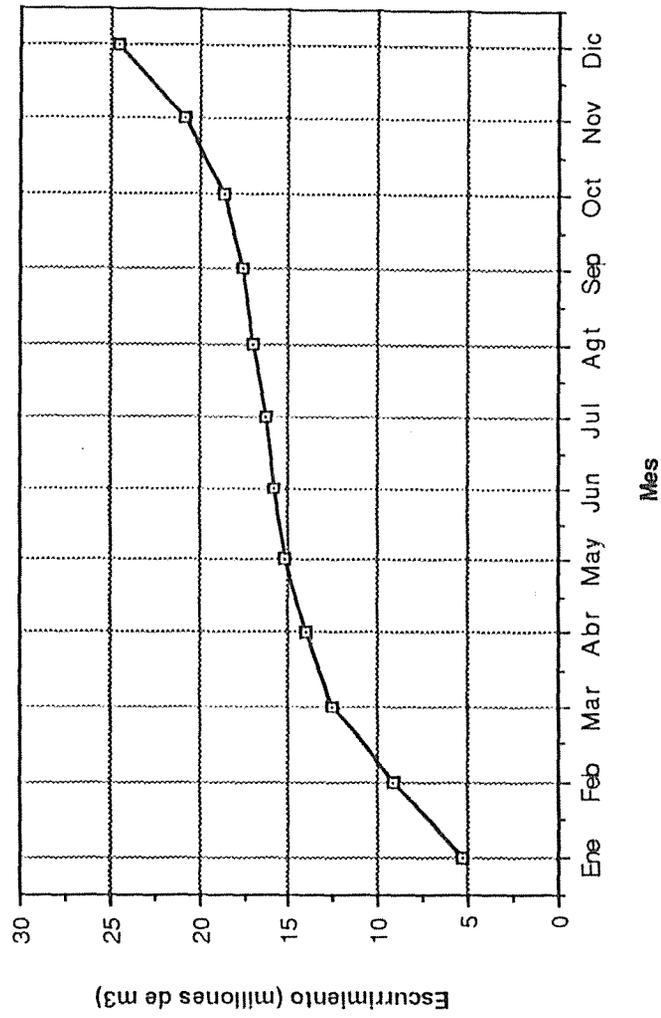


Figura 10.- Escurrencios mensuales acumulados para la Cuenca del río Tembladeras (San Blas)

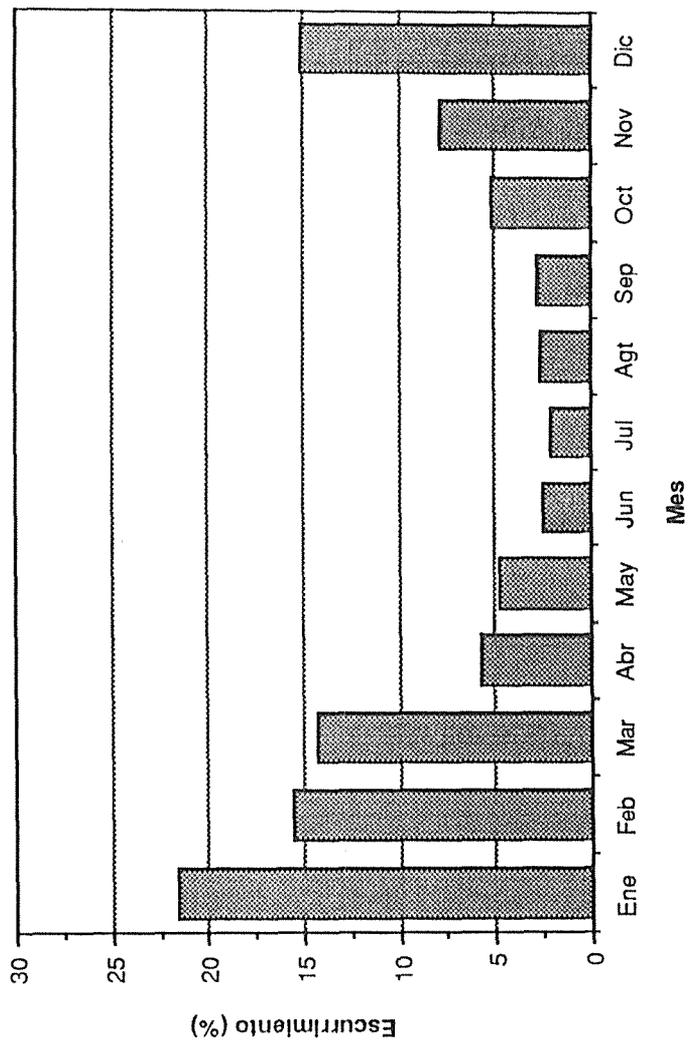


Figura 11.- Esguerrimientos mensuales de la Cuenca del río Tembladeras en porcentaje del total anual

Cuadro 24

Distribución estacional de los Escurrimientos
Cuenca del río Tembladeras

Periodo Lluvioso	Periodo de estiaje	Periodo de transición
66.5	20	13.5

Se puede deducir del Cuadro 24, los siguiente:

- a) El periodo lluvioso corresponde a los meses de Diciembre a Marzo con el 66.4% del escurrimiento total anual.
- b) El periodo de estiaje comprende los meses de Mayo a Octubre con el 20% del escurrimiento total anual.
- c) El periodo de transición entre el periodo de estiaje y lluvioso con el 13.6% del escurrimiento total anual.

4.1.2.7 Crecidas

Este fenómeno hidrológico para la cuenca del río Tembladeras, fue estimado por una serie de formulas empíricas seleccionadas (citado en 4.1.1.8.1), la mayor parte de estas ecuaciones dan el caudal máximo en función de la superficie de la cuenca, y en otros métodos intervienen otros parámetros hidrológicos. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Método	Caudal de crecida (m ³ /seg)
Santi	Q = 782.2
Greager	Q = 12.1
Fanning	Q = 425.2
Dickens	Q = 715.3
Quijano	Q = 1054.5
Kutckling	Q = 1250.9
Gutmann	Q = 2365.7
Heras	Q = 1704.5

Para el cálculo de la crecida extraordinaria de la cuenca del río Tembladeras, por el método CN(SCS-USDA), se consideró la condición hidrológica regular entre 50-75 % de cobertura, con moderado potencial de escurrimiento, la humedad antecedente III, el número de curva CN-76 y corregido CN-89, la curva de probabilidades pluviométrica para la sub-zona II D, información obtenida de la "DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MAXIMA DIARIA EN BOLIVIA" (MAPA 2-A), y el informe de CONNAL para el proyecto ferroviario Cochabamba-Santa Cruz, donde se ajustó la curva para la zona del Trigal en base a los datos de las estaciones pluviométricas de las localidades de: Vallegrande, Quirusillas, Samaipata, Trigal, Comarapa, Matrana, Saipina, Siberia, San Juan del Potrero, Pucará.

La ecuación de la curva de probabilidad pluviométrica utilizada fue la siguiente:

$$et = 13.32 t^{0.308}$$

$$ht, T = et (1 + 0.5224 - \text{Log } T)$$

(La nomenclatura fue desarrollada en 4.1.1.8.1.a)

La representación de los valores ht, T del tiempo t, se denomina "Curva de probabilidad pluviométrica". Los

resultados obtenidos con el método del CN (SCS-USDA) fueron los siguientes:

	Periodo de retorno en años			
	10	25	50	100
$Q = m^3/seg$	127.6	158.9	174.9	199.3

De los resultados obtenidos con los diferentes métodos, se adoptó el correspondiente al CN (SCS-USDA), porque intervienen otros parámetros hidrológicos y parecen ser más aproximados a las condiciones de la cuenca.

4.2 Cuenca del río Grande

La cuenca del río Grande, está altamente regionalizada a causa del terreno escabroso y las numerosas sub cuencas, valles y lomas, por lo que es común que una estación registre precipitación copiosa, mientras en el mismo día otra estación a pocos kilómetros de distancia registra escasa precipitación.

La cuenca de drenaje del río Grande, se origina cerca de Cochabamba, desde los flancos orientales de la cordillera de los Andes, donde la elevación varía desde 3500 a 4500 metros sobre el nivel del mar y desciende muy rápidamente por terreno escabroso, fuertemente disectado, y cerca de Abapó a unos 700 km. de su fuente, entra en el Chaco a una elevación de alrededor de 400 metros. El río Grande drena alrededor de 59000 km².

En sus nacientes recibe el nombre de río Rocha, y después de la confluencia con el río Arque, se denomina río Caine hasta la confluencia con el río Chayanta, de donde recién toma el nombre de río Grande.

4.2.1 Sub cuenca del río Santa Rosa

4.2.1.1 Características de la cuenca

La cuenca del río Santa Rosa, se halla disectada por varios ríos y quebradas, con una topografía ondulada a suavemente escarpada, con pendientes que varían del 3% al 16% y hasta el 40%.

La cuenca del río Santa Rosa, hasta los límites provinciales de Vallegrande, se halla ubicada entre las coordenadas geográficas de latitud Sud. 18° 20' 00" a 18° 42' 46" y longitud Oeste. 64° 06' 50" a 64° 22' 11"

La dirección del curso principal del río es de Sud a Norte hasta la confluencia con el río Pajcha para tomar finalmente la dirección Sud Oeste, con variaciones sectoriales de dirección, por los numerosos meandros que forma y por los tributarios importantes que recibe.

Sus nacientes se encuentran, en las alturas del cerro Eslabones, a la elevación de 2.700 metros sobre el nivel del mar, al Oeste los cerros Tunal y Corneado, al Este el cerro Chaqui Orkho.

Sus afluentes más importantes en la margen izquierda son:

Quebrada Potrerillo
Quebrada Arenales
Quebrada Las Ingas
Quebrada Agua Blanca

En la margen derecha sus afluentes son:

Quebrada Salsipuedes Chico
Quebrada Salsipuedes Grande

Río Paredes
 Quebrada Rodríguez
 Quebrada Yerba Buena
 Quebrada Los Pozos
 Quebrada Saladillo
 Quebrada del Quemón
 Quebrada Agua Blanca
 Río Seco
 Río Agua Salada
 Quebrada Santa Rosa
 Río Pajcha

El tributario más importante del río Santa Rosa es el Pajcha, cuya dirección del curso principal es de Norte a Sur , con variaciones sectoriales de dirección por los meandros que forma y por los tributarios que también recibe.

Las nacientes del río Pajcha se encuentran en las alturas de la Abra de La Sortija, a la elevación de 2.700 metros sobre el nivel del mar y el cerro Chaupiloma al Oeste y el cerro Miceraya al Este.

Sus afluentes de importancia en la margen derecha son:

Quebrada Kuñuri
 Quebrada Potrillo
 Quebrada Laja

Sus afluentes en la margen izquierda son:

Quebrada Churo Sabuquito
 Quebrada Panteón
 Quebrada Honda
 Río N-N
 Quebrada Duraznillo
 Quebrada La Duna Seca

4.2.1.2 Morfometría e índices característicos

El área de drenaje de la cuenca del río Santa Rosa, hasta el límite provincial, y confluencia con el río Mizque sobre las cartas nacionales del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) a escala 1:50000 es de 487 km². (Mapa 17).

La longitud del curso principal del río es de 45.3 km; con una pendiente media del 3.2%; la altitud media aproximada de la cuenca, es de 1.870 metros sobre el nivel del mar, con una cota superior de 2.700 m. y una cota inferior de 1.040 m.

El índice de compacidad o de Gravelius, para la cuenca es de 1.66, calculado con la ecuación:

$$I_c = 0,28 (P/\sqrt{S})$$

El factor de forma, calculado para la cuenca es de 4.86, valor obtenido en base al área de la cuenca, y longitud del curso principal del río.

El índice de pendiente para la cuenca es de $I_p = 0.032$, valor calculado con la ecuación:

$$I_p = (H_{\max} - H_{\min}) / (1000 L_r)$$

La pendiente del río es de 3.20%, que corresponde a una cuenca con el curso principal del río en terreno suave.

El alejamiento medio del río tiene un valor de 2.20, éste valor nos proporciona un coeficiente que relaciona la longitud del curso principal del río con el área de la cuenca.

El área de la cuenca del río Pajcha, principal tributario del río Santa Rosa, medido sobre las cartas Nacionales del Instituto

Geográfico Militar (I.G.M.) a escala 1:50000 es de 128 km². (Mapa 17).

La longitud del curso principal del río Pajcha, es de 24 km; con una pendiente media de 3.33%, la altitud media aproximada de la cuenca es de 1.900 metros sobre el nivel del mar, con una cota superior de 2.700 metros y una cota inferior de 1.100 m.

El factor de forma calculado para la cuenca del río Pajcha es de 4.50, valor obtenido en base al área de la cuenca, y longitud del curso principal del río.

La pendiente es de 3.3%, que corresponde a una cuenca con terreno suave.

4.2.1.3 Suelos y vegetación

La cuenca del río Santa Rosa ecológicamente corresponde a bosque húmedo templado, caracterizado por los descensos bruscos de temperatura en época seca.

Los suelos de esta cuenca están de acuerdo a la ubicación dentro de la fisiografía identificada; con texturas livianas, medianas y pesadas; con topografía variada y pendientes diferentes que van desde el 3% hasta el 40%; la profundidad es también variable, presentando suelos superficiales, moderadamente profundos y profundos.

La reacción o pH de estos suelos fluctúan entre ligeramente ácido, suavemente ácido, y ligeramente alcalino; la fertilidad natural presenta deficiencias en elementos mayores como el NPK; y características físicas como la infiltración, percolación, y permeabilidad moderada.

La vegetación, varía desde una cobertura arbustiva hasta un monte cubierto con especies moderadamente alta con presencia de pasturas naturales. Información tomada de referencia bibliográfica 20.

Las especies vegetales identificadas en la cuenca son las siguientes:

Nombre común	Nombre científico
Nogal	<i>Junglans boliviana</i> Dod.
Madera	sp
Pino de Monte	<i>Podocarpus utilitar</i>
Pino Castillo	<i>Aspidosperma</i> sp
Soto	<i>Schinopsis</i> sp
Laurel	sp
Tajibo	<i>Tabebuia tpe</i>
Cuñure	<i>Erythrina flacata</i>
Amarillo	<i>Aspidosperma</i> sp
Sabuco	sp
Aliso	<i>Rappanea</i> sp
Ambalbo	<i>Cecropia</i> sp
Gargatea	<i>Carica quercitifolia</i>
China tabla	sp
Borracho	<i>Didymopanax morototoni</i>
Bandor	sp
Vena Vena	sp
Lapacho	<i>Tabebuia</i> sp
Blanca Flor	sp
Barrientos	sp
Ortega	sp

y otras especies no identificadas

Entre las especies arbustivas, podemos señalar las siguientes:

Thola	<i>Lepidphyllum quadrangulare</i>
Chilca	sp
Wira Wira	sp
Yareta	sp
Zarzamora	sp
Kirusilla	<i>Gunnera sp.</i>
Alcornoque	sp
Palco	sp
Duraznillo	<i>Weimannia sorbifolia</i>
Chillquilla	sp
Cebilla	sp
Guayabilla	<i>Psidium cuneatum</i>
Sunchu Khisca	sp
Romerillo	<i>Acanthosyris falcata</i>
Carqueja	sp

y otras especies no identificadas.

4.2.1.4 Clima

La precipitación promedio anual para la cuenca alcanza a 670.9 mm. con lluvias acentuadas en los meses de Noviembre-Marzo.

Las temperaturas para la cuenca se presenta con fuertes fríos del Sud Este o surasos, y con presencia de heladas en el periodo invernal. La temperatura promedio anual es de 17°C. , según las isotermas elaboradas por la sección de Recursos Naturales de la Corporación Regional de Desarrollo de Santa Cruz.

4.2.1.5 Precipitación

4.2.1.5.1 Precipitación media

En la cuenca del río Santa Rosa, se cuenta con los registros de la estación pluviométrica en la localidad de Moro Moro, Cuadro 3-A, pero esta información no es suficiente para el análisis del régimen pluviométrico de la cuenca, y fue necesario la confección de las respectivas isoyetas de promedios mensuales y el anual, con el apoyo de estaciones de cuencas vecinas, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 25.

Cuadro 25

Precipitación media mensual de
la cuenca del río Santa Rosa (mm)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DI C	T anual
156.1	109.6	92.3	37.9	13.7	8.2	6.4	15.6	17.4	36.6	75.3	101.8	670.9

Del Cuadro 25 se desprende, que el periodo lluvioso corresponde a los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo, pero las lluvias son mas acentuadas en los meses de Diciembre a Febrero y en forma gráfica se presenta en la Figura 12.

4.2.1.5.2 Variación mensual y estacional de la precipitación

La distribución media de las precipitaciones mensuales para la cuenca del río Santa Rosa, se muestra el Cuadro 26.

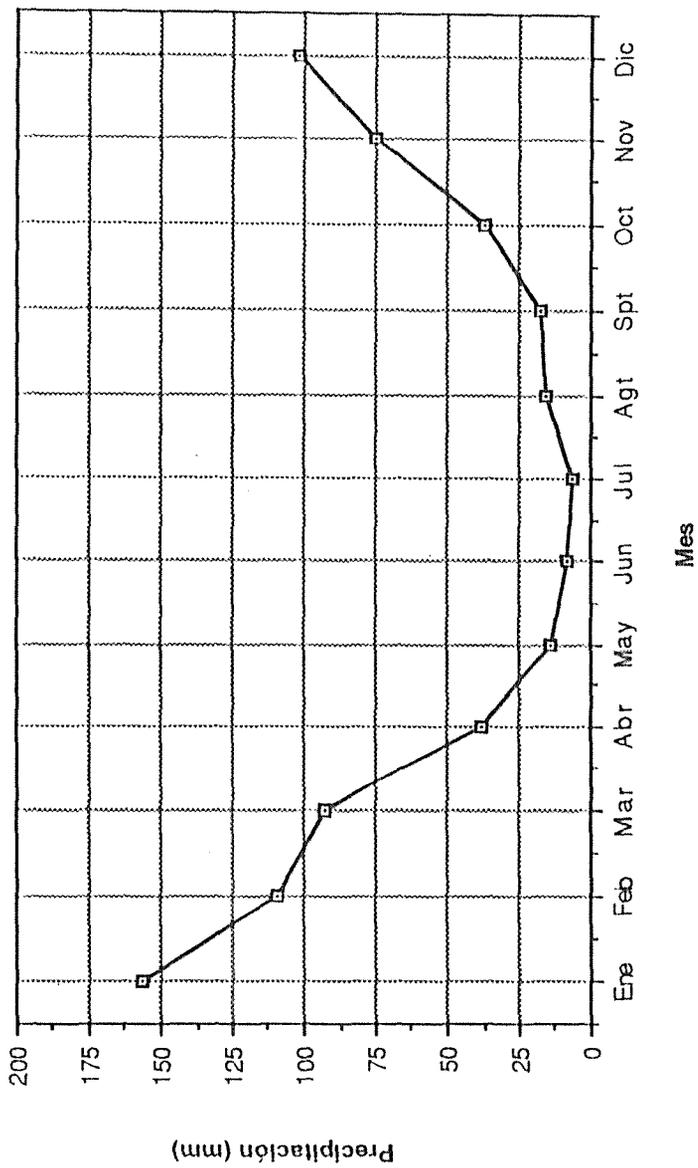


Figura 12.- Precipitación media mensual de la Cuenca del río Santa Rosa

Cuadro 26

Precipitación media mensual de la cuenca del río Santa Rosa
en porciento del total anual

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
23.3	16.3	13.8	5.6	2.0	1.2	1.0	2.3	2.6	5.5	11.2	15.2

Del Cuadro 26 se deduce:

a) Los meses con régimen lluvioso significativo son: Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.

b) El periodo seco podría considerarse a partir del mes de Mayo a Septiembre.

c) Los meses de Abril y Octubre, se pueden considerar como de transición entre el periodo seco y lluvioso.

Los anteriores resultados se muestran en forma gráfica en la Figura 13.

Cuadro 27

Distribución estacional de las precipitaciones
Cuenca del río Santa Rosa

Periodo Lluvioso	Periodo Seco	Periodo de Transición
79.8	9.1	11.1

La distribución del régimen lluvioso durante el año es variable, del Cuadro 27, se desprende que, el 79.8% de la precipitación corresponde al periodo lluvioso, el 9.1% de la precipitación ocurre en el periodo seco y finalmente, el 11.1% de las lluvias corresponden al periodo de transición.

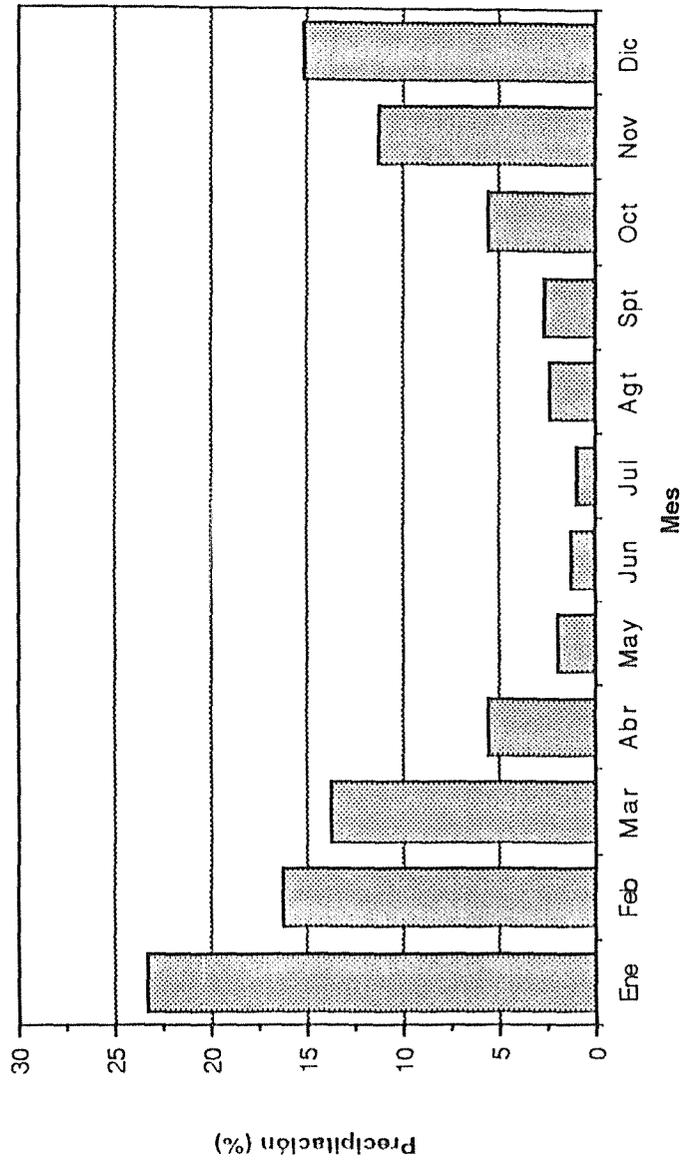


Figura 13.- Distribución de las precipitaciones mensuales para la Cuenca del río Santa Rosa, en porcentaje del total anual

4.2.1.6 Caudales

4.2.1.6.1 Métodos para la estimación de los escurrimientos

Para el análisis de los volúmenes de escurrimientos mensuales, se emplearon métodos empíricos, que con el uso de coeficientes para la cuenca, permiten estimar la información requerida; debido a la falta de información hidrométrica para esta cuenca.

Los métodos utilizados para el análisis de caudales de la cuenca del río Santa Rosa fueron los siguientes:

a) Becerril- Con su ecuación general:

$$A = \beta \bar{P}^{3/2}$$

El coeficiente β , para la condición de humedad de la región, por los índices de Gasparin y de Blatr, pueden variar de 0.010 a 0.012.

b) Heras - Para cuencas sin información hidrométrica, propone para estimar los escurrimientos la siguiente ecuación general:

$$A = S^{\xi} P^{\beta} (\gamma I_c + \partial I_p) * 10^{-3}$$

Los coeficientes que se aplicaron a los índices representativos de la cuenca, fueron los siguientes:

$$\xi = 0.90$$

$$\gamma = 0.40$$

$$\partial = 0.90$$

β = variable para cada mes

c) La secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos de México (SARH), para el cálculo de escurrimientos en cuencas pequeñas y sin información hidrométrica, propone una ecuación, basada en un coeficiente de escurrimiento en función del área de la cuenca, vegetación y precipitación promedio, en forma general la ecuación es la siguiente:

$$E = P_m * A * C$$

4.2.1.6.2 Caudales medios mensuales

Los resultados de caudales medios mensuales (m^3/seg) para la cuenca del río Santa Rosa, hasta el límite territorial de la provincia Vallegrande, y su confluencia con el Mizque, se presenta en el Cuadro 28.

