

SENAMHI

PHICAB

ORSTOM

IHH-CONAFHI

BALANCE HIDRICO DE LA
CUENCA DEL LAGO TITICACA

BOLIVIA

GERY ANTONIO LOZADA ENCINAS

DIRECTOR PHICAB : MARIO CANEDO DAZA

CO-DIRECTOR PHICAB : MICHEL-ALAIN ROCHE

DIRECTOR IHH : CARLOS FERNANDEZ JAUREGUI

OCTUBRE 1985

INDICE GENERAL

Prólogo

1. GENERALIDADES

1.1. Objetivos

1.2. Ambito geográfico

1.2.1. Geología y Génesis del Lago Titicaca

1.2.2. Zonas Climatológicas

1.2.3. Edafología, topografía, cobertura y
uso de suelo

1.3. Actividad económica

2. IDENTIFICACION DE LOS PARAMETROS QUE INTERVIENEN.

2.1. Período considerado

2.2. División de unidades hidrológicas

2.3. Inventario de las estaciones existentes en -
la cuenca.

3. PRECIPITACION

3.1. Consistencia, ampliación y relleno de las -
estadísticas pluviométricas

3.1.1. Elaboración de análisis de consisten
cia, ajuste y ampliación de las esta
dísticas pluviométricas.

3.2. Evaluación de la precipitación espacial

3.2.1. Perfil pluviométrico

3.2.2. Trazado de las isoyetas

4. TEMPERATURAS, EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION.

4.1. Temperaturas

4.1.1. Inventario de estaciones termométricas y temperaturas medias anuales promedio

4.1.2. Elaboración de las isotermas

4.2. Estimación de la evaporación

4.2.1. Elaboración de la consistencia de evaporación.

4.2.2. Determinación de la evaporación por mé todos empíricos

4.3. Evapotranspiracion

4.3.1. Estimación de la evapotranspiracion - real.

5. ESCORRENTIA, ALMACENAMIENTO E INFILTRACION.

5.1. Escorrentia

5.1.1. Análisis de consistencia y corrección de las estadísticas fluviométricas.

5.1.2. Estaciones fluviométricas

5.1.3. Elaboración de consistencia

5.2. Almacenamiento

5.2.1. Curva cronológica de niveles

5.2.2. Determinación del área promedio del es pejo de agua en el período considerado

5.2.3. Volumen medio anual y volumen total de almacenamiento.

5.3. Estimación del volumen de infiltración

6. BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL.-

- 6.1. Balance hidrico por unidades hidrologicas
 - 6.1.1. Cuenca del rio Ramis
 - 6.1.2. Cuenca del rio Huancane
 - 6.1.3. Cuenca del rio Suhez
 - 6.1.4. Cuenca del rio Huaycho
 - 6.1.5. Cuenca Escoma-Achacachi
 - 6.1.6. Cuenca del rio Keka
 - 6.1.7. Cuenca del Tiquina-Achacachi
 - 6.1.8. Cuenca del rio Kollucachi (Batallas)
 - 6.1.9. Cuenca del rio Sehuena (Pucarani)
 - 6.1.10. Cuenca del rio Catari
 - 6.1.11. Cuenca del rio Tiahuanacu (Guaqui)
 - 6.1.12. Cuenca del rio Capia
 - 6.1.13. Cuenca del rio Jilata
 - 6.1.14. Cuenca del rio Ilave
 - 6.1.15. Cuenca Ilave-Umayo
 - 6.1.16. Cuenca laguna Umayo
 - 6.1.17. Cuenca del rio Capachica
 - 6.1.18. Cuenca del rio Coata
 - 6.1.19. Cuenca laguna de Arapa
- 6.2. Balance Hidrico del Lago Titicaca

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

APENDICE

- A-1 Analisis de la consistencia de un registro pluviometrico y ajuste de las estadisticas
- A-2 Estudio estadistico, ampliacion y relleno de las series pluviométricas

A-3 Evaporacion y evapotranpiracion
Formula de thornthaite y mather

A-4 Balances hidriccs segun sus antecedentes existentes

BIBLIOGRAFIA

Mapas

El programa PHICAB, convenio entre el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), el Instituto Frances de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (ORSTOM) y el Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH) de la Universidad Mayor de San Andrés de La Paz-Bolivia, contempla el estudio de la climatología e hidrología de Bolivia.