De los resultados del Cuadro 28, donde se muestran los escurrimientos medios mensuales, estimados por 3 métodos, se adoptó el de Heras, con el Coeficiente β para la precipitación mensual variable para cada mes. Sin embargo, estos resultados no son definitivos y deben ser verificados y corregidos con mediciones hidrométricas directas para diferentes épocas del año.

CUENCA DEL RIO SANTA ROSA

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³ /seg)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
METODO SARH												
C	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
Q (m ³ /seg)	3.698	2.874	2.186	0.928	0.324	0.201	0.152	0.369	0.426	0.867	1.843	2.411
METODO HERAS												
ß	0.70	0.70	0.60	0.60	0.50	0.40	0.40	0.50	0.50	0.60	0.60	0.70
Q (m ³ /seg)	2.05	1.77	0.90	0.55	0.22	0.14	0.12	0.24	0.26	0.52	0.82	1.52
METODO BECERRIL												
ß	0.010	0.010	0.010	0.011	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.011	0.010	0.010
Q (m ³ /seg)	3.080	2.006	1.400	0.419	0.096	0.046	0.030	0.117	0.142	0.345	1.066	1.622

Con la metodología adoptada, los escurrimientos mensuales y el total anual se presenta en el Cuadro 29.

Cuadro 29

Escurrecimiento mensual y anual (m³) * 10⁶

Mes	Escurrecimiento mensual m ³	Escurrecimiento acumulado m ³	Escurrecimiento Total Anual m ³
Enero	5,49	5,49	
Febrero	4,28	9,77	
Marzo	2,41	12,18	
Abril	1,42	13,60	
Mayo	0,59	14,19	
Junio	0,36	14,55	
Julio	0,32	14,87	
Agosto	0,64	15,51	
Septiembre	0,67	16,18	
Octubre	1,39	17,57	
Noviembre	2,12	19,69	
Diciembre	4,07	23,76	
			23,76

El escurrimiento medio total anual, para la cuenca del río Santa Rosa es de 23.760.000 m³ (Cuadro 29).

El escurrimiento mensual (m³) en forma gráfica se presenta en la Figura 14.

El escurrimiento acumulado para la cuenca se muestra en forma gráfica en la Figura 15.

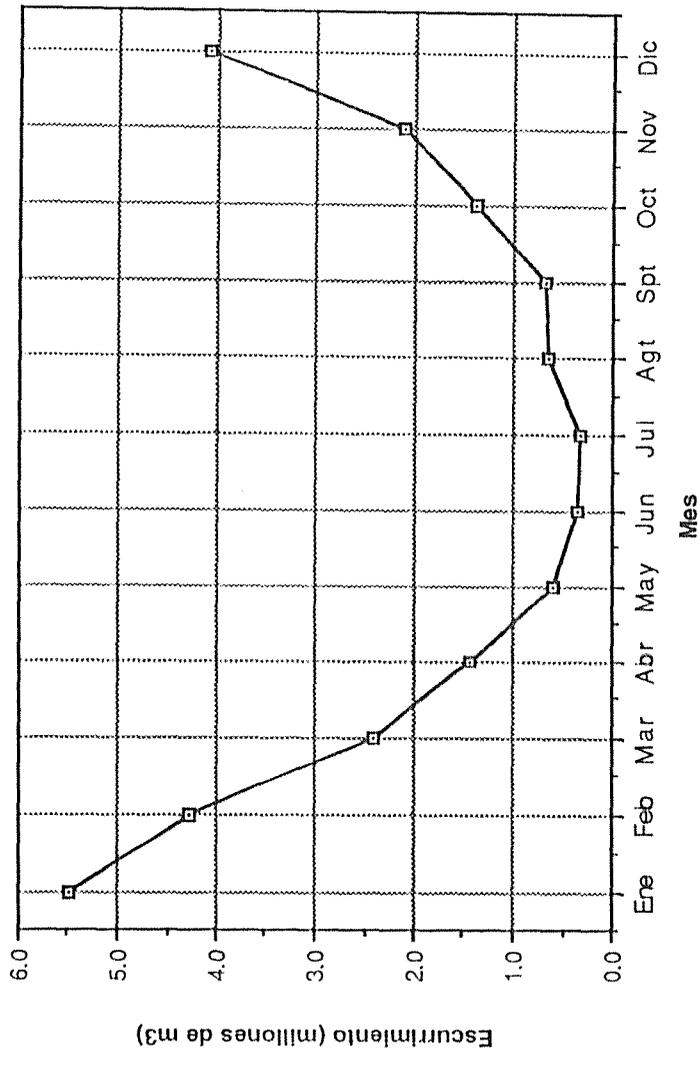


Figura 14.- Escurreimientos mensuales de la Cuenca del rio Santa Rosa

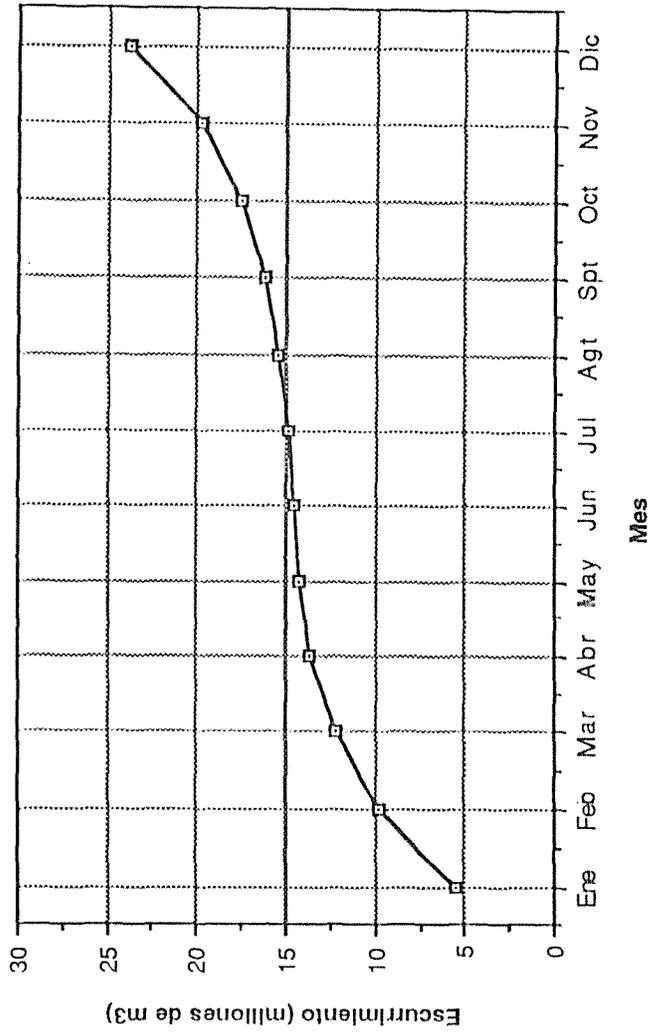


Figura 15.- Escurrencio mensual acumulado para la Cuenca del rio Santa Rosa

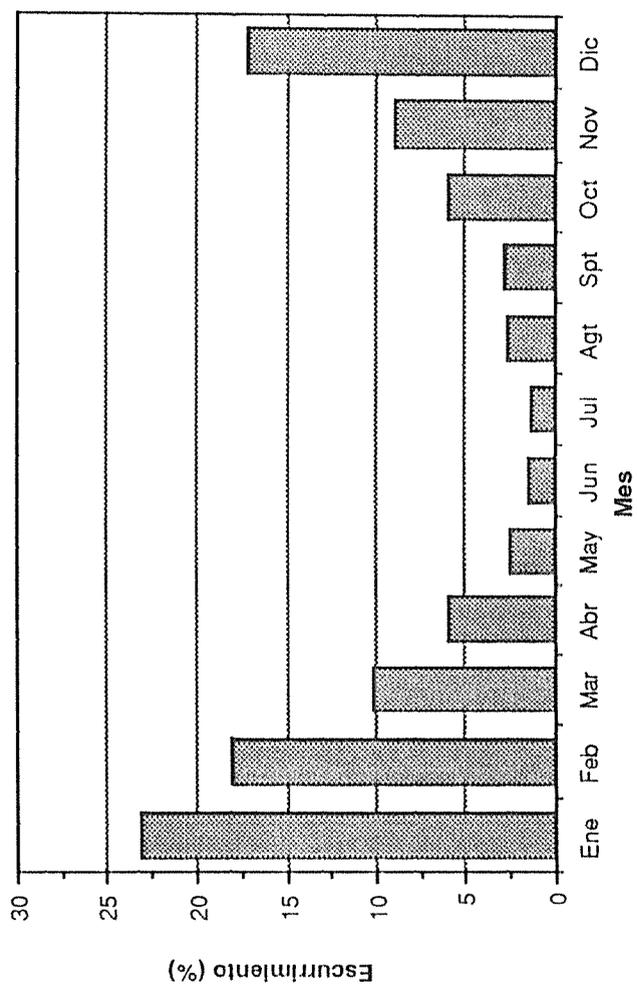


Figura 16.- Escurrimientos mensuales de la Cuenca del rio Santa Rosa en porcentaje del total anual.

4.2.1.6.3 Variación mensual y estacional de escurrimientos

La distribución de los escurrimientos en los diferentes meses del año se muestra en el Cuadro 30.

Cuadro 30

Escurrimientos mensuales de la cuenca del río Santa Rosa en porciento del total anual

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
23.1	18.0	10.1	6.0	2.5	1.5	1.3	2.7	2.8	5.9	8.9	17.2

A lo largo del año el régimen de escurrimientos se halla concentrado en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo.

El periodo seco comprende los meses de Mayo a Septiembre, y el periodo de transición corresponde a los meses de Abril y Octubre.

Estos resultados se presentan, en forma gráfica, en la figura 16.

La distribución estacional de los escurrimientos se presenta en el Cuadro 31.

Cuadro 31

Distribución estacional de los escurrimientos en la Cuenca del río Santa Rosa

Periodo Lluvioso	Periodo de estiaje	Periodo de Transición
77.3	11.8	11.9

Del Cuadro 31, podemos deducir lo siguiente:

- a) El periodo lluvioso del mes de Diciembre a Marzo con el 77.3% del escurrimiento total anual.
- b) El periodo seco comprende los meses de Marzo a Septiembre con el 11.8% del escurrimiento total anual.
- c) El periodo de transición entre el periodo seco y el lluvioso con el 11.9% del escurrimiento total anual.

4.2.1.7 Crecidas

Para la estimación de este fenómeno hidrológico en la cuenca del río Santa Rosa, se utilizaron una serie de formulas empíricas, (citado en 4.1.1.8.1), y la mayor parte de estas ecuaciones dan el caudal máximo, en función de la superficie de la cuenca, y en otros intervienen otros parámetros hidrológicos, los resultados obtenidos son los siguientes:

Método	Caudal de crecida (m ³ /seg)
Santi	Q = 678.7
Greager	Q = 12.2
Fanning	Q = 378.3
Dickens	Q = 643.6
Quijano	Q = 959.9
Kuickling	Q = 1135.3
Gutmann	Q = 2308.2
Heras	Q = 1480.5

Para el cálculo de la crecida extraordinaria de la cuenca del río Santa Rosa, por el método CN(SCS-USDA), se consideró la condición hidrológica regular entre 50-75 % de cobertura,

con moderado potencial de escurrimiento, la humedad antecedente III, el número de curva CN-77 y corregido CN-89, la curva de probabilidad pluviométrica para la sub-zona II D, información obtenida de la "DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MAXIMA DIARIA EN BOLIVIA" (MAPA-2A), y del informe de CONNAL para el proyecto ferroviario Cochabamba - Santa Cruz, que ajustó la curva para la sub-zona del Trigal, en base a los datos de las estaciones pluviométricas de las localidades de : Vallegrande, Quirusillas, Samaipata, Trigal, Comarapa, Mataral, Mairana, Saipina, Siberia, San Juan del Potrero, Pucará.

La ecuación de probabilidad pluviométrica utilizada fue la siguiente:

$$et = 13.32 t^{0.308}$$

$$ht, T = et (1 + 0.522 \times \text{Log } T)$$

(La nomenclatura fue desarrollada en 4.1.1.8.1.a)

La representación de los valores ht, T del tiempo t, se denomina "Curva de probabilidad pluviométrica"

Los resultados obtenidos con el método de CN(SCS-USDA), fueron los siguientes:

		Periodo de retorno de años			
		10	25	50	100
Q	= m ³ /seg	139.6	172.3	192.5	220.0

De los resultados obtenidos con los diferentes métodos, se adoptó el correspondiente al CN (SCS-USDA), porque intervienen otros parámetros hidrológicos que permiten aproximarse a las condiciones de la cuenca frente a este fenómeno.

4.2.2 Sub cuenca del río Santa Elena

4.2.2.1 Características de la cuenca

La cuenca del río Santa Elena, se halla disectada por varios ríos y quebradas, con una topografía escarpada, con pendientes que varían del 6% al 18% hasta el 40%.

La cuenca del río Santa Elena, hasta su confluencia con el río Grande, se halla ubicada entre las coordenadas geográficas de latitud Sud. 18° 42' 27" a 18° 58' 01" y longitud Oeste. 64° 11' 54" a 64° 03' 33".

La dirección del curso principal del río es de Norte a Sud, con variaciones sectoriales de dirección, por los numerosos meandros que forma y por los tributarios importantes que recibe.

Sus nacientes, se encuentran en las alturas de los cerros Huayruropampa y Kallana al Oeste y al Este el cerro Duraznal Loma.

Sus afluentes más importantes en la margen izquierda son:

Río del Potrero
Quebrada Naranjal
Quebrada de La Cruz
Quebrada Limón
Río Hoyada
Río Duraznito

En la margen derecha sus afluentes son:

Río la Villeca
Río Chaupiloma
Río Astilleros

Quebrada de Susto
Río Loma Larga

4.2.2.2 Morfometría e índices característicos.-

El área de drenaje de la cuenca del río Santa Elena, hasta la confluencia con el río Grande, sobre las cartas nacionales del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) a escala 1:50000 es de 224 km². (Mapa 18)

La longitud del curso principal del río es de 36.5 km; con una pendiente media del 5.2%; la altura media aproximada de la cuenca, es de 1.738 metros sobre el nivel del mar, con una cota superior de 2.696 m. y una cota inferior de 780 m.

El índice de compacidad o de Gravelius para la cuenca es de 1.45, calculado con la siguiente ecuación:

$$I_c = 0,28 (P/\sqrt{S})$$

El factor de forma calculado para la cuenca es de $I_c = 5.94$, valor obtenido en base al área de la cuenca y la longitud del curso principal del río.

El índice de pendiente para la cuenca es de $I_p = 0.052$, valor obtenido con la siguiente ecuación:

$$I_p = (H_{\max} - H_{\min}) / (1000 L_r)$$

La pendiente del río es de 5.2% que corresponde a una cuenca con el curso principal del río en terreno accidentado medio.

El alejamiento medio del río tiene un valor de 2.43, este valor nos proporciona, un coeficiente que relaciona la longitud del curso principal del río, con el área de la cuenca.

4.2.2.3 Suelos y vegetación

La cuenca del río Santa Elena, ecológicamente corresponde a bosque húmedo templado, caracterizada por los descensos bruscos de temperatura en época seca.

La fisiografía es variada, se tienen suelos recientes, terrazas, bajadas erosionadas, bajadas disectadas, tierras altas, montañas erosionadas y montañas disectadas.

Los suelos de esta cuenca están de acuerdo a la ubicación dentro de la fisiografía identificada, presentan suelos con texturas livianas, medianos y pesados; con topografía variada y pendientes diferentes que van desde el 6% hasta el 40%; la profundidad es también variable, presentando suelos superficiales moderadamente profundos y profundos.

La reacción o pH de estos suelos fluctúan entre ligeramente ácido, suavemente ácido, ligeramente alcalino; la fertilidad natural presenta deficiencias en elementos mayores como el NPK, y las características físicas como la infiltración, percolación y permeabilidad son moderadas. Información tomada de la referencia Bibliográfica 20.

En cuanto a la vegetación, varía desde una cobertura arbustiva hasta un monte cubierto, con especies moderadamente alta con presencia de pasturas naturales.

Las especies que se han llegado a identificar son las siguientes:

Nombre común	Nombre científico
Nogal	<i>Juglans boliviana</i> Dod.
Madera	sp
Pino de Monte	<i>Podocarpus utilior</i>
Pino Castillo	<i>Aspidospermo</i> sp

Soto	<i>Schinopsis sp</i>
Laurel	sp
Tajibo	<i>Tabebuia ipe</i>
Cuñuri	<i>Erythrina flacata</i>
Amarillo	<i>Aspidosperma sp</i>
Sabuco	sp
Aliso	<i>Rappanea sp</i>
Ambalbo	<i>Cecropla sp</i>
Gargatea	<i>Carica quercitifolia</i>
China tabla	sp
Borracho	<i>Didymopanax morototoni</i>
Bandor	sp
Vena Vena	sp
Lapacho	<i>Tabebuia sp</i>
Blanca Flor	sp
Barrientos	sp
Ortega	sp

y otras especies no identificadas.

De arbustivos podemos señalar las siguientes:

Thola	<i>Leptodphyllum quadrangulare</i>
Chilca	sp
Wira Wira	sp
Yareta	sp
Zarzamora	sp
Quirusilla	<i>Gunnera sp</i>
Alcornoque	sp
Paico	sp
Duraznillo	<i>Weimannia sorbifolia</i>
Chillquilla	sp
Cebilla	sp
Guayabilla	<i>Psidium cuneatum</i>
Sunchu khisca	sp
Carqueja	sp
Romerillo	<i>Acanthosyris falcata</i>

y muchas otras especies del lugar no identificadas.

Información obtenida de la referencia Bibliográfica 20.

4.2.2.4 Clima

La precipitación promedio anual para la cuenca alcanza a 1213.6 mm. con lluvias acentuadas en los meses de Noviembre a Marzo.

Las temperaturas para la cuenca se presenta con fuertes fríos del Sud Este o surasos, con presencia de heladas en el periodo invernal. La temperatura promedio anual es de 18.5°C. , según las isotermas elaboradas por la sección de Recursos Naturales de la Corporación Regional de Desarrollo de Santa Cruz.

4.2.2.5. Precipitación

4.2.2.5.1 Precipitación media

En la cuenca del río Santa Elena, no se cuenta con ninguna información pluviométrica, por lo que fue necesario la confección de las respectivas isoyetas de promedios mensuales y el anual, con información de estaciones pluviométricas de cuencas vecinas, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 32.

Cuadro 32Precipitación media mensual de la cuenca
del río Santa Elena (mm)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T anual
284.3	170.9	182.5	102.0	45.7	18.3	10.7	24.2	37.1	61.5	139.0	173.4	1213.6

Del Cuadro 32, se desprende que el periodo lluvioso corresponde a los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo. En forma gráfica se muestra en la Figura 17.

4.2.2.5.2 Variación mensual y estacional de la precipitación

La distribución media de las precipitaciones mensuales, para la cuenca del río Santa Elena, se muestra en el Cuadro 33.

Cuadro 33Precipitación mensual de la cuenca del río Santa Elena
en porciento del total anual

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
20.5	14.1	15.0	8.4	3.7	1.5	0.9	2.0	3.0	5.1	11.5	14.3

Del Cuadro 33, se deduce:

- a) Los meses con régimen lluvioso significativo son: Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.
- b) El periodo seco se considera a partir del mes de Mayo a Septiembre.
- c) El periodo de transición entre el periodo seco

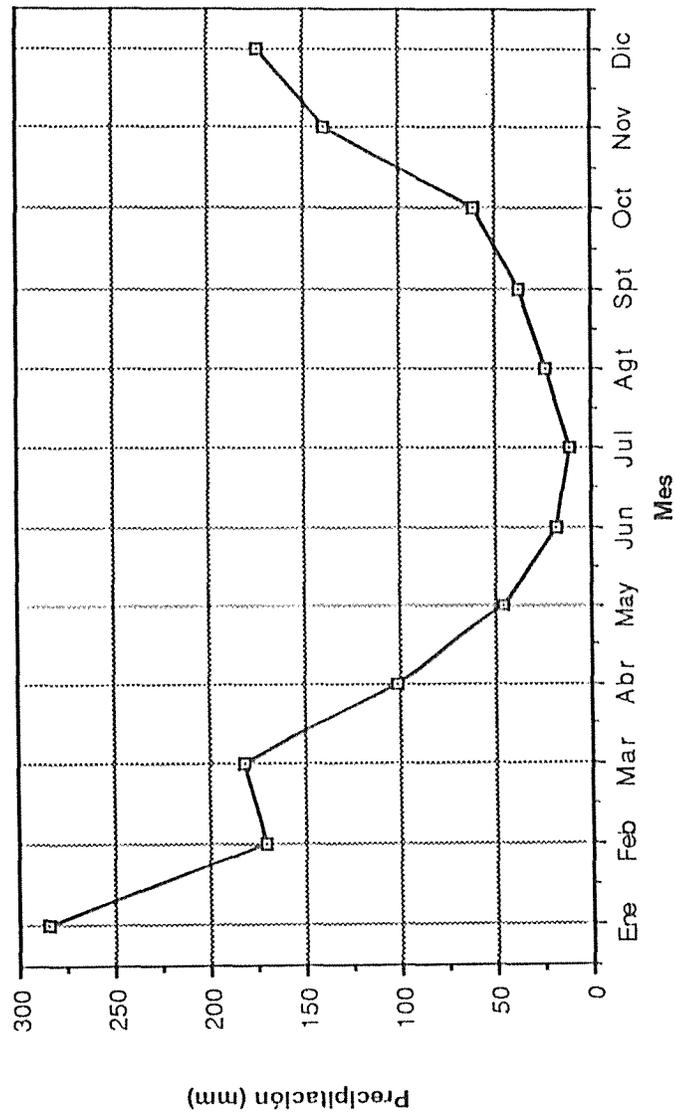


Figura 17.- Precipitación media mensual de la Cuenca del río Santa Elena

y lluvioso, corresponde a los meses de Abril y Octubre.

La distribución de las precipitaciones medias mensuales de la cuenca en porcentaje del total anual se muestra en forma gráfica en la Figura 18.

Cuadro 34

Distribución estacional de las precipitaciones
Cuenca del río Santa Elena

Periodo Lluvioso	Periodo Seco	Periodo de Transición
75.4	11.1	13.5

La distribución del régimen lluvioso durante el año es variable, del Cuadro 34, se deduce que el mismo se halla concentrado en el periodo lluvioso con el 75.4% del total anual y al periodo seco corresponde solamente el 11.1% del total anual de la precipitación, finalmente al periodo de transición corresponde el 13.5% de las lluvias.

4.2.2.6 Caudales

4.2.2.6.1 Métodos para la estimación de los escurrimientos

En esta cuenca no se tienen mediciones hidrométricas lo que hace difícil realizar un estudio hidrológico más ajustado y completo sin embargo con la confección de las isoyetas con promedios mensuales y anuales de precipitación, aprovechando la información pluviométrica de las estaciones de cuencas vecinas, fue posible analizar

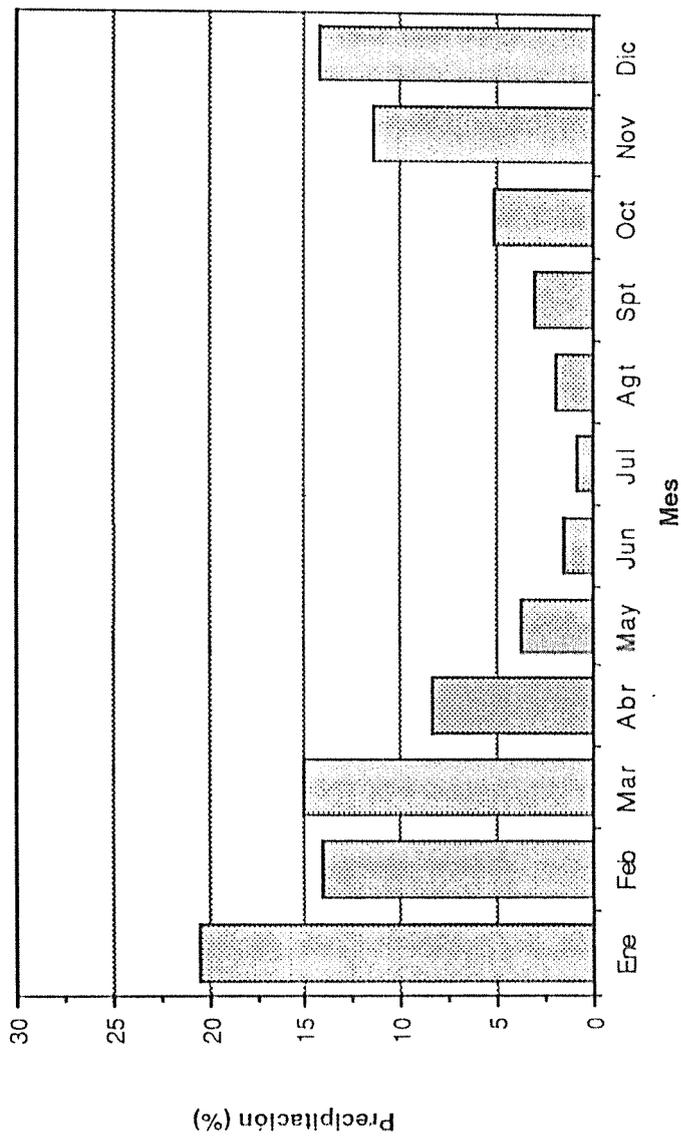


Figura 18.- Distribución de las precipitaciones mensuales para la Cuenca del río Santa Elena, en porcentaje del total anual.

en un primer intento los caudales de escurrimiento que se producen en la cuenca.

Para el análisis de los volúmenes de escurrimiento mensual y los caudales medios mensuales, se empleó métodos empíricos, con el uso de coeficientes para la cuenca, que permiten estimar la información requerida.

Los métodos utilizados para estimar los caudales de la cuenca del río Santa Elena fueron los siguientes:

a) Becerril- Con su ecuación general:

$$A = \beta \bar{P}^{3/2}$$

El coeficiente β , para la condición de humedad de la región por los índices de Gasparin y de Blair, pueden variar de 0.010 a 0.012.

b) Heras - Para cuencas sin información hidrométrica, propone para estimar los escurrimientos la siguiente ecuación general:

$$A = S^{\xi} P^{\beta} (Y I_c + \partial I_p) * 10^{-3}$$

Los coeficientes empleados para la cuenca del río Santa Elena, fueron los siguientes:

$$\xi = 0.90$$

$$Y = 0.40$$

$$\partial = 0.90$$

$$\beta = \text{variable para cada mes}$$

c) La secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos de México (SARH), para el cálculo de escurrimientos en cuencas pequeñas y sin información hidrométrica, propone una ecuación basada en un coeficiente de escurrimiento, que depende del área de la cuenca, vegetación, y precipitación promedio, en su forma general, la ecuación es la siguiente:

$$E = P_m * A * C$$

4.2.2.6.2 Caudales medios mensuales

Los caudales medios mensuales (m^3/seg) para la cuenca del río Santa Elena, hasta su confluencia con el río Grande, se presentan en el Cuadro 35.

De los resultados del Cuadro 35, donde se muestran los escurrimientos medios mensuales, estimados por 3 métodos, se adoptó el de Heras con el coeficiente β para la precipitación promedio mensual variable para cada mes; sin embargo estos resultados deben ser verificados y corregidos con mediciones hidrométricas directas para diferentes épocas del año.

Con la metodología adoptada, los escurrimientos mensuales y el total anual, se presenta en el Cuadro 36.

CUENCA DEL RIO SANTA ELENA

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³ /seg)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
METODO SARH												
C	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
Q (m ³ /seg)	6.230	4.747	4.579	2.644	1.146	0.474	0.268	0.607	0.962	1.543	3.604	4.350
METODO HERAS												
ß	0.900	0.900	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.900
Q (m ³ /seg)	4.36	3.45	1.96	1.27	0.65	0.32	0.20	0.39	0.57	0.82	1.63	3.16
METODO BECERRIL												
ß	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
Q (m ³ /seg)	4.581	2.896	2.887	1.246	0.362	0.095	0.041	0.139	0.273	0.565	1.983	2.673

Cuadro 36Esgurrimiento mensual y anual (m³) * 10⁶

Mes	Esgurrimiento mensual	Esgurrimiento acumulado	Esgurrimiento Total Anual
Enero	11,68	11,68	
Febrero	8,35	20,03	
Marzo	5,25	25,28	
Abril	3,29	28,57	
Mayo	1,74	30,31	
Junio	0,83	31,14	
Julio	0,53	31,67	
Agosto	1,04	32,71	
Septiembre	1,48	34,19	
Octubre	2,20	36,39	
Noviembre	4,22	40,61	
Diciembre	8,46	49,07	
			49,07

El esgurrimiento total anual estimado, alcanza a 49.070.000 m³.

Los resultados del Cuadro 36, en forma gráfica se presenta, para los esgurrimientos mensuales en la Figura 19 y para el esgurrimiento acumulado en la Figura 20.

4.2.2.6.3. Variación mensual y estacional de esgurrimientos

La distribución de los esgurrimientos, en los diferentes meses del año se muestra en el Cuadro 37.

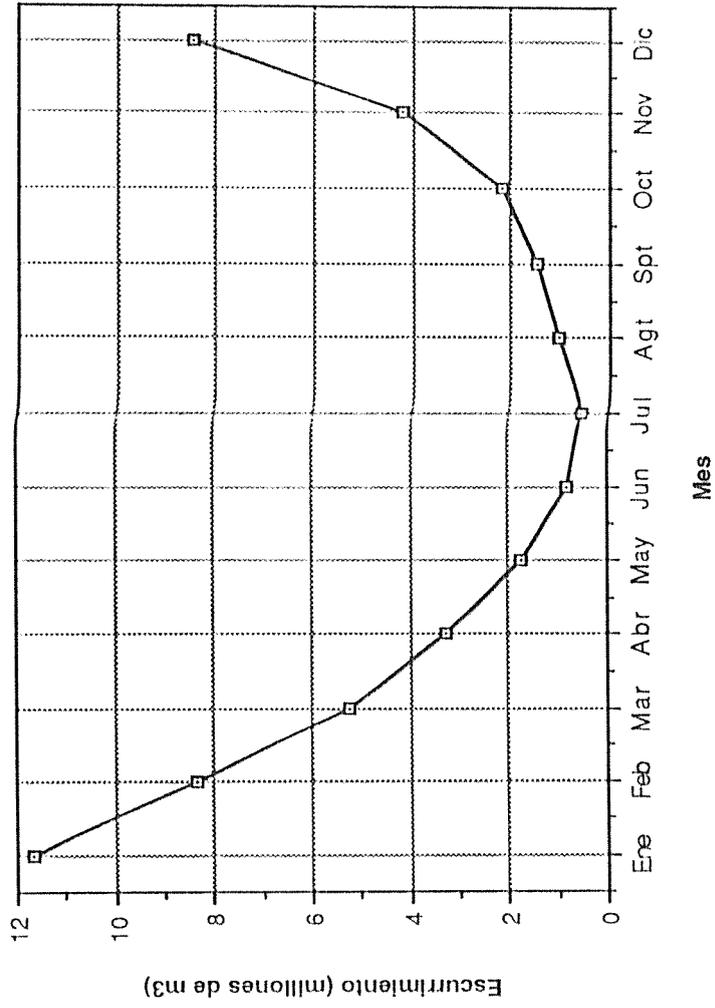


Figura 19.- Escurreimientos mensuales de la Cuenca del rio Santa Elena

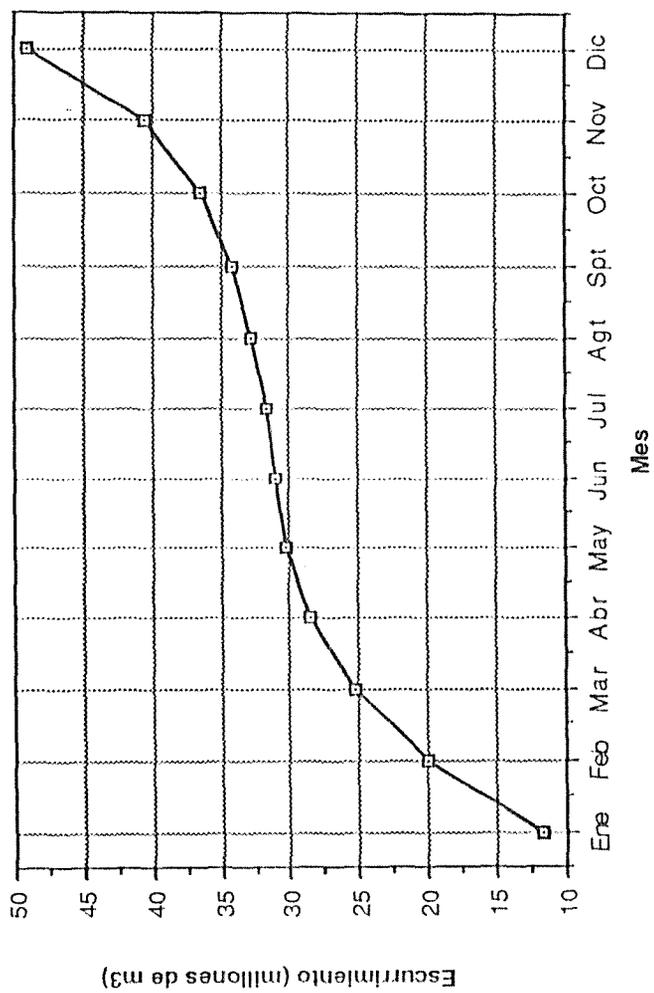


Figura 20.- Escorrentía mensual acumulada para la Cuenca del río Santa Elena

Cuadro 37

Escurrecimientos mensuales de la cuenca del río Santa Elena
en porciento del total anual

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
23.8	17.0	10.7	6.7	3.6	1.7	1.1	2.1	3.0	4.5	8.6	17.2

El régimen de escurrecimientos durante el año no es uniforme y se halla concentrado en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo.

El periodo seco comprende los meses de Mayo a Septiembre, y el periodo de transición corresponde a los meses de Abril y Octubre.

Los resultados del Cuadro 37, en forma gráfica, se presentan en la Figura 21.

Cuadro 38

Distribución estacional de los escurrecimientos
en la Cuenca del río Santa Elena

Periodo Lluvioso	Periodo de estiaje	Periodo de Transición
77.3	11.5	11.2

Del Cuadro 38, podemos deducir lo siguiente:

- a) El periodo lluvioso del mes de Noviembre a Marzo con el 77.3% del escurrecimiento total anual.
- b) El periodo seco comprende los meses de Marzo a Septiembre con el 11.5% del escurrecimiento total anual.
- c) El periodo de transición entre el periodo seco y

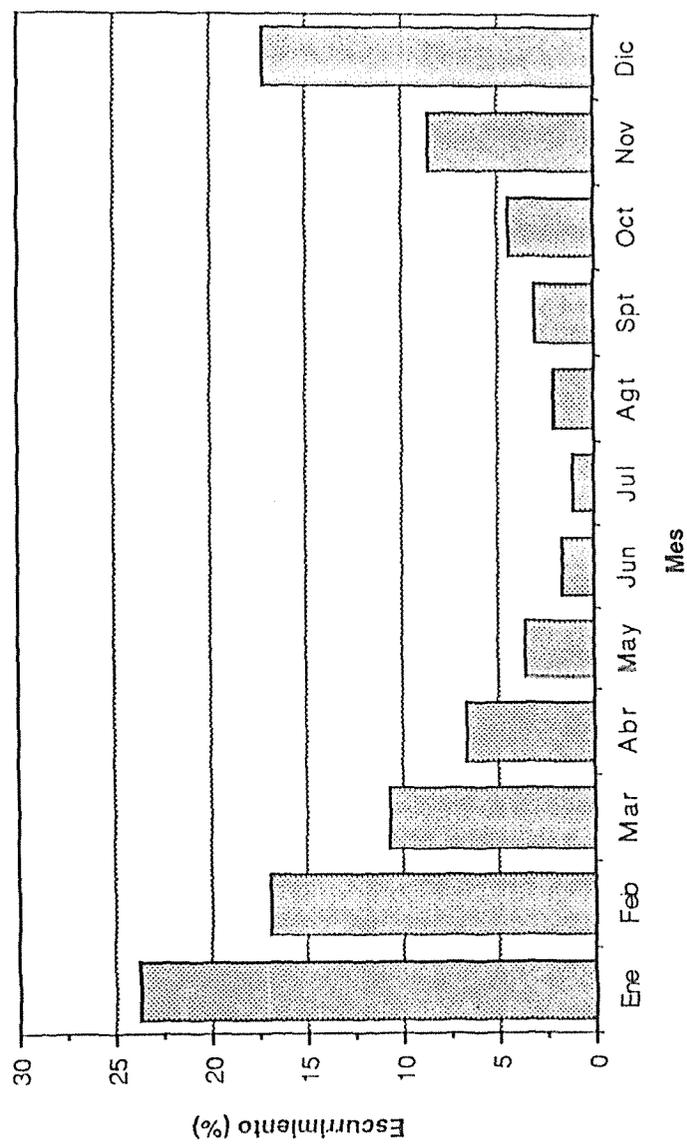


Figura 21.- Esguerrimientos mensuales de la Cuenca del rio Santa Elena en porcentaje del total anual.

el lluvioso con el 11.2% del escurrimiento total anual.

4.2.2.7 Crecidas

Para la cuenca del río Santa Elena, este fenómeno hidrológico fue estimado por una serie de formulas empíricas (citado en 4.1.1.8.1), y la mayor parte de estas ecuaciones dan el caudal máximo, en función de la superficie de la cuenca, y en otros intervienen otros parámetros hidrológicos, los resultados obtenidos son los siguientes:

Método	Caudal de crecida (m ³ /seg)		
Santi	Q	=	493.9
Greager	Q	=	12.6
Fanning	Q	=	223.2
Dickens	Q	=	399.5
Quijano	Q	=	628.1
Kutckling	Q	=	699.4
Gutnman	Q	=	1982.4
Heras	Q	=	784.0

Para el cálculo de la crecida extraordinaria en la cuenca del río Santa Elena, por el método CN (SCS-USDA), se consideró la condición hidrológica regular entre 50-75% de cobertura, con moderado potencial de escurrimiento, humedad, antecedente III, el número de curva CN-71 y corregido CN-86, la curva de probabilidad pluviométrica para la sub-zona II D, información obtenida de la "DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MAXIMA DIARIA EN BOLIVIA" (MAPA 2-A).

La ecuación de la probabilidad pluviométrica utilizada fue la siguiente:

$$et = 38.82 t^{0.314}$$

$$h_t, T = e^t (1 + 0,58 \text{ Log } T)$$

(La nomenclatura, fue desarrollada en 4.1.1.8.1.a)

La representación de los valores h_t, T del tiempo t , se denomina "Curva de probabilidad pluviométrica".

Los resultados obtenidos con el método de CN(SCS-USDA) fueron los siguientes:

	Periodo de retorno en años			
	10	25	50	100
$Q = m^3/seg$	405.8	489.9	550.9	611.9

De los resultados obtenidos con los diferentes métodos, se adoptó, el correspondiente al CN (SCS-USDA), porque, intervienen otros parámetros hidrológicos que permiten aproximarse a las condiciones de la cuenca, frente a este fenómeno.

4.2.3 Sub cuenca del río Piraypani

4.2.3.1 Características de la Cuenca.-

La cuenca del río Piraypani esta disectada por numerosos ríos y quebradas con una topografía escarpada, con algunas terrazas susceptibles de ser aprovechadas con fines de cultivo, con pendientes que varían de 8% a 20% y hasta el 50%.

La cuenca del río Piraypani, hasta su confluencia con el río Grande, se halla ubicado entre las coordenadas geográficas de latitud Sud 18° 31' 51" a 19° 04' 13" y longitud Oeste 63° 54' 04" a 64° 07' 37".

La dirección del curso principal del río es de norte a sud, con variaciones sectoriales de dirección por los meandros que forma y por los tributarios importantes que recibe. Sus nacientes se encuentran en las alturas del cerro La Puna a la elevación de 2200 metros sobre el nivel del mar, al Este se encuentra el Cerro Largo.

Sus afluentes importantes en la margen derecha del río son:

Río Sanja Seca
Río Guadalupe
Río Cuñuri
Quebrada Tacajo
Río Palmarita
Quebrada Agua Chujlla
Quebrada Huertamayo
Río Lluskha
Río Huertas
Quebrada Churro Seco
Río Aposentillo
Quebrada Jukhumari
Quebrada Morocal

Quebrada Pocitas
Rio Agua Blanca
Rio Rancho Borracho
Rio Los Sapos
Rio Duranes

Sus afluentes en la margen izquierda son:

Rio Khuchu Chacra
Quebrada Estancia Waykho
Rio Chiriguanañau
Rio Agüita Helada
Rio Sehuekha
Quebrada Floripondio
Quebrada Pata Estancia
Quebrada del Horno
Rio Agüaditas
Quebrada la Haciendita
Quebrada del Sotal
Quebrada el Pedregoso
Quebrada el Churro

4.2.3.2 Morfometría e índices característicos

El área de drenaje de la cuenca del rio Piraypani, hasta su confluencia con el rio Grande, medido sobre las cartas Nacionales del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) , a la escala 1:50000, es de 542 Km². (Mapa 19).

La longitud del curso principal del rio es de 81,2 km., con una pendiente media del 2,0%, la altitud media aproximada de la cuenca es de 1390 metros sobre el nivel del mar, con una cota superior de 2.200 m. y una cota inferior de 580 m.

El índice de compacidad conocido como de Gravelius es de 1,89, calculado con la siguiente ecuación:

$$I_c = 0,28 (P\sqrt{s})$$

El factor de forma calculado para la cuenca es de 12.18, valor obtenido en base al área de la cuenca, y longitud del curso principal del río.

El índice de pendiente para la cuenca es de $I_p = 0.020$, valor calculado con la siguiente ecuación:

$$I_p = (H_{\max} - H_{\min}) / (1000 L_r)$$

En valor porcentual corresponde al 2.0%, que significa una cuenca con el curso principal del río en terreno relativamente llano.

El alejamiento medio del río, tiene un valor de 3.49, este coeficiente relaciona la longitud del curso principal del río, con el área de la cuenca.

4.2.3.3 Suelos y vegetación

La cuenca del río Piraypani dentro de la descripción de zonas de vida corresponde a bosque húmedo templado (bh-Te) transicional a bosque seco templado (bs-Te), donde las biotemperaturas medias anuales son de 22°C y desciende hasta 14°C y el bioclima se caracteriza por presentar escarchas.

La fisiografía comprende, a terrazas, bajadas erosionadas, tierras altas, montañas erosionadas y disectadas; la clase de suelos esta de acuerdo a la posición que ocupan dentro de la fisiografía de la cuenca, donde la topografía es irregular y las pendientes varían desde el 8% hasta el 50% aproximadamente; la profundidad de estos suelos también es variable y fluctúan de superficiales, moderadamente profundos a profundos y muy profundos; con textura liviana, medianos a

moderadamente pesados y pesados; con pH ligeramente ácidos, neutros a moderadamente alcalinos y el NPK en niveles deficitarios y los caracteres físicos en forma general moderada. Información tomada de la referencia bibliográfica 20.

En cuanto a la vegetación, la cobertura es variable con cierto predominio de bosque bajo y pasto natural.

Entre las especies forestales identificadas, podemos señalar las siguientes:

Nombre común	Nombre científico
Nogal	<i>Juglans boliviana</i>
Madera	sp
Pino de Monte	<i>Podocarpus utilior</i>
Pino Castillo	<i>Aspidosperma sp</i>
Soto	<i>Schinopsis sp</i>
Laurel	<i>Cordia sp</i>
Tajibo	<i>Tabebuia ipe</i>
Cuñuri	<i>Erythrina flacata</i>
Amarillo	<i>Aspidosperma sp</i>
Sabuco	sp
Aliso	<i>Rappanea sp</i>
Ambaibo	<i>Cecropia sp</i>
Gargatea	<i>Carica quercitifolia</i>
China tabla	sp
Borracho	<i>Didymopanax morototoni</i>
Bandor	sp
Vena Vena	sp
Lapacho	<i>Tabebuia sp</i>
Blanca Flor	sp
Barrientos	sp
Ortega	sp

Y otras especies forestales no identificadas

Entre los arbustos se tienen:

Thola	<i>Lepidophyllum quadrangulare</i>
Chilca	sp
Wira Wira	sp
Yareta	sp
Zarzamora	sp
Quirusilla	<i>Gunnera sp</i>
Alcornoque	sp
Paico	sp
Duraznillo	<i>Weimannia sorbifolia</i>
Chillquilla	sp
Cebilla	sp
Guayabilla	<i>Psidium cuneatum</i>
Suncho Khisca	sp
Carqueja	sp
Romerillo	<i>Acanthosyris falcata</i>

Y muchas otras especies del lugar no identificadas

4.2.3.4 Clima

La precipitación promedio anual para la cuenca alcanza a 1255.1 mm, con lluvias mas acentuadas en los meses de Noviembre a Marzo.

La cuenca del rio Piraypani, para Blair, según el índice de clasificación climática corresponde a un clima húmedo, bajo la consideración del promedio total anual de la precipitación.

Temperatura, con fuertes fríos del Sud Este o surasos, con presencia de heladas en la época invernal; según las Isotermas elaboradas por la sección de Recursos Naturales de la Corporación Regional de Desarrollo de Santa Cruz, la temperatura promedio anual es de 19°C para la cuenca del rio Piraypani.

4.2.3.5 Precipitación

4.2.3.5.1 Precipitación media

En la cuenca del río Piraypani, no se tiene información pluviométrica, por lo que fue necesario la confección de las respectivas isoyetas de promedios mensuales y el anual, con el apoyo de Estaciones Pluviométricas de cuencas vecinas, los resultados se muestran en el Cuadro 39.

Cuadro 39

Precipitación media mensual de la cuenca
del río Piraypani (mm)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DI C	T anual
227.6	199.7	188.3	104.4	34.2	21.8	15.1	26.9	41.1	61.7	144.1	190.2	1255.1

Del Cuadro 39, se desprende, que, el periodo lluvioso corresponde a los meses de Noviembre a Marzo.

Los resultados del Cuadro 39, en forma gráfica se presentan en la Figura 22.

4.2.3.5.2 Variación mensual estacional de la precipitación

La distribución media de las precipitaciones mensuales para la cuenca del río Piraypani, se muestra en el Cuadro 40.

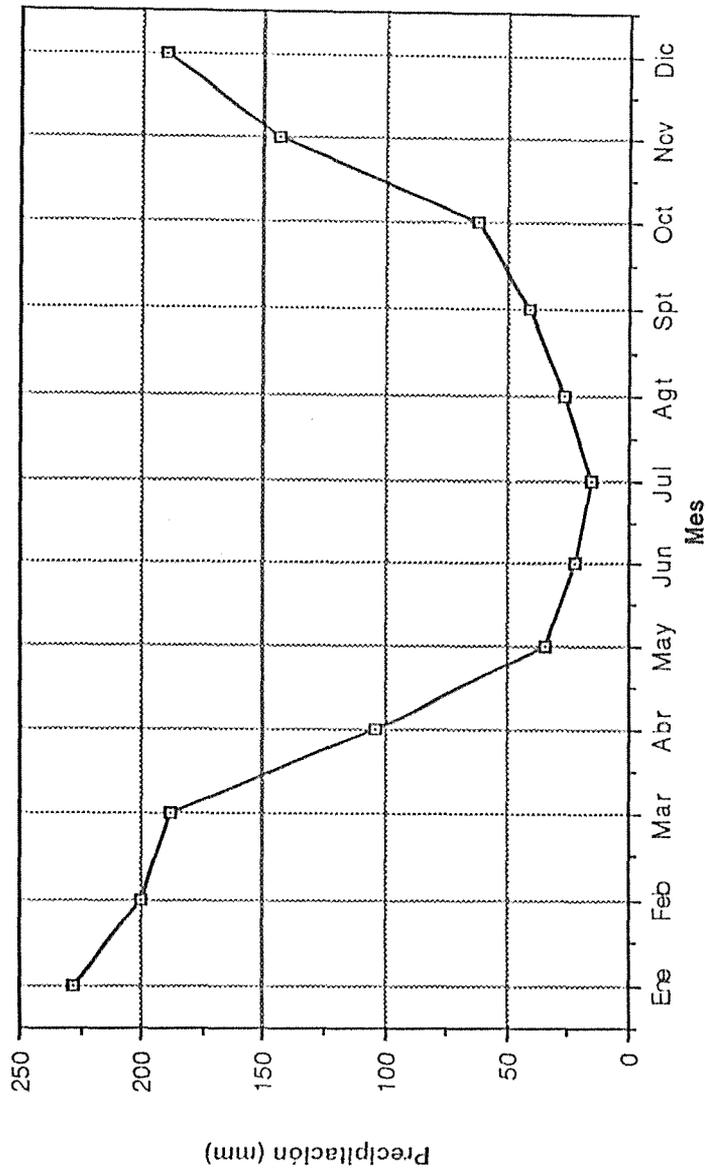


Figura 22.- Precipitación media mensual de la Cuenca del río Piraypani

Cuadro 40

Precipitación media mensual de la cuenca del río Piraypani
en porciento del total anual

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
18.2	15.9	15.0	8.3	2.7	1.7	1.2	2.1	3.3	4.9	11.5	15.2

Del Cuadro 40, se deduce:

a) Los meses con régimen lluvioso significativo son: Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.

b) El periodo seco podría considerarse a partir del mes de Mayo a Septiembre.

c) Los meses de Abril y Octubre, se pueden considerar como la transición entre el periodo seco y lluvioso.