En este marco fue llevado a cabo el presente proyecto, sobre el "BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA DEL LAGO TITICACA", realizado en concertación con la UNESCO/ROSTLAC, que a través del Programa Hidrológico Internacional (PHI) coordina el establecimiento del Balance Hídrico de América del Sur,

A fin de responder a una necesaria homogeneidad, a escala del continente, fueron respetadas por el autor, en la medida de lo posible las recomendaciones dictadas por la UNESCO/ROSTLAC en la "Guía metodológica para la elaboración del Balance Hídrico de América del Sur".

1.- GENERALIDADES.

La importancia de todo Balance Hídrico Superficial es que constituye una herramienta básica para establecer hasta que punto es factible, económico y seguro un proyecto de desarrollo hidráulico tendiente a la utilización racional control y distribución de los recursos de agua en el tiempo y en el espacio, viniendo las consecuencias derivadas de la intervención del hombre en las condiciones naturales de los ríos; lagos y aguas subterráneas, más específicamente si se tiene en cuenta que el BALANCE HIDRICO es una descripción cualitativa y cuantitativa del CICLO HIDRICO, tomando en cuenta las características fisiográficas, edafológicas y biológicas del lugar.

1.1.- OBJETIVOS.-

Dentro de los objetivos del Balance Hídrico Superficial de la Cuenca Endorreica del Lago Titicaca esta:

- El de comparar los recursos aislados de agua del sistema y establecer las graduaciones de sus efectos sobre las variaciones del regimen hidrológico.
- Suministrar los medios para la evaluación indirecta del parámetro de evaporación del Lago, cuyos antecedentes son insuficientes para su evaluación.
- Posibilitar la detección de las deficiencias en la distribución de las estaciones de medición y de errores sistematicos en las mediciones.
- Determinar los valores medios de precipitación, evapotranspiración real, caudales y el volumen medio de almacenamiento durante el periodo considerado (1968 - 1982).

1.2.- AMBITO GEOGRAFICO.-

Geograficamente el altiplano esta situado entre las dos - Cordilleras de los Andes, Oriental y Occidental. Comienza por el Norte en el abra de la Raya, al Sur del Peru a $14^{\circ} 30'$ aproximadamente continuando hasta el paralelo $21^{\circ} 50'$ - en el ingreso a la Puna de Atacama en territorio Chileno - Se puede subdividir claramente en tres subcuencas; de Lago, Laguna y Salar, siendo esta división una función directa de la disminución de humedad.

La cuenca del Lago Titicaca esta situada entre los 7010 msnm (nevado Illampu) y los 3802 msnm (nivel medio del Lago) extendiendose entre los paralelos $14^{\circ} 05'$ y $17^{\circ} 09'$ - de latitud Sur y los $71^{\circ} 07'$ y $68^{\circ} 02'$ de longitud Oeste.

Limita al Norte con la Cordillera de Vilcanota (5480 Msnm al Sur con las serranias de Tiahuanacu; las cuales delimitan el Divorcium Acuarum entre las áreas de aporte del Lago Titicaca y el Lago Poopo, al Este, siguiendo de Noroeste a Sudoeste la Cordillera Occidental comenzando en la Cordillera de Vilcanota prosiguiendo con las cordilleras Pacajes Carangas, al Oeste las cordilleras de Carabaya y Aricoma con alturas superiores a los 6000 msnm continua con la cordillera Real y sus subdivisiones: Cordillera de Apolobamba (4800 msnm) a lo largo de 75 Km. Aproximadamente, la cordillera de Muñecas (4500 msnm), la cordillera Real o de La Paz con sus nevados, el Illampu-- (7010 msnm), Chacaltaya (5220 msnm), etc. inclinandose hacia el Sur, bordea el altiplano a nivel de La Paz (4000 msnm).