El Cuadro 40, en forma gráfica se presenta en la Figura 23.

Cuadro 41

Distribución estacional de las precipitaciones
Cuenca del río Piraypani

Periodo Lluvioso	Periodo Seco	Periodo de Transición
75.8	11.0	13.2

La distribución estacional del régimen lluvioso es variable y en el Cuadro 41, se observa que, el 75.8% de la precipitación anual corresponde la periodo lluvioso, el 11% de la precipitación ocurre en le periodo seco y finalmente el 13.2% de la lluvia ocurre en el periodo de transición.

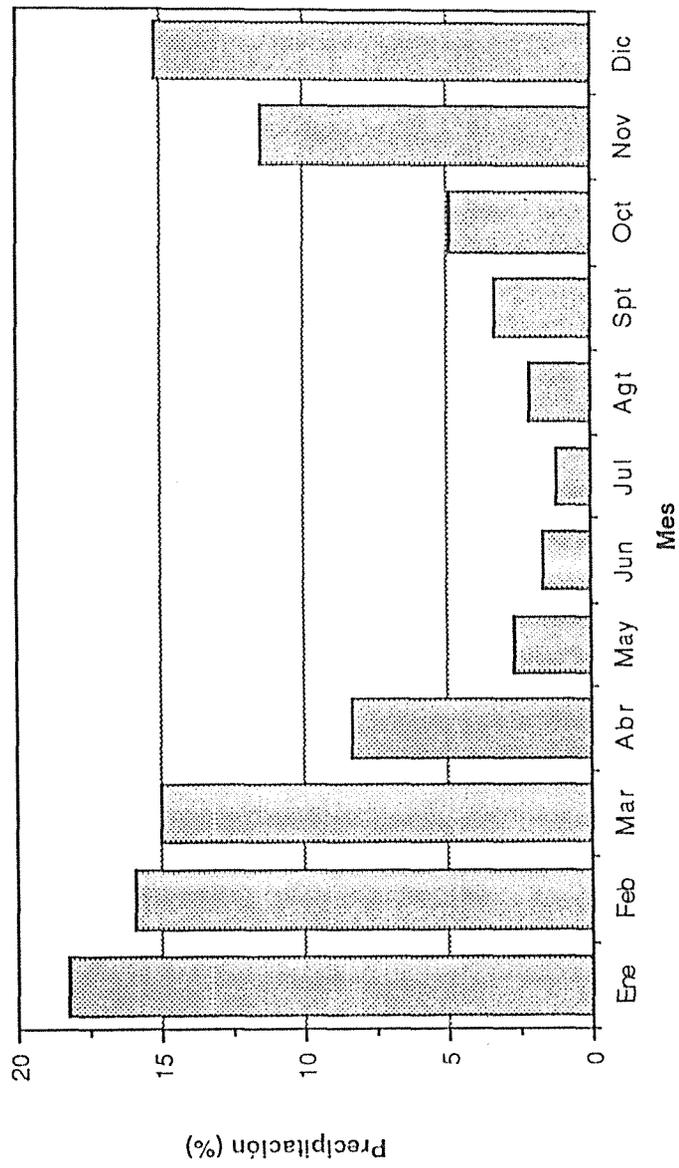


Figura 23.- Distribución de las precipitaciones mensuales para la cuenca de río Piraypani, en porcentaje del total anual.

4.2.3.6 Caudales

4.2.3.6.1 Métodos para la estimación de lo escurrimientos

La cuenca del río Piraypani, no cuenta con ninguna información hidrométrica, lo que limita, realizar un estudio mas ajustado, basado en datos observados.

La falta de información pluviométrica fue superada con la confección de las isoyetas con promedios mensuales y anuales, aprovechando la información existente de estaciones pluviométricas de cuencas vecinas, para el análisis de los volúmenes de escurrimientos mensuales y los caudales medios mensuales, se utilizaron métodos empíricos, que permitieron estimar esta información.

Los métodos utilizados para la estimación de los caudales para la cuenca del río Piraypani, fueron los siguientes:

a) Becerril- Con la ecuación general:

$$A = \beta \bar{P}^{3/2}$$

El coeficiente β , para la condición de humedad de la región, según los índices de Gasparin y de Blair, pueden variar de 0.014 a 0.018.

b) Heras - Para cuencas sin datos hidrométricos, propone para el análisis de los escurrimientos la siguiente ecuación general:

$$A = S^{\xi} P^{\beta} (\forall I_c + \partial I_p)^* 10^{-3}$$

Los coeficientes que se utilizaron para el área, precipitación promedio e índices representativos, fueron los siguientes:

$$\mathcal{E} = 0.90$$

$$Y = 0.40$$

$$\partial = 0.90$$

$$\beta = \text{variable para cada mes}$$

c) La secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos de México (SARH), para el cálculo de escurrimientos en cuencas pequeñas y sin información hidrométrica, propone una ecuación basada en un coeficiente de escurrimiento en función del área de la cuenca, vegetación y precipitación promedio en forma general, la ecuación es la siguiente:

$$E = P_m * A * C$$

4.2.3.6.2 Caudales medios mensuales

Los caudales medios mensuales (m^3/seg) para la cuenca del río Piraypani hasta su confluencia con el río Grande, se presenta en el Cuadro 42.

De los resultados del Cuadro 42, donde se muestran los escurrimientos medios mensuales por los 3 métodos propuestos, se adoptó el de Heras con el Coeficiente β para la precipitación mensual variable para cada mes, sin embargo, estos resultados son preliminares y deben ser verificados y corregidos con mediciones hidrométricas directas para diferentes épocas del año.

CUENCA DEL RIO PIRAYPANI

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³ /seg)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
METODO SARH												
C	0.600	0.500	0.400	0.350	0.300	0.300	0.250	0.250	0.300	0.400	0.450	0.500
Q (m ³ /seg)	27.542	22.370	15.242	7.641	2.076	1.367	0.764	0.361	2.578	4.994	13.559	19.244
METODO HERAS												
ß	0.90	0.85	0.80	0.80	0.80	0.75	0.75	0.75	0.80	0.80	0.82	0.85
Q (m ³ /seg)	11.04	8.34	5.51	3.55	1.41	0.87	0.64	0.98	1.68	2.26	5.08	7.22
METODO BECERRIL												
ß	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
Q (m ³ /seg)	9.728	8.852	7.320	3.123	0.567	0.298	0.166	0.395	0.771	1.373	5.064	7.431

Con la metodología adoptada, los escurrimientos mensuales y el total anual se presenta en el Cuadro 43.

Cuadro 43

Escurrimiento mensual y anual (m³) * 10⁶

Mes	Escurrimiento mensual	Escurrimiento acumulado	Escurrimiento Total Anual
Enero	29,57	29,57	
Febrero	20,18	49,75	
Marzo	14,76	64,51	
Abril	9,20	73,71	
Mayo	3,78	77,49	
Junio	2,25	79,74	
Julio	1,71	81,45	
Agosto	2,62	84,07	
Septiembre	4,35	88,42	
Octubre	6,05	94,47	
Noviembre	13,17	107,64	
Diciembre	19,34	126,98	
			126,98

El volúmen de escurrimiento anual estimado, alcanza a 126.980.000 m³

Los resultados del Cuadro 43, en forma gráfica, se muestran para el escurrimiento mensual en la Figura 24, y el escurrimiento acumulado en la Figura 25.

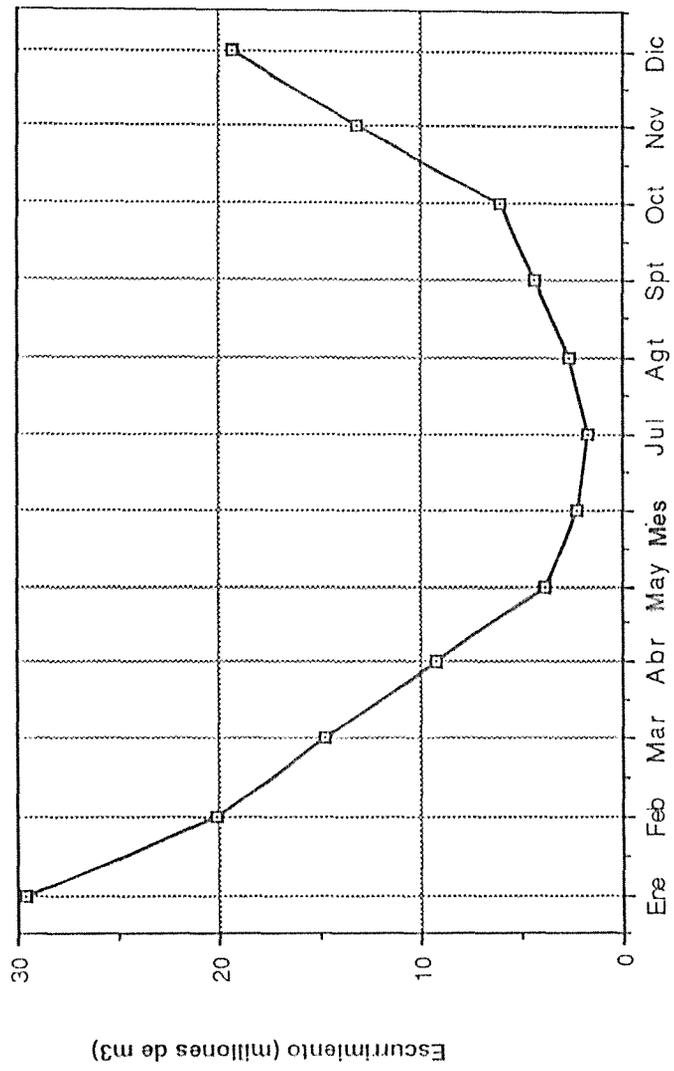


Figura 24.- Escurreimientos mensuales de la Cuenca del río Piraypani

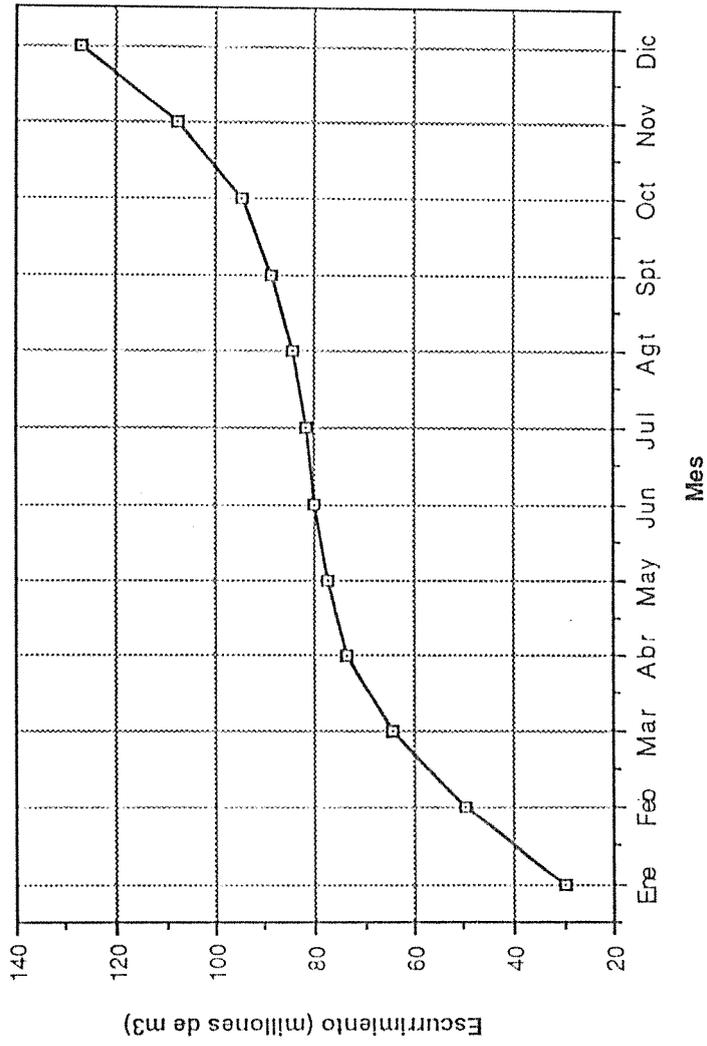


Figura 25.- Esfurrimiento mensual acumulado para la Cuenca del rio Piraypani

4.2.3.6.3 Variación mensual y estacional de escurrimientos

La distribución de los escurrimientos en los diferentes meses del año se muestra en el Cuadro 44.

Cuadro 44

Escurrecimientos mensuales de la cuenca del río Piraypani en porciento del total anual

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
23.3	15.9	11.6	7.2	3.0	1.8	1.3	2.1	3.4	4.8	10.4	15.2

A lo largo del año el régimen de escurrimientos no es uniforme y se halla concentrado en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo.

Al periodo seco corresponden los meses de Mayo a Septiembre, y al periodo de transición corresponden los meses de Abril y Octubre.

La distribución del Cuadro 44, en forma gráfica, se muestra en la Figura 26.

Cuadro 45

Distribución estacional de los escurrimientos en la Cuenca del río Piraypani

Periodo Lluvioso	Periodo de estiaje	Periodo de Transición
76.4	10.6	12.0

Del Cuadro 45, se puede deducir lo siguiente:

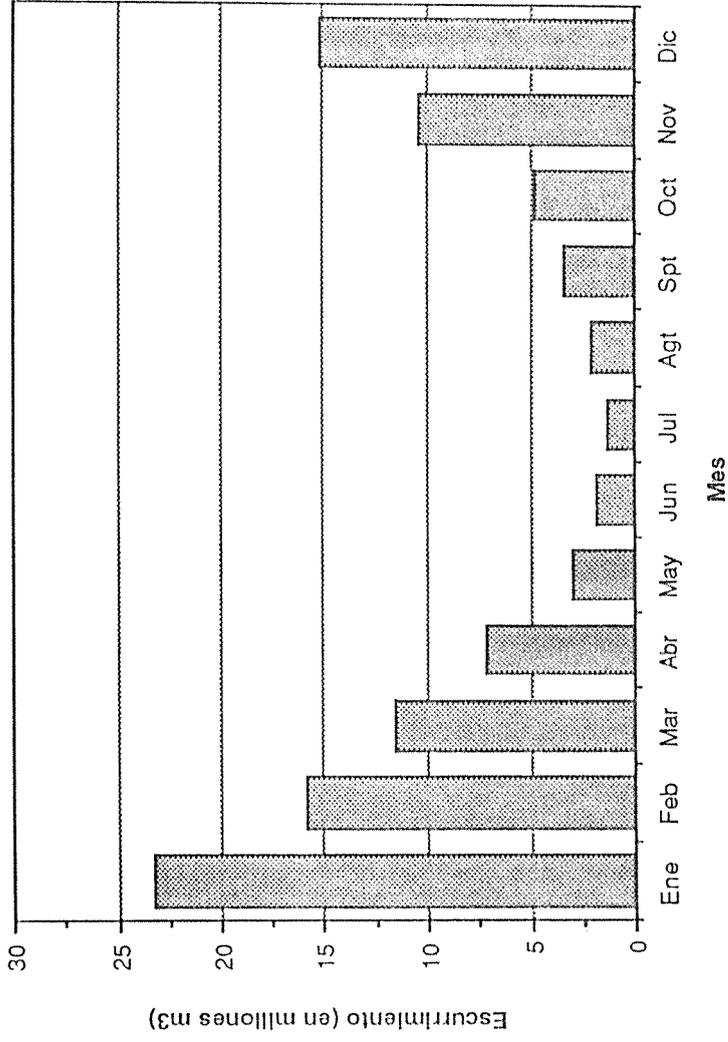


Figura 26.- Escurrencientos mensuales de la Cuenca del rio Piraypani en porcentaje del total anual

a) El periodo lluvioso del mes de Diciembre a Marzo con el 78.7% del escurrimiento total anual.

b) El periodo seco comprende los meses de Marzo a Septiembre con el 10.1% del escurrimiento total anual.

c) El periodo de transición entre el periodo seco y el lluvioso con el 11.2% del escurrimiento total anual.

4.2.3.7 Crecidas

Para la cuenca del río Piraypani, hasta su confluencia con el río Grande, la crecida extraordinaria fue estimada por una serie de fórmulas empíricas. (Citado en 4.1.1.8.1), la mayor parte de estas ecuaciones dan el caudal máximo, en función de la superficie de la cuenca, y en otros intervienen otros parámetros hidrológicos, los resultados obtenidos son los siguientes:

Métodos	Caudal de crecida (m ³ /seg)
Santi	Q = 768.3
Greager	Q = 12.0
Fanning	Q = 464.7
Dickens	Q = 775.1
Quijano	Q = 1132.5
Kuiekling	Q = 1342.7
Gutmann	Q = 2405.9
Heras	Q = 1626.0

Para el cálculo de la crecida extraordinaria en la cuenca del río Piraypani, por el método CN (SCS-USDA), se consideró la condición hidrológica buena mayor a 75% de cobertura, con moderado potencial de escurrimiento, humedad antecedente

III, el número de curva CN-74 y corregido CN-88, la curva de probabilidad pluviométrica para la sub-zona II D, información obtenida de la "DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MAXIMA DIARIA EN BOLIVIA" (MAPA 2-A).

La ecuación de la probabilidad pluviométrica utilizada fue la siguiente:

$$et = 38.82 t^{0.314}$$

$$ht, T = et (1 + 0.58 \text{ Log } T)$$

(La nomenclatura, fue desarrollada en 4.1.1.8.1.a)

La representación de los valores ht, T del tiempo t , se denomina "Curva de probabilidad pluviométrica". Los resultados obtenidos con el método de CN (SCS-USDA), fueron los siguientes:

	Periodo de retorno en años			
	10	25	50	100
$Q = m^3/seg$	556.5	657.3	728.1	809.4

De los resultados obtenidos con los diferentes métodos, se adoptó el correspondiente al CN (SCS-USDA), porque intervienen otros parámetros hidrológicos y parecen ser más aproximados a las condiciones de la cuenca.

4.2.4 Sub cuenca del río La Pesca (Piraymirí)

4.2.4.1 Características de la Cuenca.-

La cuenca del río la Pesca (Piraymirí), está disectada por numerosos ríos y quebradas, con una topografía escarpada, con algunas terrazas y pequeñas planicies, en los márgenes de los ríos los que pueden ser susceptibles de aprovechamiento para cultivos; con pendientes que varían del 6% al 15%, hasta el 40%.

La cuenca del río La Pesca, hasta su confluencia con el río Grande, se halla entre las coordenadas geográficas de latitud Sud 18° 27' 15" a 19° 01' 44" y longitud Oeste 63° 50' 26" a 64° 02' 29".

La dirección del curso principal del río es de Norte a Sud, con variaciones sectoriales de dirección, por los numerosos meandros que forma por los tributarios importantes que recibe. Inicialmente el río toma el nombre de Piraymirí, para después denominarse La Pesca. Sus nacientes se encuentran en las alturas del cerro Chorrillos al Oeste y del cerro Peñonal al Este, a la elevación de 2700 metros sobre el nivel del mar.

Sus afluentes importantes en la margen derecha son:

Quebrada Chorillos

Río Vilca Vilca

Quebrada Chacroso

Río Agua Blanca

Río Toco

Río los Sitanos

En la margen izquierda sus afluentes importantes son:

Río Casadero

Quebrada Palmar

Quebrada Caparosa

Quebrada Guayabillas
Río El Bocón.

4.2.4.2 Morfometría e índices característicos

El área de la cuenca de drenaje del río La Pesca, hasta el límite provincial y confluencia con el río Grande, medido sobre las cartas Nacionales del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) a la escala 1: 50000 es de 730 Km² . (Mapa20).

La longitud del curso principal del río es de 92.45 Km, con una pendiente media del 2.30%, la altura media aproximada de la cuenca es de 1640 metros sobre el nivel del mar, con una cota superior de 2700 m. y una cota inferior de 580 m.

El índice de compacidad conocido como de Gravelius es de 1.60, calculada con la siguiente ecuación:

$$I_c = 0.28 (P / \sqrt{s})$$

El factor de forma calculado para la cuenca es de 11.70, valor obtenido en base al área de la cuenca, longitud del curso principal del río.

El índice de pendiente para la cuenca es de 0.023, este valor, fue calculado con la siguiente ecuación:

$$I_p = (H_{\max} - H_{\min}) / (1000 L_r)$$

En valor relativo, corresponde al 2.30% que significa una cuenca con el curso principal del río en terreno suave.

El alejamiento medio del río, tiene un valor de 3.42, este coeficiente relaciona, la longitud del curso principal del río con el área de la cuenca.

4.2.4.3 Suelos y vegetación

La cuenca del río La Pesca (Piraymiri), se encuentra dentro de las características de zonas de vida que corresponde a bosque húmedo templado (bh-Tc) donde las biotemperaturas alcanzan hasta 14°C o más con escarchas relativamente frecuentes, en las estaciones de otoño e invierno.

En cuanto a la fisiografía de esta cuenca, comprende suelos recientes, terrazas, tierras altas, erosionados y disectados.

La clase de suelos esta acorde a la fisiografía variable de la cuenca y las texturas varían de livianos, francos, moderadamente pesados y pesados; con profundidades superficiales, moderadamente profundos y profundos donde las características químicas como el pH neutro, debilmente ácido a moderadamente alcalino, con deficiencias en el contenido de elementos mayores como el NPK y las propiedades físicas como la infiltración, percolación, moderadas. Información tomada de la referencia bibliográfica 20.

La cobertura vegetal es heterogénea y en ella se distinguen bosques relativamente altos, medianos, y bajos con pastizales naturales.

Entre las especies forestales se han identificado los siguientes:

Nombre regional	Nombre científico
Matico	sp
Laurel	<i>Cordia sp</i>
Thako	<i>Prosopis juliflora</i>
Soto	<i>Schinopsis sp</i>
Wilka	<i>Piptademia macrocarpa</i>
Madera	sp

Sarnoso	sp
Maranguay	sp
Tajibo	<i>Tabebuia ipe</i>
Aliso	<i>Alnus jorullensis</i>
Khichs	sp
Pacay	<i>Inga edulis</i>
Bibosi	<i>Ficus boliviana</i>
Nogal	<i>Juglans boliviana</i>
Pino de Monte	<i>Podocarpus oleifolius</i>
Vuruma	sp
Sincho Kisca	sp
Blanca Flor	sp
Rama Verde	sp
Cedro	<i>Cedrela sp</i>

Entre los arbustos, se tiene una gama de variedades y se han podido identificar los siguientes:

Peine Peine	sp
Maicha	sp
Ramo Verde	sp
Cuaja Cuaja	sp
Romerillo	<i>Acanthosyris falcata</i>
Zarzamora	sp
Sincho kischea	sp
Limoncillo	<i>Casaria sp</i>
Hediondilla	<i>Cestrum parqui</i>

Y muchas otras especies del lugar no identificadas

4.2.4.4 Clima

La precipitación promedio anual para la cuenca alcanza a 1376.1 mm, con lluvias acentuadas en los meses de Noviembre a Marzo.

Por el índice de clasificación climática de Blair, la cuenca del río La Pesca es húmeda, bajo la consideración del promedio anual de precipitación.

La temperatura en la cuenca se presenta, con fuertes fríos del Sud Este o surasos, con presencia de heladas en la época invernal. Según las isotermas elaboradas por la sección de Recursos Naturales de la Corporación Regional de Desarrollo de Santa Cruz, la temperatura promedio anual es de 19°C para la cuenca del río La Pesca.

4.2.4.5 Precipitación

4.2.4.5.1 Precipitación media

La cuenca del río La Pesca (Piraymirí), no cuenta con información pluviométrica, por lo que fue necesario la confección de las isoyetas de promedios mensuales y el anual, con el apoyo de las Estaciones Pluviométricas de cuencas vecinas. Los resultados se muestran en el Cuadro 46.

Cuadro 46

Precipitación media mensual de la cuenca
del río La Pesca (mm)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DI C	T anual
237.5	208.2	221.2	117.8	60.2	31.9	23.0	32.4	38.0	61.4	148.2	196.3	1376.1

Del Cuadro 46, se desprende que, el periodo lluvioso corresponde a los meses de Noviembre a Marzo.

Los resultados anteriores se presentan en forma gráfica en la Figura 27.

4.2.4.5.2 Variación mensual estacional de la precipitación

La distribución media de las precipitaciones mensuales para la cuenca del río La Pesca, se muestra el Cuadro 47.

Cuadro 47

Precipitación media mensual de la cuenca del río La Pesca en porciento del total anual

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
17.2	15.1	16.1	8.5	4.4	2.3	1.7	2.3	2.8	4.5	10.8	14.3

Del Cuadro 47 se deduce:

- a) Los meses con régimen lluvioso significativo son: Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.
- b) El periodo seco podría considerarse a partir del mes de Mayo a Septiembre.
- c) Los meses de Abril y Octubre, se pueden considerar como la transición entre el periodo seco y el lluvioso.

La distribución de la precipitación en porcentaje del total anual, se puede observar en forma gráfica, en la Figura 28.

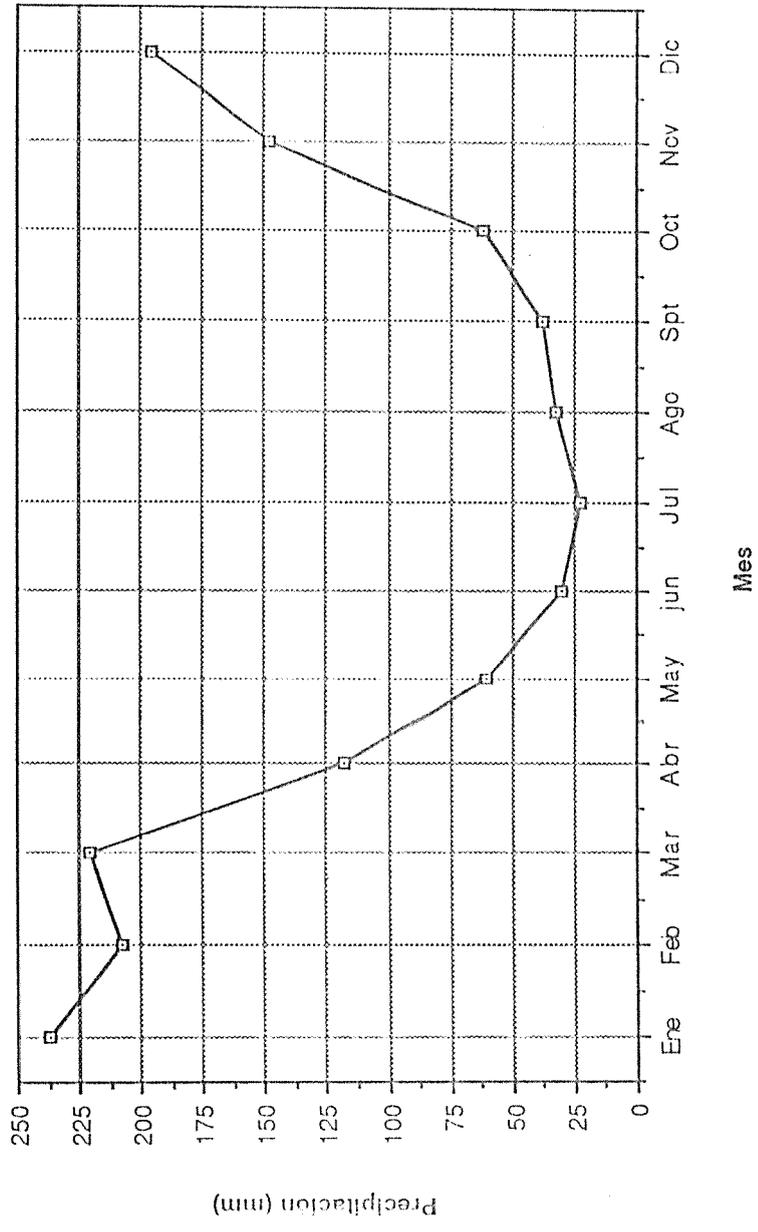


Figura 27.- Precipitación media mensual de la Cuenca del río La Pesca (Piraymiri).

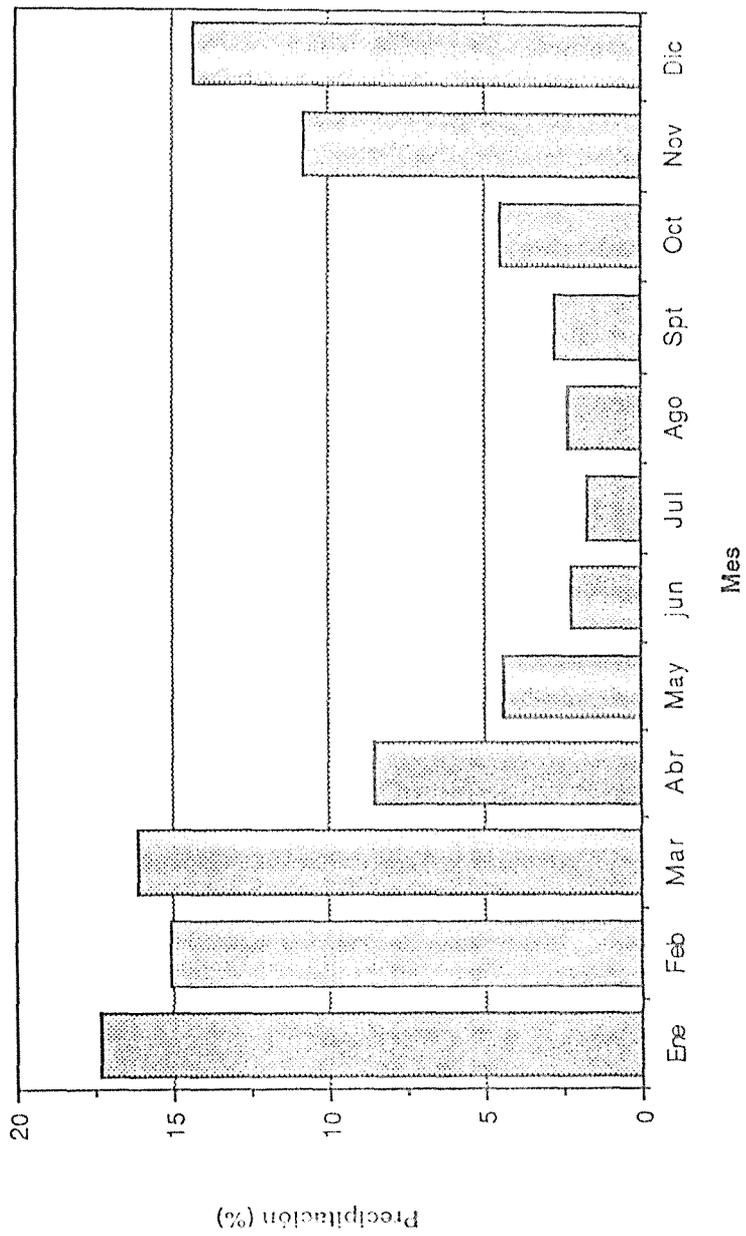


Figura 28.- Distribución de las precipitaciones mensuales, para la Cuenca del río La Pesca (Piraymiri), en porcentaje del total anual.

Cuadro 48

Distribución estacional de las precipitaciones
Cuenca del río La Pesca (Piraymirí)

Periodo Lluvioso	Periodo Seco	Período de Transición
73.5	13.5	13.0

La distribución estacional del régimen lluvioso en la cuenca del río La Pesca es variable y en el Cuadro 47 se observa que, el 73.5% de la precipitación anual corresponde al periodo lluvioso, el 13.5% de la precipitación ocurre en el periodo seco y finalmente el 13.0% de la lluvia ocurre en el periodo de transición.

4.2.4.6 Caudales**4.2.4.6.1 Métodos para la estimación de los escurrimientos**

La cuenca del río La Pesca, no cuenta con ninguna información hidrométrica, por lo que requiere de un estudio más detallado sobre el régimen fluviométrico basado en datos observados o medidos.

La falta de información pluviométrica fue superada con la confección de las isoyetas con promedios mensuales y anuales, aprovechando la información existente de estaciones pluviométricas de cuencas vecinas.

Para el análisis de los volúmenes de escurrimientos mensuales y los caudales medios

mensuales, se recurrió a métodos empíricos, empleando coeficientes para la cuenca, que permitieron estimar esta información.

Los métodos utilizados para el análisis de caudales de la cuenca del río La Pesca, fueron los siguientes:

a) Becerril- Para cuencas sin información hidrométrica propone la siguiente ecuación:

$$A = \beta \bar{P}^{3/2}$$

El coeficiente β , para la condición de humedad de la región, según los índices de Gasparin y de Blair, pueden variar de 0.014 a 0.018.

b) Heras - Para cuencas sin datos hidrométricos, propone para el análisis de los escurrimientos la siguiente ecuación general:

$$A = S^{\xi} P^{\beta} (\bar{Y} I_c + \partial I_p) * 10^{-3}$$

Los coeficientes que se utilizaron para el área, precipitación promedio e índices representativos, fueron los siguientes:

$$\xi = 0.90$$

$$Y = 0.40$$

$$\partial = 0.90$$

$$\beta = \text{variable para cada mes}$$

c) La secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos de México (SARH), para el cálculo de escurrimientos en cuencas pequeñas y sin información hidrométrica, propone una ecuación basada en un coeficiente de escurrimiento en

función del área de la cuenca, vegetación y precipitación promedio en su forma general, la ecuación es la siguiente:

$$E = P_m * A * C$$

4.2.4.6.2 Caudales medios mensuales

Los caudales medios mensuales (m³/seg) para la cuenca del río La Pesca hasta su confluencia con el río Grandé, se presenta en el Cuadro 49.

De los resultados del Cuadro 49, donde se muestran los escurrimientos medios mensuales estimados por 3 métodos propuestos, se adoptó el de Heras con el Coeficiente β para la precipitación mensual variable para cada mes; sin embargo estos resultados son preliminares y deben ser verificados y corregidos con mediciones hidrométricas directas para diferentes épocas del año.

CUADRO 49

CUENCA DEL RIO LA PESCA (PIRAYMIRI)

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³/seg)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
METODO SARH												
C	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
Q (m ³ /seg)	16.183	15.706	15.072	8.294	4.102	2.246	1.567	2.208	2.675	4.184	10.435	13.375
METODO HERAS												
§	0.950	0.900	0.850	0.830	0.820	0.810	0.800	0.800	0.820	0.850	0.870	0.900
Q (m ³ /seg)	16.83	12.59	9.17	5.04	2.68	1.59	1.14	1.50	1.90	3.08	7.45	10.78
METODO BECERRIL												
§	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
Q (m ³ /seg)	13.966	12.691	12.553	5.041	1.782	0.710	0.421	0.704	0.924	1.836	7.113	10.494

Con la metodología adoptada, los escurrimientos mensuales y el total anual es según el Cuadro 50.

Cuadro 50

Escorrimento mensual y anual (m³) * 10⁶

Mes	Escorrimento mensual m ³	Escorrimento acumulado	Escorrimento Total Anual
Enero	45,08	45,05	
Febrero	30,46	75,54	
Marzo	24,56	100,10	
Abril	13,06	113,16	
Mayo	7,18	120,34	
Junio	4,12	124,46	
Julio	3,05	127,51	
Agosto	4,02	131,53	
Septiembre	4,92	136,45	
Octubre	8,25	144,70	
Noviembre	19,31	164,01	
Diciembre	28,87	192,88	
			192,88

Del Cuadro 50, se desprende, que el escurrimiento total anual es de 192.880.000 m³.

Los escurrimientos mensuales y el acumulado, se muestran gráficamente en las Figuras 29 y 30 respectivamente.

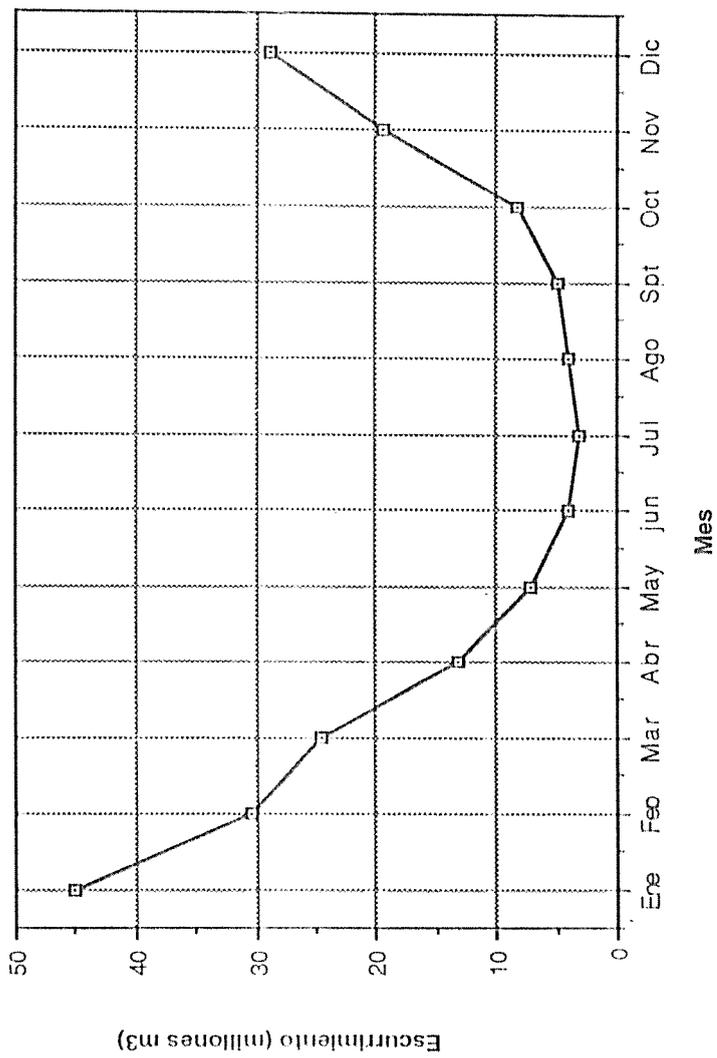


Figura 29.- Escurreimientos mensuales de la Cuenca del río La Pesca (Piraymiri)

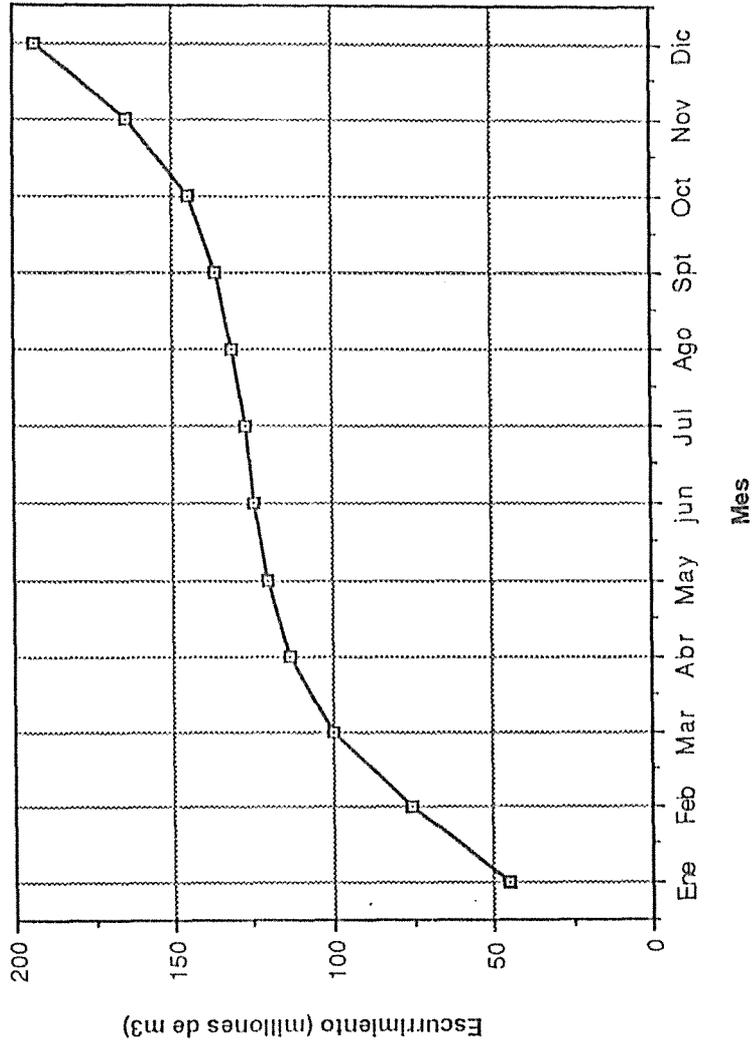


Figura 30.- Escorrentamiento mensual acumulado para la cuenca del rio La Pesca (piraymiri)

4.2.4.6.3 Variación mensual y estacional de escurrimientos

La distribución de los escurrimientos, en los diferentes meses del año, se muestran en el Cuadro 51.

Cuadro 51

Escurrimientos mensuales de la cuenca del río La Pesca (Piraymirí) en porciento del total anual

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
23.4	15.8	12.7	6.8	3.7	2.1	1.5	2.1	2.6	4.3	10.0	15.0

El régimen de escurrimientos, a lo largo del año es muy variable y se halla concentrado en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.

El periodo seco comprende los meses de Mayo a Septiembre, y el periodo de transición corresponde a los meses de Abril y Octubre.

La distribución de los escurrimientos mensuales en porcentaje del total anual, se puede observar gráficamente en la Figura 31.

Cuadro 52

Distribución estacional de los escurrimientos
Cuenca del río La Pesca (Piraymirí).

Periodo Lluvioso	Periodo de estiaje	Periodo de Transición
76.9	12.0	11.1

Del Cuadro 52, se deduce lo siguiente:

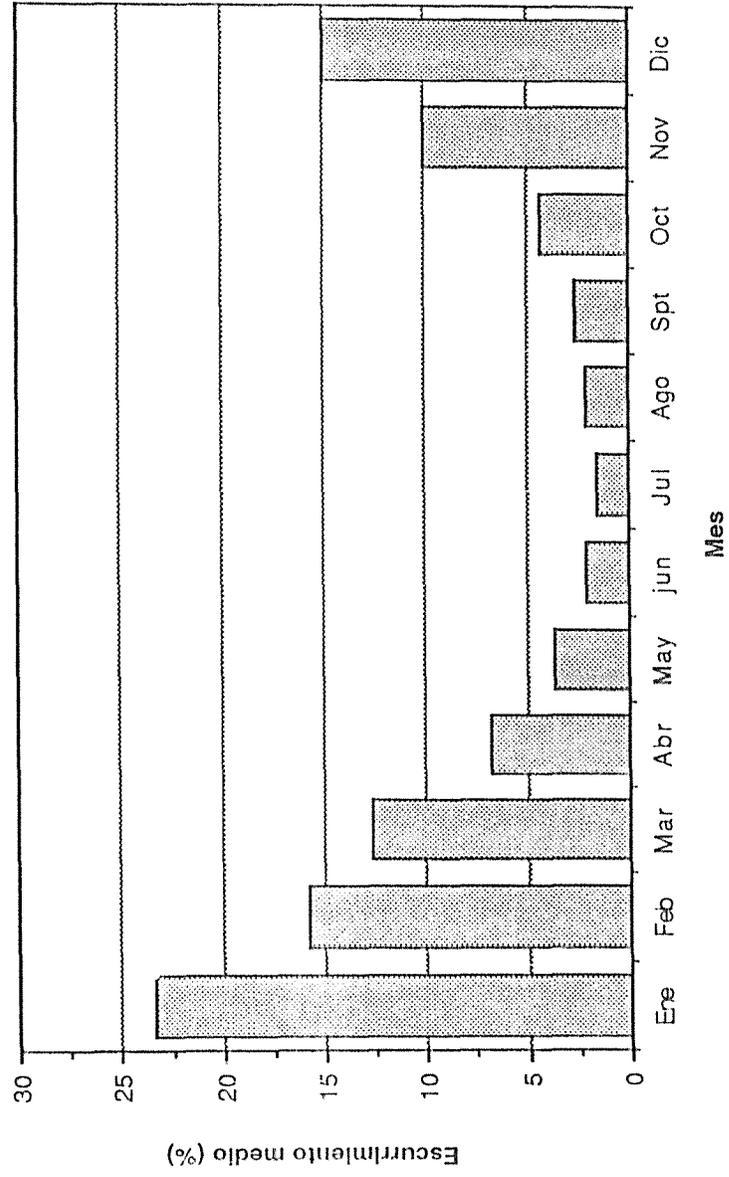


Figura 31.- Esguerrimientos mensuales de la Cuenca del río La Pesca (Piraymiri), en porcentaje del total anual.

a) Al periodo lluvioso del mes de Diciembre a Marzo corresponde el 76.9% del escurrimiento total anual.

b) El periodo seco comprende los meses de Marzo a Septiembre con el 12.0% del escurrimiento total anual.

c) El periodo de transición entre el periodo seco y el lluvioso con el 11.1% del escurrimiento total anual.

4.2.4.7 Crecidas

La estimación de la crecida extraordinaria del río La Pesca, en la confluencia con el río Grande, fue realizada por una serie de fórmulas empíricas (citado en 4.1.1.8.1), y la mayor parte de estas ecuaciones dan el caudal máximo, en función de la superficie de la cuenca, y en otras intervienen otros parámetros hidrológicos. Los resultados obtenidos, son los siguientes:

Métodos	Caudal de crecida (m ³ /seg)
Santi	Q = 891.6
Greager	Q = 11.9
Fanning	Q = 595.0
Dickens	Q = 969.0
Quijano	Q = 1381.3
Kuickling	Q = 1613.5
Gutmann	Q = 2502.8
Heras	Q = 2190.0

Para el cálculo de la crecida extraordinaria de la cuenca del río La Pesca (Piraymirí), por el método CN (SCS-USDA), se consideró la condición hidrológica buena mayor a 75% de cobertura, con

moderado potencial de escurrimiento, humedad antecedente III, el número de curva CN-76 y corregido CN-89, la curva de probabilidad pluviométrica para la sub-zona II D, información obtenida de la "DISTRIBUCION DE PRECIPITACION MAXIMA DIARIA EN BOLIVIA" (MAPA 2-A).

La ecuación de la curva de probabilidad pluviométrica utilizada fue la siguiente:

$$et = 38,82 t^{0.314}$$

$$ht, T = et (1 + 0,58 \text{ Log } T)$$

(La nomenclatura, fue desarrollada en 4.1.1.8.1.a)

La representación de los valores ht, T del tiempo t , se denominó "Curva de probabilidad pluviométrica". Los resultados obtenidos con el método de CN (SCS-USDA) fueron los siguientes:

	Periodo de retorno en años			
	10	25	50	100
$Q = m^3/seg$	764.8	901.1	996.9	1106.6

De los resultados obtenidos con los diferentes métodos, se adoptó el correspondiente al CN (SCS-USDA), porque intervienen otros parámetros hidrológicos y parecen ser los más aproximados a las condiciones de la cuenca.

4.2.5 Sub cuenca del río Masicurí

4.2.5.1 Características de la cuenca

La cuenca del río Masicurí se halla disectada por numerosos ríos y quebradas, con una topografía escarpada, con algunas terrazas que pueden ser aprovechadas para fines de cultivo; con pendientes que varían de 4.0%, 16.0% y hasta el 35.0%.

La cuenca del río Masicurí, hasta su confluencia con el río Grande, se halla ubicada entre las coordenadas geográficas de latitud Sud 18° 31' 15" a 19° 02' 10" y longitud Oeste 63° 38' 04" a 64° 55' 29".

La dirección del curso principal del río es de Norte a Sud, con variaciones sectoriales de dirección, por los meandros que forma y por los tributarios importantes que recibe. Sus nacientes se encuentran en las alturas de la serranía El Empinado, a la elevación de 2460 metros sobre el nivel del mar.

Sus afluentes importantes empezando de la parte alta de la cuenca del río Masicurí, son los siguientes:

a) El río Ancho que tiene como tributarios en la margen derecha al río Alizar, río Piedra, río El Vallecito y en su margen izquierda Quebradas NN.

b) Río Chujlla que recibe las aguas de la quebrada Masicurito en su margen derecha y quebradas NN en su margen izquierda.

A la confluencia del río Chujlla y el Ancho toma el nombre de río Vilcas, que en su margen derecha recibe las aguas del río Llorente y en su margen izquierda de las quebradas NN.

El río Tuilo que es un tributario importante de la cuenca del río Masicurí, recibe en su margen derecha las aguas de la quebrada Tupiriqui, río Centinela y río Infiernillo, en la margen izquierda a la quebrada Pajchita.

A partir de la confluencia de los ríos Vilcas y Tuilo se denomina río Masicurí, que aguas abajo en su margen izquierda recibe las aguas de los ríos: Platanillos y el Tajibo. En su margen derecha, recibe las aguas de los ríos: Peñones, Seco, Matias y de La Bedia.

4.2.5.2. Morfometría e índices característicos

El área de la cuenca de drenaje del río Masicurí, hasta la confluencia con el río Grande, medido sobre la carta nacional del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) a escala 1:50000 es de 1045 km². (Mapa 21).

La longitud del curso principal del río es de 110.5 km; con una pendiente media de 1.8%; la altura media aproximada de la cuenca es de 1480 metros sobre el nivel del mar, siendo la cota superior de 2460 m. y una cota inferior de 500 m.

El índice de compacidad, conocido como el de Gravelius es de 1.50, para cuyo cálculo se tomó la ecuación:

$$I_c = 0,28 (P/\sqrt{S})$$

El factor de forma calculado fue de 11.70, en base a la longitud del curso principal del río y al ancho de la cuenca.