Es considerado ademas, como el Lago interior mas grande - del sistema andino, puesto que la cuenca comprende una superficie total de 56740 Km^2 de los cuales 8500 Km^2 son cubiertos por las aguas

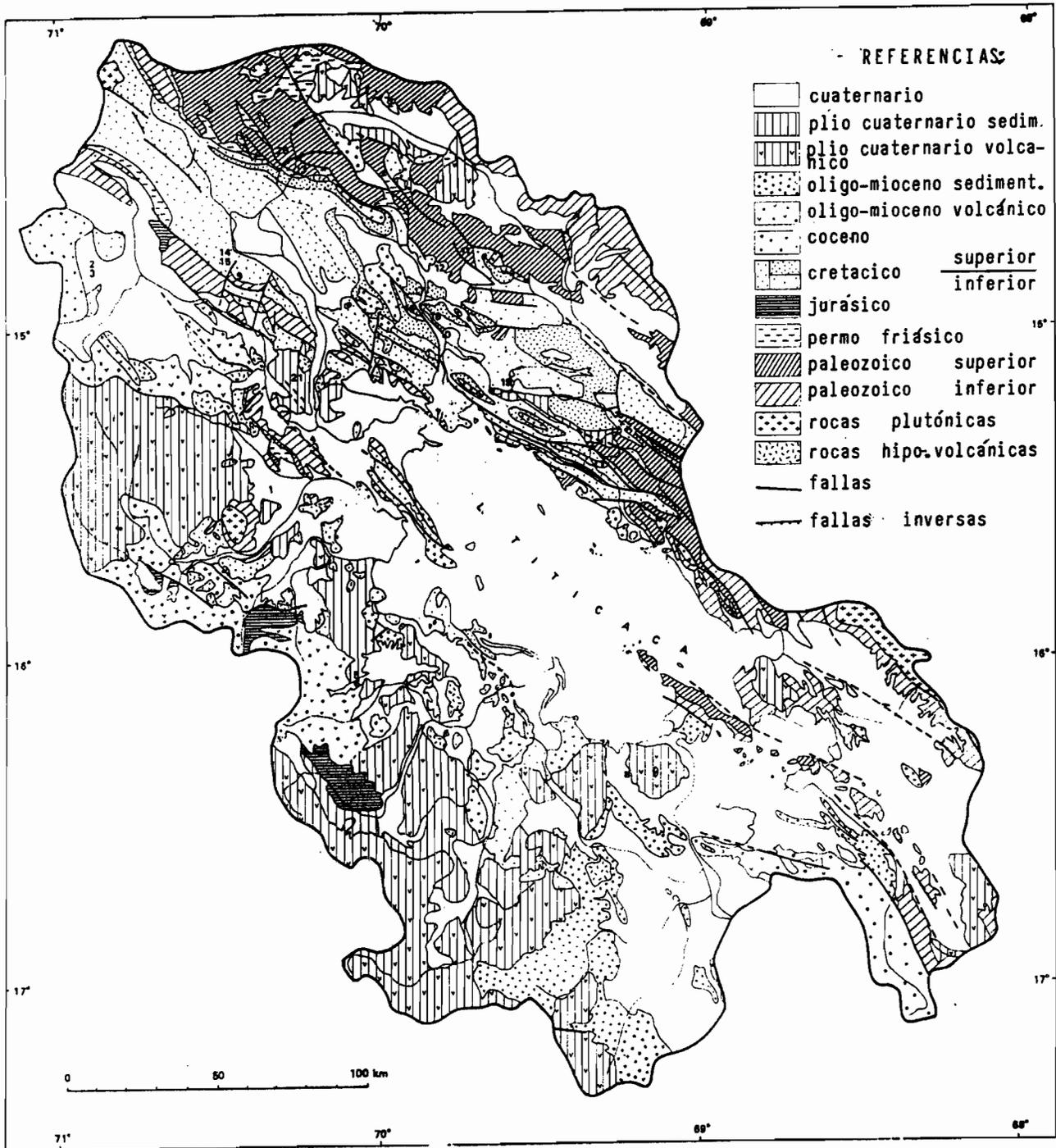
1.2.1.- GEOLOGIA Y GENESIS DEL LAGO TITICACA.-

El geólogo Norteamericano Bowman comprobó que los Lagos - Titicaca y Poopo no son restos de un solo lago que cubrió todo el altiplano según se había supuesto, sino que allí han existido diferentes lagos de distinta edad. En las orillas del lago afloran rocas sedimentarias y magmáticas muy variadas. Las grandes fallas escalonadas que separan el bloque paleozoico de los sedimentos modernos de la depresión altiplanica, atraviesan el lago diagonalmente.