El índice de pendiente para la cuenca es de $I_p = 0.018$, valor calculado con la siguiente ecuación:

$$I_p = (H_{\max} - H_{\min}) / (1000 L_r)$$

En valor relativo, corresponde al 1.8% que significa una cuenca con el curso principal del río en terreno llano.

El alejamiento medio del río tiene un valor de 3.42, éste coeficiente relaciona la longitud del curso principal del río con el área de la cuenca.

4.2.5.3 Suelos y vegetación

La cuenca del río Masicurí dentro del concepto de zonas de vida, comprende a bosque húmedo subtropical y las biotemperaturas medias anuales, varían generalmente entre 22°C y 23°C.

La fisiografía abarca a llanuras aluviales recientes, terrazas bajas y medias, bajadas erosionadas y disectadas, tierras altas erosionadas y disectadas y montañas disectadas.

Los suelos comprenden a texturas livianas, francos y pesados tanto en la zona plana como en las elevaciones; las profundidades pueden ser superficiales, profundas a muy profundas. En cuanto a las características químicas, el pH varía de neutro, moderadamente ácido a moderadamente alcalino, con deficiencias en lo que respecta al contenido de elementos mayores como el NPK, y posiblemente en algunos microelementos y las características físicas están estrechamente relacionadas a la clase textural. Información tomada de la referencia bibliográfica 20.

La cubierta vegetal presenta bosques altos, medianos, abundante vegetación herbácea y pastos naturales.

Entre las especies arbóreas se han identificado a las siguientes:

Nombre común	Nombre científico
Wilca	<i>Piptademia macrocarpa</i>
Momoque	sp
Sarnoso	sp
Cuta	<i>Phyllostylon</i> sp
Ajo	<i>Cordia</i> sp
Taranja	sp
Cuqui	<i>Lonchocarpus</i> sp
Sotillo	<i>Pterogyne nitens</i>
Chirino	sp
Kari	sp
Chuchi	sp
Matara	sp
Penoco	<i>Pithecellobium saman</i>
Pica Pica	sp
China tabla	sp
Cabuya	sp
Tara	<i>Caesalpinia coulteria</i>
Brea	<i>Cercidium praecox</i>
Amabaibo	<i>Cecropia</i> sp
Maranguay	sp
Toco	<i>Enterolobium Timbouwa</i>
Ortega	sp
Peloto	<i>Bombax marginatum</i>
Jorojchi	sp
Cuñuri	<i>Erythrina flacata</i>
Tajibo	<i>Aspidosperma</i> sp
Bibosi	<i>ficus</i> sp
Amarillo	<i>Aspidosperma</i> sp
Guayabochí	<i>Calycophyllum spruceanum</i>
Mururé	<i>Brosimum</i> sp
Palo Santo	<i>Tripalaris caracasana</i>
Gargatea	<i>Carica quercitifolia</i>

4.2.5.4 Clima

La precipitación promedio anual para la cuenca alcanza a 1506.6 mm. con lluvias acentuadas en los meses de Noviembre a Abril.

Por el índice de clasificación climática según Blair, bajo la consideración del promedio anual de precipitación, la cuenca del río Masicurí es húmeda.

La temperatura en la cuenca se presenta con frentes fríos del Sud Este o surasos, con presencia de heladas en la época invernal. Según las isotermas elaboradas por la sección de Recursos Naturales de la Corporación Regional de Desarrollo de Santa Cruz, la temperatura promedio anual es de 19°C para la cuenca del río Masicurí.

4.2.5.5 Precipitación

4.2.5.5.1 Precipitación media

En la cuenca del río Masicurí, se cuenta con una estación pluviométrica en la localidad del mismo nombre, el registro de las observaciones corresponde a los años 69/70 al 87/88, con algunas interrupciones, los mismos fueron completados con el método de Regresión Lineal, tomando como base la estación de Mairana, según se explica en el capítulo de metodología de estudio. El resumen de registro de la estación de Masicurí, se muestra en el Cuadro 53.

Cuadro 53Precipitación media mensual de la estación
de Masicurí (mm)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DI C	T anual
322.7	289.5	307.5	172.6	87.4	53.0	38.3	25.8	48.8	80.4	189.4	245.1	1860.5

Para determinar la precipitación media mensual y total anual de la cuenca del río Masicurí, se confeccionó las isoyetas, con el apoyo de estaciones pluviométricas de cuencas vecinas, cuyos resultados, se muestran en el Cuadro 54.

Cuadro 54Precipitación Media Mensual de la Cuenca
del río Masicurí (mm)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	Tot.Anual
256.2	221.1	243.1	139.1	72.2	42.9	28.8	31.0	39.7	66.5	157.6	212.4	1510.5

Los resultados del Cuadro 54, en forma gráfica se presentan en la Figura 32.

4.2.5.5.2 Variación mensual y estacional de la precipitación

La distribución de la precipitación para la cuenca del río Masicurí, se muestra en el Cuadro 55.

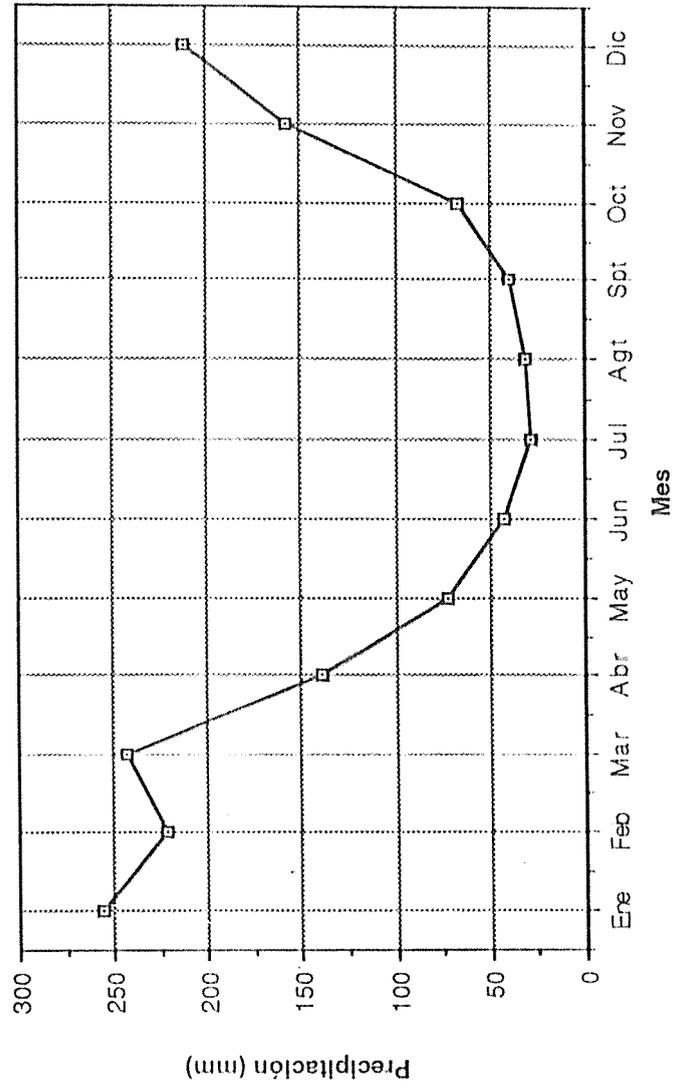


Figura 32.- Precipitación media mensual de la Cuenca del río Mascuri.

Cuadro 55

Precipitación Media Mensual de la Cuenca del río Masicurí
en porciento del total anual

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
17.0	14.6	16.1	9.2	4.8	2.8	1.9	2.1	2.6	4.4	10.4	14.1

Del Cuadro 55, se deduce:

- a) Los meses de régimen lluvioso son: Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo, Abril.
- b) El periodo seco podría considerarse a partir del mes de Junio a Septiembre.
- c) Los meses de Mayo y Octubre, son los de transición entre el periodo seco y lluvioso.

La distribución de la precipitación, en forma gráfica se presenta en la Figura 33.

Cuadro 56

Distribución estacional de las precipitaciones
Cuenca del río Masicurí

Periodo Lluvioso	Periodo Seco	Periodo de Transición
81.4	9.4	9.2

La distribución del régimen lluvioso, durante el año es muy variable, y del Cuadro 56, se desprende que, al periodo lluvioso corresponde el 81.4% del total anual.

La duración del periodo seco es solamente de 4 meses y alcanza al 9.4 % de la precipitación anual; finalmente, al periodo de transición

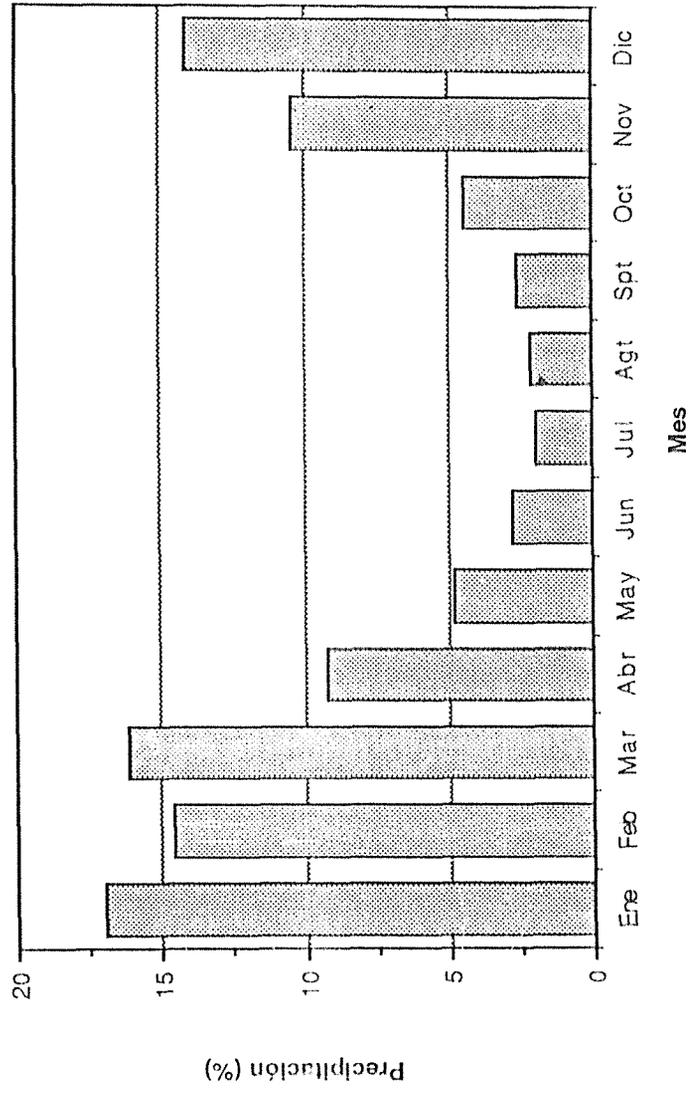


Figura 33.- Distribución de las precipitaciones mensuales, para la Cuenca del río Masicuri, en porcentaje del total anual.

corresponde el 9.2% de la lluvia total .

4.2.5.6 Caudales

4.2.5.6.1 Métodos para la estimación de los escurrimientos

Para la cuenca del río Masicurí, no se cuenta con información hidrométrica, lo que no permite realizar estudios mas detallados basados en aforos. Debido a esta falta de datos básicos, los escurrimientos en la cuenca hasta la confluencia con el río Grande, fueron estimados utilizando diferentes metodologías, basados fundamentalmente en la precipitación obtenida de las isoyetas .

Los métodos utilizados para la estimación de los caudales, fueron los siguientes:

a) Becerril- Con su ecuación general:

$$A = \beta P^{3/2}$$

El coeficiente β , para las condiciones de humedad de la región, según los índices de Gasparin y de Blair, pueden variar de 0.018 a 0.025.

b) Heras - Este autor propone para el análisis de los escurrimientos en cuencas sin información hidrométrica, la siguiente ecuación:

$$A = S^E P^B (Y \text{ Ic} + d \text{ Ip})^* 10^{-3}$$

Los coeficientes que fueron utilizados para el área,

precipitación promedio e índices representativos fueron los siguientes:

$$\beta = 0.90$$

$$Y = 0.40$$

$$\delta = 0.90$$

β = variable para cada mes

c) La secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos de México (SARH), propone para el análisis de los escurrimientos en cuencas pequeñas y sin información hidrométrica, una ecuación con un coeficiente de escurrimiento, obtenido en función del área de la cuenca, vegetación y precipitación promedio, en su forma general es la siguiente:

$$E = P_m * A * C$$

4.2.5.6.2 Caudales medios mensuales

Los caudales medios mensuales (m^3/seg) para la cuenca del río Masicurí, hasta su confluencia con el río Grande, se presentan en el Cuadro 57.

De los resultados del Cuadro 57, donde se muestran los escurrimientos medios mensuales, estimados por 3 métodos, se adoptó el de Heras con el Coeficiente β para la precipitación mensual variable para cada mes. Sin embargo, estos resultados deben ser verificados, corregidos y ajustados con aforos directos para diferentes épocas del año.

CUENCA DEL RIO MASICURI

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³ /seg)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
METODO SARH												
C	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450
Q (m ³ /seg)	44.981	42.978	42.681	25.236	12.676	7.783	5.056	5.443	7.202	11.675	28.592	37.291
METODO HERAS												
ß	0.950	0.900	0.850	0.830	0.820	0.810	0.800	0.800	0.810	0.820	0.830	0.850
Q (m ³ /seg)	23.29	17.11	12.79	7.45	4.01	2.60	1.76	1.87	2.44	3.75	8.26	11.41
METODO BECERRIL												
ß	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
Q (m ³ /seg)	28.799	25.562	26.619	11.905	4.308	2.039	1.085	1.212	1.815	3.308	14.358	21.739

Con la metodología adoptada, los escurrimientos mensuales y el total anual se presenta en el Cuadro 58.

Cuadro 58

Escurrimiento mensual y anual (m³) * 10⁶

Mes	Escurrimiento mensual	Escurrimiento acumulado	Escurrimiento Total Anual
Enero	62,38	62,38	
Febrero	41,39	103,77	
Marzo	34,26	138,03	
Abril	19,31	157,34	
Mayo	10,74	168,08	
Junio	6,74	174,82	
Julio	4,71	179,53	
Agosto	5,01	184,54	
Septiembre	6,32	190,86	
Octubre	10,04	200,90	
Noviembre	21,41	222,31	
Diciembre	30,56	252,87	
			252,87

El volumen de escurrimiento anual estimado con el método de Heras, alcanza a 252.870.000 m³.

Los escurrimientos del Cuadro 58, en forma gráfica se muestran, para el escurrimiento mensual en la Figura 34, y para el escurrimiento acumulado en la Figura 35.

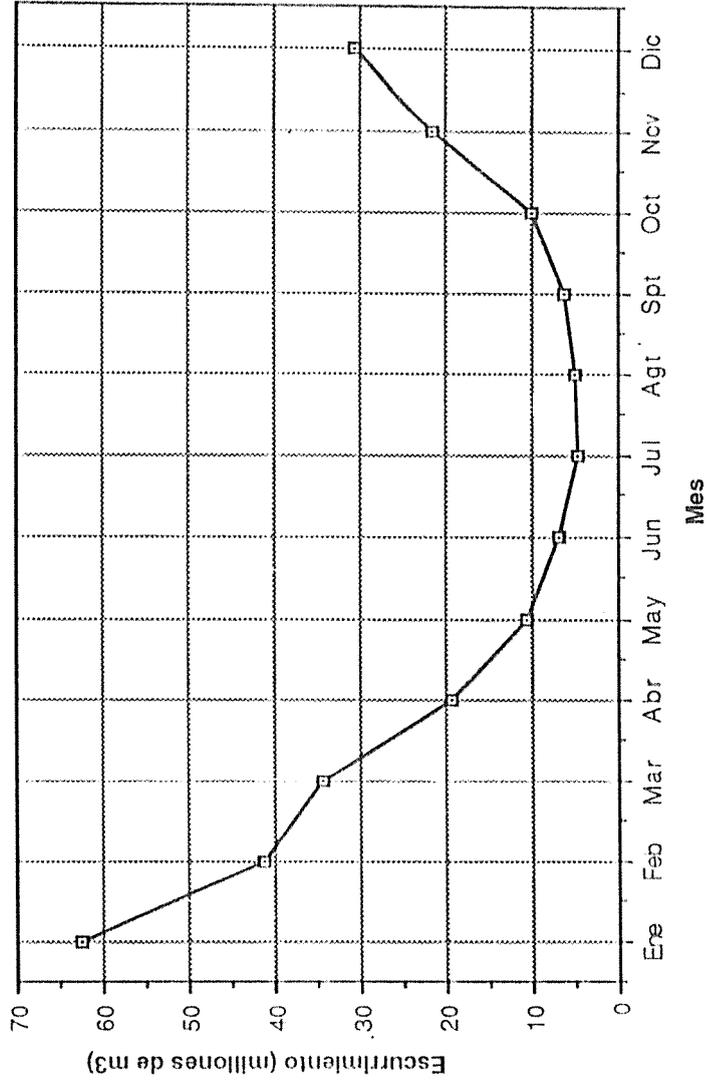


Figura 34.- Escurrencios mensuales de la Cuenca del río Masicurí

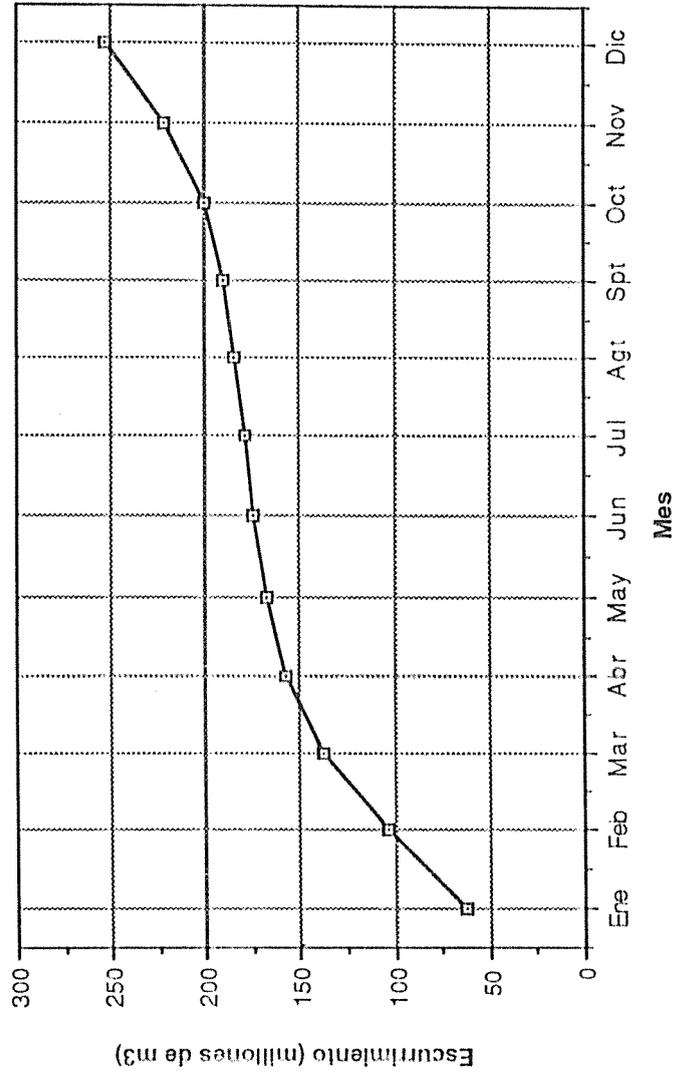


Figura 35.- Escorrimento mensual acumulado para la Cuenca del rio Masicuri

4.2.5.6.3 Variación mensual y estacional de escurrimientos

La distribución de los escurrimientos durante los meses del año, se muestra en el Cuadro 60.

Cuadro 59

Escurrimientos mensuales de la cuenca del río Masicurí en porciento del total anual

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
24.7	16.4	13.5	7.6	4.2	2.7	1.9	2.0	2.5	3.9	8.5	12.1

Del Cuadro 59, podemos señalar, que el régimen de escurrimientos no es uniforme durante el año y se halla concentrado en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril.

El periodo seco comprende los meses de Junio a Septiembre, y el periodo de transición los meses de Mayo y Octubre.

Esta distribución, en forma gráfica se presenta en la Figura 36.

Cuadro 60

Distribución estacional de los escurrimientos de la Cuenca del río Masicurí

Periodo	Periodo de estiaje	Periodo de Transición
82.8	9.1	8.1

Se puede deducir del Cuadro 60, lo siguiente:

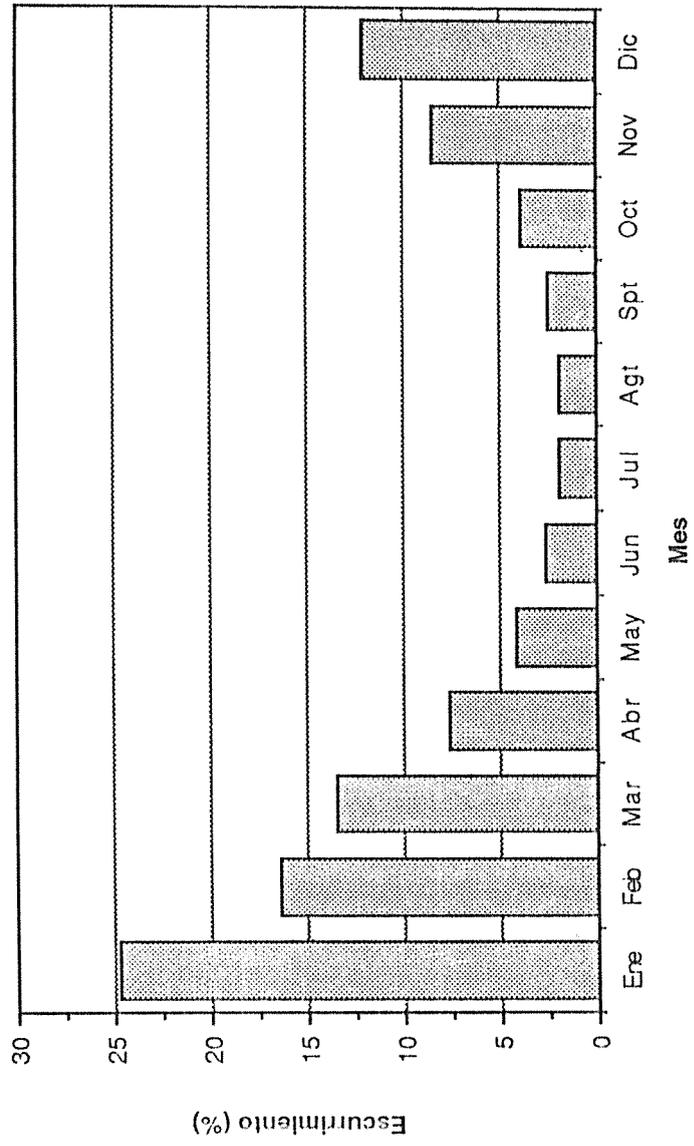


Figura 36.- Escurrimientos mensuales de la Cuenca del río Masicuri, en porcentaje del total anual.

a) El periodo lluvioso de Noviembre al mes de Abril corresponde el 82.8% del escurrimiento total anual.

b) El periodo seco comprende los meses de Junio a Septiembre con el 9.1% del escurrimiento total anual.

c) El periodo de transición entre el periodo seco y el lluvioso con el 8.1% del escurrimiento total anual.

4.2.5.7 Crecidas

Para la cuenca del río Masicurí, hasta su confluencia con el río Grande, la crecida extraordinaria, fue estimada por una serie de fórmulas empíricas (citado en 4.1.1.8.1). La mayor parte de estas ecuaciones dan el caudal máximo, en función de la superficie de la cuenca y en otros intervienen otros parámetros hidrológicos. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Métodos	Caudal de crecida (m ³ /seg)		
Santi	Q	=	1066.8
Greager	Q	=	11.6
Fanning	Q	=	801.3
Dickens	Q	=	1268.2
Quijarro	Q	=	1754.7
Kuickling	Q	=	1959.7
Gutmann	Q	=	2593.7
Heras	Q	=	1776.5

Para el cálculo de la crecida extraordinaria en la cuenca del río Masicurí, por el método CN (SCS-UJDA), se consideró la condición hidrológica regular con el 50-75% de cobertura,

con moderado potencial de escurrimiento, humedad antecedente III, el número de curvas CN-72 y corregido CN-86, la curva de probabilidad pluviométrica para la sub-zona II D, información tenida de la " DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MAXIMA DIARIA EN BOLIVIA" (MAPA 2-A).

La ecuación de la curva de probabilidad pluviométrica utilizada fue la siguiente:

$$et = 38,82 t^{0.314}$$

$$ht, T = et (1 + 0,58 \text{ Log } T)$$

(La nomenclatura fue desarrollada en 4.1.1.8.1.a)

La representación de los valores ht, T del tiempo t , se denomina "curva de probabilidad pluviométrica ". Los resultados obtenidos con el método de CN (SCS-USDA) fueron los siguientes:

	Periodo de retorno en años			
	10	25	50	100
Q= m3/seg	806.8	961.6	1078.4	1195.7

De los resultados obtenidos con los diferentes métodos, se adoptó el correspondiente al CN (SCS-USDA), porque intervienen otros parámetros hidrológicos y parecen ser más aproximados a las condiciones de la cuenca.

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir lo siguiente:

- a) Para analizar el régimen de humedad de la provincia de Vallegrande se definieron 7 sub-cuencas que son tributarios importantes de las cuencas de los ríos Yapacaní y el Grande, correspondientes a la vertiente del Amazonas.
- b) Las sub-cuencas analizadas, fueron las siguientes: ríos Ciénega, Tembladeras, Santa Rosa, Santa Elena, Piraypani, la Pesca (Piraymirí), y Masicurí, Con una extensión superficial total de 4070 Km².
- c) Podemos indicar que la condición climática, de la provincia de Vallegrande, cuenta con 2 sub-zonas climáticas diferentes.
 - 1.- Una zona semiarida o de tierras altas, (cuenca de los ríos Ciénega, Tembladeras, Santa Rosa), que se caracteriza por tener una estación húmeda que se enmarca al periodo lluvioso; un periodo seco bastante prolongado, con un déficit de humedad que reduce las expectativas agrícolas y pecuarias.
 - 2.- Otra zona que es sub-húmeda a semi-árida (cuenca de los ríos: Santa Elena, Piraypani, la Pesca, Masicurí), de tierras bajas, caracterizada por una estación seca no muy prolongada pero con marcado déficit de humedad. La estación lluviosa, con altas precipitaciones, lo que permite plantear la posibilidad de aprovechamiento con fines agrícola y pecuario.
- d) Del análisis morfométrico e índices característicos de las cuencas, podemos concluir, que las cuencas hidrográficas de la provincia Vallegrande, se comportan en forma homogénea, todas ellas

tendiendo a la fase de equilibrio, con terrenos con poca pendiente y formando terrazas.

- e) Las cuencas hidrográficas de la provincia de Vallegrande en cuanto al proceso erosivo que sufren son diferentes; podemos señalar que en la cuenca del río Ciénega; este fenómeno inicialmente pudo haber sido laminar; pero debido a la tala indiscriminada de la vegetación y al sobrepastoreo se fueron formando canales, hasta llegar a la situación actual de cárcavas profundas.

Las cuencas de los ríos Santa Elena y el Tembladeras tienen problemas erosivos de características muy parecidas a las del río Ciénega.

Los problemas erosivos, en las cuencas de los ríos: Santa Elena, Piraypani, La Pesca (Piraymiri) y el Masicurí, se deben al manejo inadecuado de los suelos en ladera, por los cultivos que realizan los agricultores y provocan deslizamientos enormes de tierra.

- f) Del análisis de los caudales medios mensuales, para el periodo lluvioso y seco, se puede concluir lo siguiente:

- 1.- No se pueden establecer correlaciones para el periodo seco; con los caudales de los ríos Yapacaní y Grande, por la falta de información hidrométrica, pero los resultados obtenidos podrán servir de referencia para posteriores estudios.

- g) Las crecidas extraordinarias estimadas para las diferentes cuencas de la provincia de Vallegrande, muestran un comportamiento de acuerdo a las características de cada sub-cuenca. Sin embargo, estos resultados deben ser analizados con mayor profundidad para ver la correlación existente, con las crecidas extraordinarias de los ríos Yapacaní y Grande y para diferentes periodos de retorno.

6. RECOMENDACIONES

De las conclusiones a las que se arribó con el presente estudio, que es a un nivel preliminar, se pueden realizar las siguientes sugerencias:

- a) Para una definición más precisa de las condiciones climáticas, será conveniente la instalación de una red de estaciones de termopluiométricas en las diferentes cuencas hidrográficas, tomando en cuenta las condiciones orográficas y diferencias de altitud de la provincia.
- b) También, se recomienda la instalación de una red de limnómetros y limnigrafos, en secciones estables de los ríos, con mediciones periódicas de los escurrimientos con molinete hidráulico; con el propósito de calibrar la sección y ajustar los resultados obtenidos en el presente estudio.
- c) Será también, conveniente la medición periódica, fundamentalmente en época lluviosa de los sedimentos en suspensión y de arrastre, con instrumentos integradores; con el propósito de cuantificar el rendimiento de sedimentos en las diferentes cuencas. Esta información, permitirá a los planificadores y proyectistas mejorar sus criterios para un mejor manejo de las diferentes cuencas.
- e) Finalmente, la instalación y manejo de las redes hidrometeorológicas y sedimentológicas en las cuencas hidrográficas de la provincia de Vallegrande, deben tener una coordinación muy estrecha con la oficina Regional de SENAMHI y de la repartición encargada de estos aspectos en CORDECruz.

PRECIPITACION MENSUAL EN (mm)

Cuadro 1-A

Estación: Vallegrande

Provincia: Vallegrande

Departamento: Santa Cruz

Altura: 2030 m.s.n.m.

Lat. S: 18° 29' 00"

Long W: 64° 06' 00"

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL ANUAL
1944	144.0	145.0	112.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	134.0	66.0	188.0	789.0
1945	381.0	274.0	170.0	55.0	18.0	0.0	1.0	35.0	115.0	65.0	86.0	155.0	1355.0
1946	64.6	174.6	20.4	14.2	9.7	0.0	0.0	31.5	77.8	2.1	42.0	154.5	591.4
1947	274.3	138.0	1.3	108.2	8.4	1.0	10.0	6.0	5.4	34.7	77.8	172.9	838.0
1948	162.1	218.1	96.4	46.2	2.4	57.7	15.8	4.7	13.4	117.0	129.0	+99.1	981.9
1949	390.0	165.9	48.5	60.4	3.5	79.5	26.3	20.4	0.0	39.2	91.2	201.9	1126.8
1950	179.0	67.6	22.3	9.3	36.2	1.8	15.7	31.1	39.5	37.6	6.0	35.5	481.6
1951	111.0	45.8	38.3	37.1	44.3	19.4	0.0	16.3	13.0	57.7	46.5	65.4	494.8
1952	84.7	87.9	23.8	8.7	26.0	13.4	12.8	2.7	4.8	4.4	0.8	115.8	385.8
1953	50.3	161.8	36.2	61.3	41.7	6.5	1.1	0.0	0.0	24.1	220.3	202.5	769.6
1954	170.5	291.6	109.7	41.3	14.4	6.2	8.7	1.6	20.2	56.9	52.2	60.3	833.6
1955	341.4	174.9	97.6	20.6	5.7	18.7	32.7	5.0	6.0	4.5	104.8	206.6	1018.5
1956	182.3	76.7	1.1	70.8	1.9	2.0	3.8	1.5	62.8	89.4	148.8	37.4	678.5
1957	186.1	222.8	36.0	79.8	5.9	5.6	0.7	1.6	8.9	58.0	119.5	51.7	776.6
1958	332.4	56.4	120.5	10.5	17.4	1.7	35.5	10.6	11.7	87.5	24.5	113.5	822.2
1959	85.1	56.9	41.2	11.1	0.0	0.0	16.3	0.0	36.4	18.9	26.0	128.3	420.2
1960	66.1	79.8	15.8	85.9	9.6	0.0	11.2	7.2	53.6	78.2	62.8	58.3	528.5
1961	73.5	108.0	84.0	69.6	19.0	18.0	+12.2	+7.7	23.3	+67.7	+43.1	+110.8	636.9
1962	+81.9	+59.2	+59.3	+88.3	6.9	+2.9	+10.8	+16.8	30.5	+18.3	+37.5	+117.1	529.5
1963	+245.4	+121.3	+77.2	+11.0	2.3	+2.9	+3.8	+5.5	2.9	+11.0	+37.2	+81.6	602.1
1964	+102.0	+194.9	+31.6	+35.4	14.6	+5.5	+3.8	+34.8	7.8	+30.1	+21.4	+84.4	567.3
1965	131.3	111.6	45.8	44.5	16.3	11.2	8.5	16.0	16.0	53.0	77.5	61.7	593.4
1966	83.6	67.7	71.0	8.5	15.9	70.8	32.0	1.0	13.8	39.8	42.9	60.2	507.2
1967	77.0	90.0	66.5	14.0	29.2	6.8	18.8	0.0	19.2	14.8	54.5	101.4	492.2
1968	126.2	218.6	71.4	39.3	11.9	8.8	0.2	+10.8	5.1	+29.1	+37.2	+97.6	656.2

PRECIPITACION MENSUAL EN (mm)

Cuadro 2-A

Estación: Trígal

Provincia: Vallegrande

Departamento: Santa Cruz

Altura: 1500 m.s.n.m.

Lat. S: 18° 18'

Long W: 64° 09'

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL ANUAL
1966	74.5	59.5	37.0	7.6	36.3	108.5	23.4	0.7	0.5	55.1	51.5	83.1	537.7
1967	132.7	94.0	42.0	42.1	0.0	6.0	2.5	0.0	23.6	19.5	66.5	157.3	586.2
1968	+75.8	+116.2	+71.2	+21.8	17.5	+19.5	+12.6	+14.2	9.3	+30.0	+21.0	+82.9	492.0
1969	88.6	42.0	26.9	22.5	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	27.0	104.0	97.0	428.0
1970	124.3	49.5	0.0	23.0	31.5	26.0	27.2	18.6	41.1	43.2	61.8	140.2	586.4
1971	22.8	80.4	80.8	74.9	34.8	18.7	5.3	0.0	5.2	29.4	13.9	32.0	398.2
1972	46.8	29.0	62.9	27.8	0.0	40.2	4.5	18.5	0.0	21.0	13.1	47.7	311.5
1973	71.5	22.5	10.5	3.5	30.9	34.8	21.0	16.5	7.7	55.7	167.5	156.2	598.3
1974	115.3	122.9	209.0	138.9	5.0	16.0	0.0	8.0	23.6	69.7	9.0	+ 38.5	755.9
1975	+88.7	+49.9	+74.1	111.8	+21.7	+29.1	15.1	33.2	68.0	47.3	114.6	103.8	757.3
1976	146.7	+65.0	59.7	+58.1	82.5	7.1	0.0	54.0	37.8	34.3	40.7	53.1	639.0
1977	73.6	39.6	91.3	54.8	38.0	2.0	1.0	48.8	33.0	43.2	67.0	254.0	746.3
1978	67.8	82.4	+33.3	43.0	22.5	+24.0	+19.9	5.7	+ 18.3	14.8	22.3	72.0	426.0
1979	120.4	114.8	112.6	32.4	32.4	8.4	17.7	1.5	10.0	5.0	24.5	89.5	569.2
1980	139.8	51.6	71.1	33.9	14.3	5.9	19.5	60.7	4.0	40.5	24.7	71.1	537.1
1981	104.8	78.3	101.8	23.2	8.2	14.5	14.4	32.6	30.3	41.0	61.6	136.0	646.7
1982	135.0	152.3	108.5	68.3	20.5	3.0	15.0	14.0	13.3	34.0	+60.7	67.0	691.6
1983	89.8	97.1	69.2	102.2	39.8	+8.1	15.0	14.0	18.3	34.0	+76.3	+31.5	595.3
1984	+115.6	+70.5	+93.9	+48.5	29.3	+6.1	+6.0	+20.9	7.6	+74.9	+219.5	+104.8	797.6
1985	+76.4	+132.1	+47.5	+79.5	17.2	+96.9	+41.8	+39.3	56.6	+14.4	+58.1	+103.6	763.4
1986	+78.2	+117.1	+98.6	+90.3	49.4	+12.4	0.0	0.0	19.5	19.0	11.0	42.2	537.7
1987	39.0	20.0	19.1	+ 90.9	21.6	+28.9	+16.2	3.5	26.0	114.5	6.6	31.0	417.3
1988	57.7	63.1	65.7	28.5	49.0	10.0	4.0	0.0	10.5	33.5	58.0	101.4	481.4

PRECIPITACION MENSUAL EN (mm)

Cuadro 3-A

Estación: Moro Moro
 Provincia: Vallegrande
 Departamento: Santa Cruz

Altura: 2340 m.s.n.m.
 Lat. S: 18° 21'
 Long W: 64° 19'

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL ANUAL
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	15.1	60.8	112.5	-
1970	80.8	54.6	125.9	25.8	27.8	1.3	28.1	6.7	17.0	22.5	91.7	107.9	590.1
1971	71.7	130.4	52.6	30.8	1.3	1.3	0.2	37.4	17.4	57.5	49.9	37.1	487.6
1972	44.5	72.6	61.7	27.4	6.3	27.7	+1.2	+144.2	11.4	+56.3	+76.6	+101.1	631.0
1973	+53.8	+100.2	+48.4	+14.8	11.7	+9.5	+1.8	11.0	6.7	38.9	100.0	139.6	536.4
1974	194.8	130.4	114.8	95.1	0.0	1.4	3.7	1.5	3.0	55.0	45.0	68.3	713.0
1975	+210.6	+57.1	+110.1	+17.6	12.7	1.5	1.9	3.5	16.1	6.5	82.3	124.0	643.9
1976	208.8	206.0	41.7	24.5	27.8	1.6	0.1	28.7	33.8	14.0	63.5	55.8	706.3
1977	128.7	65.0	102.1	13.2	5.0	0.0	0.0	48.3	18.1	52.5	+119.9	101.8	654.6
1978	138.9	286.9	59.7	53.6	7.2	0.2	0.0	2.0	2.0	25.6	102.2	285.2	963.5
1979	191.6	147.4	146.4	9.9	39.6	9.0	17.8	0.0	1.3	44.6	34.8	92.5	734.9
1980	102.7	79.4	164.9	22.5	18.4	2.6	9.0	52.5	15.0	+17.2	+73.0	+93.4	650.6
1981	257.0	89.8	218.6	20.2	11.3	3.0	3.0	54.0	28.0	37.3	82.6	135.5	940.3
1982	137.6	195.0	48.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.6	16.0	79.5	28.0	88.0	597.2
1983	147.5	72.7	61.3	24.7	29.8	0.0	10.0	4.1	14.0	22.5	44.5	17.1	448.2
1984	152.8	124.3	162.3	11.0	2.9	7.0	0.2	23.6	4.5	104.7	108.5	86.4	788.2
1985	145.4	115.0	82.1	76.1	10.9	24.4	8.2	12.8	38.1	10.8	182.0	49.0	754.8
1986	142.2	177.9	200.1	18.3	24.0	0.0	0.1	0.0	38.3	+11.5	+77.7	+124.0	814.1
1987	+156.6	25.7	18.3	64.6	24.9	12.6	9.8	+2.2	22.4	+106.7	+83.8	+118.3	645.9

PRECIPITACION MENSUAL EN (mm)

Cuadro 4-A
 Estación: Alto Seco
 Provincia: Vallegrande
 Departamento: Santa Cruz

Altura: 1960 m.s.n.m.
 Lat. S: 18° 52'
 Long W: 64° 04'

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL ANUAL
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65.0	172.0	172.0	(409.0)
1970	263.5	159.0	223.5	140.0	41.1	57.0	11.6	15.1	34.0	38.8	145.3	112.2	1241.1
1971	134.0	194.1	235.2	130.1	64.5	35.3	2.1	49.6	70.4	168.0	210.2	295.1	1588.6
1972	360.6	159.4	189.2	108.4	23.0	43.0	10.6	30.3	74.9	45.7	193.0	493.9	1732.0
1973	231.8	147.4	259.7	131.8	128.3	+20.4	+14.3	+51.9	37.7	+68.1	+125.9	+354.2	1571.5
1974	+369.4	+195.6	+186.6	+164.8	57.6	+12.1	+20.8	+7.0	52.7	+106.7	+93.5	+79.7	1346.5
1975	+398.0	+152.0	+277.8	+83.5	47.1	5.4	35.0	16.6	94.4	72.6	198.5	117.2	1498.1
1976	336.7	205.0	110.0	95.5	60.5	+12.8	+8.1	+21.5	53.4	23.0	89.4	128.4	1144.6
1977	219.7	216.0	318.0	106.7	62.3	5.6	5.6	29.0	105.2	115.9	279.1	89.1	1552.2
1978	177.5	390.5	174.4	110.0	14.0	10.7	5.5	3.0	0.2	58.7	189.4	364.1	1498.0
1979	309.9	291.3	229.0	149.9	169.4	26.4	32.4	2.0	23.0	84.8	134.9	247.0	1700.0
1980	240.3	169.3	254.6	65.7	27.0	17.0	17.5	84.3	9.5	67.0	+133.9	155.6	1241.7
1981	493.0	278.1	211.5	62.4	22.0	23.5	23.0	61.0	37.1	74.0	161.0	289.0	1735.6
1982	209.3	294.4	431.4	194.2	66.5	14.7	8.0	19.3	52.0	64.5	138.3	217.3	1709.9
1983	185.5	205.5	228.0	88.0	181.0	56.0	+11.1	+20.7	39.5	+85.6	208.0	32.0	1340.9
1984	565.0	193.0	70.0	0.0	15.0	0.0	5.0	46.0	36.0	112.0	517.0	438.0	1997.0
1985	389.0	446.0	325.0	353.0	+ 30.3	+ 36.4							
Σx	4833.2	3696.6	3723.9	1984.0	1009.9	376.3	210.6	457.3	720.0	1250.4	2989.4	3584.8	
x	305.2	231.0	232.7	124.0	63.1	23.5	14.0	30.5	48.0	78.2	186.8	224.1	1561.1
s	119.6	87.4	84.9	76.2	52.1	17.5	9.9	23.5	29.0	34.8	100.4	137.0	
n	16	16	16	16	16	16	15	15	15	16	16	16	

PRECIPITACION MENSUAL EN (mm)

Cuadro 5-A

Estación: Masicurí
 Provincia: Vallegrande
 Departamento: Santa Cruz

Altura: 400 m.s.n.m.
 Lat. S: 18° 59'
 Long W: 63° 42'

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DICBRE	TOTAL ANUAL
1969									21.5	27.5	106.6	85.9	-
1970	213.9	207.8	272.3	135.4	39.3	38.4	27.0	7.0	42.0	8.2	88.2	55.5	1135.0
1971	66.4	184.0	241.6	109.6	63.0	26.0	9.0	30.0	75.6	80.2	113.6	289.2	1288.2
1972	+ 202.9	+333.7	+189.4	+107.3	+0.0	55.3	6.3	36.3	31.2	53.0	149.7	201.7	1366.8
1973	127.6	65.3	164.5	101.6	79.7	82.3	13.0	27.0	10.0	116.0	282.4	330.0	1399.4
1974	498.8	490.7	349.4	256.3	30.6	35.3	54.2	10.8	42.5	106.2	60.8	204.3	2140.2
1975	+ 390.6	+60.2	+251.7	+103.7	+55.4	30.2	60.4	13.4	106.2	59.3	209.6	143.7	1484.4
1976	365.1	192.8	199.0	64.4	101.7	20.3	3.0	25.6	22.5	46.1	165.9	149.2	1356.6
1977	246.0	200.2	+282.5	157.0	72.1	31.7	21.5	30.2	95.7	45.6	267.2	196.4	1646.1
1978	275.3	455.5	184.6	126.2	11.7	17.3	4.0	0.0	15.2	58.7	280.4	314.8	1743.7
1979	296.1	178.7	530.9	280.5	184.9	102.4	92.9	38.4	80.1	115.8	337.7	240.1	2478.5
1980	+135.5	+39.6	+276.6	+93.3	68.7	+16.6	+23.8	+39.9	25.5	+48.1	+119.6	+233.8	1121.0
1981	522.5	552.3	483.5	245.0	88.2	80.0	32.0	58.5	99.2	163.0	358.8	430.5	3113.5
1982	489.8	534.4	843.1	455.6	70.3	46.9	50.2	71.5	37.0	155.3	226.1	377.0	3357.2
1983	581.4	314.7	187.9	229.1	241.7	175.0	180.0	25.2	51.3	231.2	269.4	364.2	2851.1
1984	+575.5	+ 196.8	+285.4	+126.7	120.9	+17.3	+11.6	+24.0	21.4	+126.0	+379.5	+285.3	2170.4
1985	+305.9	+605.5	+206.5	+163.4	17.3	+135.0	+98.9	+43.4	84.3	+33.0	+162.9	+284.0	2140.1
1986	+318.5	+506.1	+293.4	+176.2	292.6	+25.5	3.7	4.1	93.3	21.0	82.7	277.3	2094.6
1987	+289.0	+253.4	+161.3	+176.9	54.6	+46.9	+36.6	3.1	10.2	87.6	114.8	227.1	1461.5
1988	229.8	128.8	438.8	171.7	67.9	23.8	0.2	0.0	12.1	25.2	12.3	211.0	1321.6

PRECIPITACION MENSUAL EN (mm)

Cuadro 6-A

Estación: Puesto Nava
 Provincia: Vallegrande
 Departamento: Santa Cruz

Altura: 1011 m.s.n.m.
 Lat. S: 18° 42'
 Long W: 64° 18'

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTBRE	OCTUBRE	NOVBRE	DICBRE	TOTAL ANUAL
1960	144.8	115.8	8.4	57.9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	23.9	13.3	85.4	453.0
1961	38.1	63.9	31.4	55.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	36.7	14.7	63.7	307.0
1962	62.0	37.1	60.7	36.7	15.5	0.0	0.0	0.0	17.6	11.7	11.9	108.1	361.3
1963	56.6	58.9	25.7	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.8	153.6	326.9
1964	58.0	46.9	96.8	11.9	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	2.7	28.9	247.9
1965	140.2	50.4	37.3	0.0	7.0	0.0	2.0	0.0	9.4	4.5	18.6	114.6	384.0
1966	91.5	81.9	57.1	23.9	0.0	21.2	0.0	0.0	0.0	13.0	56.8	104.7	450.1
1967	91.7	86.6	22.2	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	0.2	40.8	36.7	295.6
1968	57.1	143.7	34.5	25.3	0.0	3.5	0.0	19.7	10.8	10.2	35.8	57.4	398.0
1969	118.3	93.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.6	4.6	65.1	67.2	371.5
1970	118.9	42.7	54.6	30.6	8.3	0.0	1.1	0.0	17.6	0.0	18.9	41.1	333.8
1971	18.0	81.7	13.3	24.5	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	32.2	2.4	161.1	346.6
1972	39.5	52.1	34.5	25.3	4.5	4.0	0.0	7.3	0.3	19.0	58.1	58.9	303.5
1973	23.3	32.0	59.8	4.9	11.7	12.0	0.0	2.6	3.4	51.2	26.5	87.8	315.2
1974	152.9	107.4	49.9	53.2	0.0	0.0	10.0	3.0	11.5	26.6	61.1	77.1	552.7
1975	56.3	53.9	57.3	10.7	1.0	0.0	0.0	0.0	21.5	43.8	4.5	45.0	294.0
1976	153.6	38.7	4.7	4.7	0.0	0.0	0.0	27.2	23.4	0.0	33.2	55.4	340.9
1977	55.3	58.9	36.9	1.6	0.0	0.0	0.0	10.0	4.7	19.1	41.3	49.5	277.3
1978	57.8	146.9	32.3	11.9	0.2	0.0	0.0	3.2	0.0	0.3	104.6	99.0	456.2
1979	115.1	88.0	83.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	65.5	52.6	415.2

PRECIPITACION MENSUAL EN (mm)

Cuadro 7-A

Estación: Pucará

Provincia: Vallegrande

Departamento: Santa Cruz

Altura: 2540 m.s.n.m.

Lat. S: 18° 43'

Long W: 64° 11'

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTBRE	OCTUBRE	NOVRE	DICBRE	TOTAL ANUAL
1969									8.5	76.3	103.8	222.0	-
1970	178.0	121.0	125.0	57.0	23.0	4.0	6.0	0.0	21.2	6.0	68.2	95.0	704.4
1971	99.0	145.5	44.8	44.0	8.0	7.0	0.0	27.0	10.0	44.0	91.0	124.0	644.3
1972	166.0	128.0	179.0	45.0	13.0	25.4	0.0	36.0	20.0	19.0	63.5	106.3	806.2
1973	83.3	106.4	156.1	27.0	25.1	35.0	0.0	22.0	10.0	52.0	123.0	33.7	673.6
1974	28.5	20.7	14.4	12.1	3.1	0.0	2.1	0.0	19.5	32.0	14.5	+ 70.0	216.9
1975	+159.1	+73.6	+151.3	+30.9	10.9	2.0	1.0	8.0	36.5	9.0	99.8	90.9	683.0
1976	263.1	98.7	102.4	38.3	54.3	15.5	3.2	47.2	44.4	17.2	97.4	75.4	857.1
1977	144.8	193.5	139.3	18.1	6.4	1.0	1.0	23.1	66.1	7.0	125.1	111.6	837.0
1978	154.9	243.9	78.5	50.0	4.0	4.1	1.1	5.0	0.7	119.9	145.9	110.7	918.7
1979	207.4	168.0	190.9	48.8	8.6	7.2	25.6	0.0	6.5	36.5	115.2	148.8	963.5
1980	168.6	82.0	160.2	8.0	61.0	2.0	3.0	39.5	14.0	32.7	+ 78.4	57.8	707.2
1981	266.9	146.2	121.3	21.9	16.2	4.0	0.0	40.6	25.2	36.8	120.9	179.0	979.0
1982	75.7	218.5	206.1	143.7	23.0	1.0	5.0	2.0	14.4	84.5	36.2	92.2	902.3
1983	112.7	74.2	29.5	9.4	48.7	4.0	16.0	1.0	21.0	50.5	56.9	49.0	472.9
1984	213.8	193.2	137.4	26.0	8.0	2.0	0.0	6.0	4.0	95.5	165.4	98.0	949.3
1985	105.3	142.8	70.0	79.5	23.0	18.2	13.0	20.0	53.0	4.1	48.3	86.0	663.2
1986	61.5	154.1	343.0	39.2	22.3	0.0	4.3	20.0	13.1	28.0	59.3	83.2	828.0
1987	126.5	63.6	22.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	97.5	100.7	170.8	593.2
1988	178.0	116.1	174.8	71.0	24.0	0.0	13.0	0.0	26.0	35.0	35.0	115.0	672.9

PRECIPITACION MENSUAL EN (mm)

Cuadro 8-A

Estación: Samaipata

Provincia: Florida

Departamento: Santa Cruz

Altura: 1650 m.s.n.m.

Lat. S: 18° 10'

Long W: 63° 57'

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DICBRE	TOTAL ANUAL
1964	106.5	152.5	76.5	22.5	47.5	11.5	6.0	53.5	21.5	82.0	50.5	108.0	738.5
1965	87.0	72.0	61.5	80.5	35.5	17.0	19.0	61.0	50.0	33.8	104.5	211.0	832.8
1966	38.5	148.0	73.0	-	-	57.0	33.2	48.2	1.5	71.7	78.5	136.1	(685.7)
1967	253.5	43.9	99.6	14.7	30.1	28.0	17.4	17.9	37.0	4.2	90.3	99.8	736.4
1968	125.8	194.3	124.6	84.0	16.0	19.9	7.0	119.0	7.0	45.6	57.2	83.5	883.9
1969	110.6	171.0	125.4	31.7	9.6	21.1	7.5	4.1	60.0	55.5	5.0	76.6	678.1
1970	72.0	101.8	95.9	16.6	59.5	34.0	50.8	29.7	38.7	22.8	123.3	170.2	815.3
1971	183.4	143.9	150.0	109.6	7.4	13.0	0.3	36.2	74.2	44.2	17.5	67.9	847.6
1972	82.8	104.3	60.3	23.7	2.2	92.6	3.6	179.2	170.1	74.2	58.6	62.5	914.1
1973	74.0	86.9	76.2	33.0	66.6	43.9	10.9	23.4	18.3	55.2	73.7	245.9	808.0
1974	118.2	82.6	137.2	130.7	27.0	5.0	8.5	17.0	5.5	97.1	25.0	57.2	711.0
1975	149.3	22.0	120.3	29.0	23.0	-	-	-	-	-	-	86.5	(430.1)
1976	150.0	69.7	37.3	79.2	82.9	18.0	9.6	21.6	25.7	41.4	26.4	173.7	735.5
1977	68.2	134.2	129.3	120.6	9.5	7.9	0.7	82.0	34.5	43.4	95.5	57.6	783.4
1978	138.9	117.7	40.4	23.3	26.3	27.4	8.2	32.0	22.2	23.8	153.0	219.0	832.2
1979	176.0	280.2	142.5	50.5	29.1	18.0	20.2	0.0	43.0	8.6	76.7	41.2	886.0
1980	129.2	37.6	123.2	42.6	23.4	13.0	12.0	109.5	14.9	57.6	57.4	78.9	701.3
1981	148.9	188.4	119.1	42.7	12.3	1.1	3.2	51.8	58.6	50.0	76.3	216.3	968.7
1982	125.8	154.3	81.1	62.0	50.6	2.9	38.9	9.3	0.0	125.3	66.7	70.7	787.6
1983	186.4	71.4	147.1	73.5	82.7	18.7	66.4	10.2	22.0	31.7	48.5	41.9	800.5
1984	176.9	73.3	185.1	57.8	60.5	9.5	14.4	45.3	108.2	40.4	221.9	181.4	1179.7
1985	91.0	223.4	111.7	125.0	40.3	100.3	56.2	91.3	87.8	6.7	64.0	121.6	1119.3
1986	156.4	181.0	160.9	78.2	71.1	13.5	19.5	14.6	107.0	17.4	79.9	156.1	1055.6
1987	122.9	102.7	40.4	131.1	30.3	36.7	18.3	7.6	34.3	104.2	126.0	123.6	878.1
1988	168.7	109.0	135.5	25.3	44.8	8.9	0.1	0.0	20.3	17.8	39.1	98.0	667.5

PRECIPITACION MENSUAL EN (mm)

Cuadro 9-A

Estación: Mataral

Provincia: Florida

Departamento: Santa Cruz

Altura: 1400 m.s.n.m.
 Lat. S: 18° 07'
 Long W: 64° 13'

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL ANUAL
1965	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.7	-
1966	87.7	60.6	39.0	21.0	14.4	0.0	16.8	20.0	0.0	33.0	15.0	96.0	403.5
1967	190.0	110.0	52.5	1.5	28.0	47.4	0.0	5.0	16.0	8.0	41.5	138.6	638.5
1968	163.1	152.6	48.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	6.5	41.5	84.0	499.7
1969	78.3	90.0	25.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.0	17.0	60.8	70.2	373.9
1970	181.0	55.4	104.4	15.3	41.3	0.0	32.4	3.5	14.5	25.0	22.0	68.6	563.4
1971	76.0	148.0	52.0	63.0	13.0	4.0	30.0	32.0	11.0	47.0	34.0	125.0	635.0
1972	51.0	79.0	126.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1977	43.5	36.3	112.5	27.8	0.0	0.0	1.1	30.5	11.5	40.9	89.9	34.3	428.3
1978	50.5	78.4	36.0	75.3	26.8	1.2	0.0	4.6	7.2	7.0	77.8	137.7	502.5
1979	113.3	84.4	68.3	15.5	11.5	0.2	13.3	12.8	9.4	6.3	38.2	69.7	442.9
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1981	135.8	96.4	59.6	19.0	19.2	4.1	2.1	25.4	20.9	23.1	65.7	121.0	592.3
1982	74.2	101.8	86.8	17.8	7.6	0.0	6.0	3.1	11.4	39.8	38.7	56.9	444.1
1983	121.3	39.2	35.1	15.7	40.3	0.0	10.8	2.3	9.3	16.6	16.5	35.0	342.1
1984	150.7	61.0	77.8	0.0	13.0	0.0	0.0	14.2	0.3	91.9	154.3	58.7	621.9
1985	79.0	83.5	9.6	53.6	40.5	15.0	3.7	10.8	19.5	6.2	99.5	61.0	481.9
1986	46.3	113.5	30.8	56.3	29.2	3.0	0.4	0.8	-	0.0	68.1	82.6	431.0
1987	133.0	34.9	37.8	23.2	10.3	25.6	5.7	31.7	0.0	103.7	47.5	96.3	549.7
1988	82.1	99.8	128.6	22.3	27.3	0.0	1.1	0.0	32.6	11.2	17.9	-	(422.9)

PRECIPITACION MENSUAL EN (mm)

Cuadro 10-A

Estación: Quirusillas

Provincia: Florida

Departamento: Santa Cruz

Altura: 1500 m.s.n.m.

Lat. S: 18° 20'

Long W: 63° 57'

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DICBRE	TOTAL ANUAL
1965	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	198.8	-
1966	56.8	299.7	96.9	38.2	49.2	145.4	36.2	21.2	0.0	95.4	45.7	163.3	1048.0
1967	189.2	100.5	152.5	15.2	56.9	30.6	39.0	2.4	40.0	4.0	196.5	111.5	938.3
1968	212.5	262.9	107.1	28.2	2.0	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	50.5	147.0	819.4
1969	184.6	85.4	87.9	39.5	0.0	0.0	25.7	31.0	26.1	49.7	106.7	42.7	684.3
1970	74.0	112.8	113.6	10.3	38.6	47.3	46.9	0.9	38.0	42.0	86.6	64.4	675.4
1971	76.1	123.9	145.0	112.5	4.1	10.2	0.0	50.7	96.7	72.2	136.6	102.6	924.0
1972	110.4	125.6	65.2	39.9	2.5	98.9	0.6	57.9	1.6	61.1	123.6	154.2	841.5
1973	95.0	96.0	102.7	59.5	61.1	73.5	15.3	47.2	17.5	71.5	142.4	194.9	976.7
1976	217.1	103.0	51.5	32.0	91.6	8.9	0.8	70.6	57.5	38.7	44.5	184.0	900.2
1977	183.8	129.9	173.2	32.3	15.7	1.5	1.4	91.9	56.3	34.3	212.9	115.4	1048.6
1978	82.7	313.5	36.3	37.0	23.5	56.9	5.0	9.5	1.8	9.5	111.2	257.1	944.0
1979	142.0	172.8	186.4	28.9	49.9	1.5	28.0	0.8	7.1	1.4	21.4	70.1	710.3
1980	127.8	41.8	265.5	43.5	55.0	0.4	5.5	117.9	9.1	9.6	56.1	79.3	811.5
1981	181.6	160.7	197.6	25.1	49.7	24.4	5.7	36.2	18.7	72.2	101.2	280.6	1153.7
1982	221.4	332.5	165.9	77.6	33.1	1.1	19.6	22.8	17.6	71.5	104.4	61.8	1129.3
1983	246.3	62.7	104.5	146.1	72.8	11.9	41.9	29.0	2.2	63.8	59.8	34.4	875.4
1984	202.6	90.0	148.7	47.2	47.6	0.5	7.7	46.8	0.7	31.4	294.8	99.5	1017.5
1985	84.8	127.7	93.1	49.1	33.8	14.3	53.3	46.1	28.4	21.9	8.5	76.0	637.0
1986	64.1	88.1	177.1	110.5	63.7	11.9	9.1	8.1	115.1	0.2	65.5	84.2	797.6
1987	14.5	3.3	31.5	29.1	26.1	0.3	4.3	0.0	7.5	5.4	43.8	113.0	278.8
1988	118.7	96.5	131.8	19.9	84.8	1.0	0.6	0.0	-	-	-	-	-

PRECIPITACION MENSUAL EN (mm)

Cuadro 12-A
 Estación: Mairana
 Provincia: Florida
 Departamento: Santa Cruz

Altura: 1350 m.s.n.m.
 Lat. S: 18° 06' 30"
 Long W: 63° 57' 00"

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL ANUAL
1947	-	-	-	-	-	-	-	12.0	82.7	0.0	35.0	46.9	789.3
1948	81.6	145.9	151.9	3.7	12.0	67.9	11.5	19.9	0.0	147.6	48.8	98.5	667.9
1949	120.8	132.0	34.9	47.4	18.0	94.8	5.0	4.0	14.0	27.0	71.0	99.0	434.5
1950	70.0	35.0	31.0	9.0	44.6	28.0	19.0	23.3	51.0	50.8	14.9	58.0	467.5
1951	108.2	30.0	74.7	20.5	6.2	14.3	0.0	38.0	0.0	68.3	66.0	41.3	416.9
1952	83.0	43.0	24.0	0.0	6.0	18.0	12.9	31.0	15.0	72.0	52.0	60.0	547.5
1953	69.0	+ 147.0	36.0	64.0	47.3	32.0	0.0	0.0	16.0	20.0	77.2	39.0	470.1
1954	65.0	70.0	+ 163.1	7.0	7.0	6.0	15.0	0.0	31.0	34.0	24.0	48.0	411.0
1955	106.0	60.0	49.0	17.0	4.0	8.0	28.0	6.0	6.0	20.0	40.0	67.0	265.0
1956	96.0	17.0	12.0	36.0	8.0	6.0	0.0	9.0	36.0	12.0	6.0	27.0	269.0
1957	18.0	75.0	11.0	15.0	4.0	6.0	27.0	3.0	28.0	20.0	28.0	34.0	852.8
1958	+ 311.7	+ 37.2	+ 181.1	+ 0.0	+ 29.5	+ 0.0	+ 45.3	+ 17.2	+ 16.0	+ 70.1	+ 21.0	+ 123.7	273.0
1959	35.0	16.0	73.0	27.0	15.0	0.0	3.0	7.0	4.0	15.0	16.0	62.0	484.9
1960	133.0	101.0	5.0	56.0	12.0	6.0	0.0	12.0	9.0	29.0	80.9	41.0	686.0
1961	121.0	58.0	97.0	65.0	33.0	0.0	12.0	12.0	37.0	84.0	48.0	119.0	542.0
1962	51.0	40.0	76.0	95.0	9.0	0.0	10.0	28.0	50.0	13.0	40.0	130.0	551.5
1963	222.0	104.5	107.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	2.5	39.5	68.0	527.5
1964	72.0	181.0	28.0	30.0	24.0	4.0	0.0	60.0	9.0	30.0	16.5	73.0	546.0
1965	76.0	77.0	73.0	60.0	0.0	12.0	6.0	7.0	10.0	36.0	38.0	151.0	772.7
1966	46.8	85.9	78.3	41.8	50.7	130.0	24.2	4.0	5.6	148.0	40.4	117.0	745.5
1967	243.5	111.0	82.4	7.3	25.8	8.0	7.0	17.2	41.2	22.5	65.3	114.3	645.2
1968	104.4	182.5	110.5	13.3	15.5	18.3	10.2	17.5	4.0	28.5	39.5	96.0	733.0
1969	172.5	117.5	48.0	23.5	10.0	12.5	7.5	3.5	48.5	55.0	131.5	103.0	705.0
1970	61.0	85.5	145.0	12.0	53.0	20.0	56.5	23.0	33.5	45.0	72.0	98.5	751.5
1971	63.5	134.0	121.0	60.5	19.0	13.0	0.0	37.0	47.0	83.5	50.0	123.0	

Cuadro 12-A (Continuación)

1972	68.0	122.0	57.5	28.5	4.0	130.0	4.0	180.5	19.2	68.0	52.4	82.1	816.2
1973	28.6	93.0	51.5	21.7	22.2	42.5	5.7	39.0	10.0	40.5	36.7	164.5	555.9
1974	122.9	83.0	155.5	120.3	30.5	4.0	9.5	9.5	23.5	75.5	9.3	48.0	691.5
1975	136.7	22.5	115.0	25.5	24.5	30.5	20.7	37.0	56.9	25.0	92.5	46.5	633.3
1976	114.8	59.0	29.5	54.0	42.0	7.0	2.0	19.0	15.5	33.8	4.3	189.0	569.9
1977	75.5	89.5	143.5	63.6	25.0	9.5	3.8	82.0	33.8	30.0	161.5	43.5	761.1
1978	155.0	134.4	51.0	33.0	30.3	24.0	20.1	20.4	17.9	19.2	91.8	161.1	758.2
1979	125.2	167.6	68.3	26.0	18.1	4.6	12.5	0.6	22.3	10.0	65.8	30.1	551.1
1980	43.3	15.0	138.0	16.9	27.9	0.6	8.0	48.4	6.4	20.5	43.5	74.1	442.6
1981	162.3	142.2	93.9	31.9	30.2	3.2	5.0	34.2	21.2	69.3	74.4	53.5	721.3
1982	67.7	184.8	75.5	56.5	23.8	4.4	29.2	11.3	10.2	104.1	72.0	113.0	752.5
1983	197.3	59.7	101.5	44.2	66.9	3.8	32.8	18.5	11.6	56.4	84.8	40.4	717.9
1984	204.4	72.2	146.1	44.6	41.2	1.3	1.3	27.0	1.5	90.5	202.0	119.6	951.7
1985	105.7	220.9	73.3	75.1	14.8	116.8	49.5	53.0	76.6	6.9	69.9	118.4	980.9
1986	110.3	184.7	153.5	85.7	85.0	9.3	8.7	3.0	104.5	13.6	55.3	105.9	919.5
1987	99.5	92.8	31.6	86.3	24.3	30.3	15.1	3.4	54.0	129.3	70.6	100.0	737.2
1988				+23.7	+72.2	1.4	+0.0	+0.9	+22.3	21.5	+22.2	+159.9	

Σx	4348.2	3829.3	3298.1	1553.5	1036.5	928.0	528.0	987.2	1101.9	1947.9	2370.5	3687.8	
x	108.7	95.7	82.5	37.9	25.3	22.6	12.9	23.5	26.2	46.4	56.4	87.8	625.9
s	62.0	54.1	48.4	28.5	19.9	34.8	14.0	30.7	23.9	37.5	39.4	42.3	
n	40	40	40	41	41	41	41	42	42	42	42	42	

PRECIPITACION MENSUAL EN (mm)

Cuadro 14-A

Estación: Saipina

Provincia: Caballero

Departamento: Santa Cruz

Altura: 1360 m.s.n.m.
 Lat. S: 18° 05'
 Long W: 64° 35'

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTBRE	OCTUBRE	NOVBRE	DICBRE	TOTAL ANUAL
1964	32.5	136.0	65.8	2.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	28.3	59.5	325.6
1965	99.0	32.0	17.5	7.0	8.0	0.0	0.0	0.0	1.0	26.0	28.0	51.0	269.5
1969	100.0	127.0	28.5	7.1	1.0	0.0	0.0	0.0	8.0	2.0	45.0	67.9	386.5
1970	95.9	80.2	52.5	9.5	29.0	0.0	19.0	0.0	10.0	8.0	40.0	60.5	404.6
1971	39.5	105.5	33.0	15.0	0.0	0.0	3.0	12.0	9.0	36.5	67.5	51.5	372.5
1972	47.6	50.0	27.2	10.5	0.5	1.2	0.0	20.0	2.0	30.5	22.0	58.0	279.5
1973	36.3	44.5	26.0	17.0	10.0	13.0	0.0	5.5	0.3	12.9	70.3	89.3	325.1
1974	154.9	47.4	129.6	43.4	0.0	0.2	0.0	1.2	0.4	15.8	7.4	-	400.3
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1976	63.4	73.3	14.0	32.8	16.8	0.0	0.0	12.0	14.0	0.1	29.2	62.4	469.2
1977	67.1	35.7	77.3	0.5	5.2	0.0	0.0	6.3	8.2	103.8	49.9	31.7	385.7
1978	48.3	169.5	36.8	48.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	62.5	143.6	511.3
1979	122.7	55.1	89.9	12.0	10.0	0.1	13.7	0.0	0.0	6.3	21.5	67.6	398.9
1980	93.4	45.5	50.2	5.2	13.3	0.0	3.3	21.3	9.7	21.4	13.9	55.9	333.1
1981	118.7	48.7	121.3	11.2	3.0	0.0	0.1	23.2	2.8	8.8	82.9	103.5	524.2
1982	52.9	71.3	93.2	7.8	3.0	0.0	0.9	2.7	11.7	23.4	55.9	83.3	406.1
1983	114.0	52.7	10.8	0.0	9.0	0.0	3.8	2.5	0.4	5.2	19.2	43.4	261.0
1984	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1985	-	-	-	-	-	-	-	-	5.0	0.0	51.0	45.0	-
1986	72.0	56.0	58.0	69.0	75.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-

PRECIPITACION MENSUAL EN (mm)

Cuadro 15-A

Estación: Pampa Grande
 Provincia: Florida
 Departamento: Santa Cruz

Altura: 1300m.s.n.m.
 Lat. S: 18° 05'
 Long W: 64° 06'

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTBRE	OCTUBRE	NOVBRE	DICBRE	TOTAL ANUAL
1977	85.0	23.3	113.5	29.1	1.8	2.0	2.9	34.6	39.3	46.0	136.5	51.3	565.3
1978	69.7	86.3	39.4	26.5	24.1	13.3	0.0	6.5	14.2	5.2	80.6	148.9	514.7
1979	86.7	101.0	60.4	16.7	10.8	3.1	17.6	2.2	13.4	14.3	39.5	47.0	412.7
1980	155.7	28.0	65.1	14.0	14.8	5.8	4.8	63.2	1.3	45.2	38.1	97.8	533.8
1981	134.7	80.3	93.6	12.6	11.6	3.8	3.3	32.5	17.4	55.3	101.4	131.5	678.0
1982	73.6	145.1	121.4	26.1	11.8	0.0	16.7	4.2	9.0	72.2	60.4	50.0	595.5
1983	150.9	75.0	38.6	18.6	34.6	0.9	14.6	4.0	7.4	31.2	28.7	34.1	439.2
1984	170.3	62.5	89.5	6.6	22.5	0.0	0.0	18.5					
Σ	931.6	601.5	621.5	150.2	132.0	28.9	59.9	165.7	102.0	269.4	485.2	560.6	
x	116.5	75.2	77.7	18.8	16.5	3.6	7.5	20.7	14.6	38.5	69.3	80.1	539.0
s	40.4	39.2	31.7	7.9	10.1	4.4	7.5	21.5	12.1	23.3	39.3	45.9	
n	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	

BIBLIOGRAFIA

1. Cochane, T. Thomas. 1973, El potencial Agrícola del Uso de la Tierra en Bolivia. Un Mapa de Sistemas de Tierra.
Ed. Don Bosco. La Paz - Bolivia.
2. Unzueta, Q. Orlando, 1975, Mapa Ecológico de Bolivia
MACA. La Paz-Bolivia.
3. ----- 1980, Compendio de Datos Meteorológicos del Departamento de Santa Cruz.
CORDECRUZ-BOLIVIA.
4. ----- 1975, Hidrología, Informe de factibilidad, Proyecto Río Grande-Rositas, CORDECRUZ - BOLIVIA.
5. ----- 1988, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Información de Precipitaciones Medias Mensuales.
SENAMHI . La Paz-Bolivia.
6. Pereira, M y Cheverria G. 1976, Estudios Hidrológicos. Anteproyecto Ferroviario Cochabamba - Santa Cruz.
7. Monroy, B. Franz, 1977, Distribución de la Precipitación Máxima Diaria en Bolivia.n Fac. Tecnológica - UMSA. La Paz-Bolivia.

8. _____ 1986, Manual de Sistematización de Tierras Para el Control de Erosión Hídrica y Aguas Superficiales Excedentes.
INTA, Entre Rios-Rep.Argentina.
9. Rojas, M. Rafael , 1979, Hidrología de Tierras Agrícolas. CIDIAT - Venezuela.
10. _____ 1979, Estudios de Suelos, Proyecto Para el Desarrollo Rural de los Valles Mesotérmicos. Provincia M.M. Caba-
llero, Florida, Vallegrande. Tomo II -
DESEC- CORDECRUZ - Bolivia.
11. ----- 1978, Hidrología, Levantamiento Integrado de los Recursos Naturales de los Valles Mesotérmicos. Programa de Recursos Naturales. CORDECRUZ - Bolivia.
12. Lopez. M. y Mogrovejo G. 1978, Estudio Geológico-Minero. Levantamiento Integrado de los Recursos Naturales de los Valles Mesotérmicos. Programa de Recursos Naturales. CORDECRUZ- Bolivia.
13. Heras, Rafael, 1970, Métodos Prácticos Para el Estudio Hidrológico Completo de una Cuenca. Curso Internacional de Hidrología General y Aplicada.
Madrid - España.

14. Heras, Rafael, 1981, Manual de Ingeniería de Regadíos, Tomos I, II, Instituto de Hidrología, Madrid-España.
15. Basso, S.Eduardo ET-AL, 1971, Normas Para Estudios Hidrológicos, Informe de la Organización Hidrológica Mundial. San Jose - Costa Rica.
16. ----- 1980, Manual para Proyectos de Pequeñas Obras Hidráulicas Para Riego y Abrevadero. Colegio de Post graduados. Chapingo-Mexico.
17. ----- 1969, Pequeños Almacenamientos, Plan Nacional de Pequeña Irrigación - Jefatura de Control de Ríos. Mexico D.F.
18. Stolz, Reiner , 1976, Especies Arbóreas de Bolivia. Misión Forestal Alemana . Cochabamba-Bolivia.
19. Lara, R. Raul, 1988, Manual de Dendrología Boliviana. CUMAT- Cotesu. La Paz - Bolivia.
20. Encinas, Mario, 1989, Informes Preliminares sobre Suelos y Vegetación. Proyecto BOL/86/011. Vallegrande - Bolivia.