La más importante de estas fallas, la falla Coniri, entre Coniri y el Lago Pequeño esta hundida debajo del aluvion - afloran recién al Este de Copacabana, teniendo conexión con la falla de Pirín en el Norte del Lago, dando a su vez que al fondo de la parte oriental del Lago se compone de sedimentos paleozoicos, mientras que en la parte Sudoeste existe el Devónico a grandes profundidades.

Las orillas Nororientales del Lago están formadas por los sedimentos cretácicos del Sinclorium de Putina, mientras que por el Oeste y Sur predomina el Terciario del grupo - Puno-Corocoro. El gran hundimiento actualmente rellenado por el Lago, es de origen estructural. Según el geólogo - inglés Newell, el Lago ocupa la parte central de un sinclorium que consiste de sedimentos del grupo Puno.

Las grandes fallas ubicadas al Este del Lago, como las de Suches y Azangaro - Puerto Acosta, están dirigidas hacia el Sudoeste y la ubicada al Oeste del Lago tienen una dirección contraria hacia el Noreste. Por la parte central del Lago pasan fallas con buzamiento acentuado a vertical (fallas de Coniri y Tiquina).



Lamina 1.1 Mapa geológico de la cuenca

El Titicaca constituye una depresión tectónica en el Vorland occidental de la Cordillera Oriental demostrado por la gran profundidad del Lago y las grandes diferencias -- de nivel en su fondo. La Isla devónica Soto, por ejemplo se eleva bruscamente de una profundidad de 272 m. indicando la existencia en esta región de fallas de gran rechazo. En la orilla del Lago, entre Ancoraimes y Carabuco se extiende una falla bien visible con dirección N 60° W, esta rellena por un filón de dacita porfírica que constituye los cerros de Hilata, Torreni y Pulpito del Diablo Al Oeste del filón del Devónico se encuentra debajo de -- las aguas del Lago.

El hundimiento del foso en el cual está ubicado el actual Titicaca, probablemente se ha efectuado al final de la época terciaria, es decir, en la misma época en la que se formó la Cuenca de La Paz, como consecuencia del Solevamiento diferencial de la Cordillera en el Este y del -- hundimiento del área interandina en el Oeste. Durante el Plioceno, enormes masas de río arrastradas por los torres de la Cordillera Real, rellenan el piedemonte occidental (formación Taraco). Recien después de la formación de esta peneplanicie, aconteció la acumulación de aguas en las depresiones, esto sucedió aproximadamente en el límite entre el Plioceno y el Pleistoceno; el lago alcanzó rápidamente su nivel máximo, la cuenca primitiva no tuvo desagüe.

Este Lago del Pleistoceno antiguo fue denominado por Bowman, Lago Ballivián en homenaje al sabio boliviano Dn. Manuel Vicente Ballivián. El Lago abarcaba una superficie -- mayor en un 50% a la del lago actual, extendiéndose consi

derablemente hacia NW en territorio peruano y hacia el Sur en territorio boliviano. En el Perú, ocupó la región del actual Lago Arapa hasta Azangaro y en Bolivia la extensa llanura ubicada al Sur de la serranía del Tiahuanacu, con los pueblos Jesus de Machaca, Achiri, Santiago, etc. En este Lago la serranía de Tiahuanacu fue una península y la de San Andres una isla. El Lago Ballivian se extendía con una lengua delgada más al Este; hasta Callapa, donde alcanzó su terminación en una barrera formada por un tramo de sedimentos duros del grupo Corocoro, generalmente areniscas en posición vertical.

En los alrededores de Guaqui, el Lago se extendía al Este de Tiahuanacu. Al naciente de los campos de ripio de Taraca, el Lago formaba una bahía que llegaba hasta Tambillo. Separada de esta parte por la serranía devónica de Aygachi-Pucarani, existió otra encenada en dirección de Pucarani.

Las orillas occidentales y orientales del Lago Ballivian no distaban mucho de los bordes actuales. En el Este, el lago ocupaba las bahías de Achacachi y de Ancoraimas. En las proximidades de Escoma penetraba en el golfo que actualmente está drenado por el río Suches. A lo largo del río Huaycho, el lago diluvial se extendía hasta Puerto Acosta de manera que los cerros devónicos situados al Oeste del mencionado río, constituían un archipiélago de numerosas islitas.

Hacia el Oeste, el Lago se extendía encima del Istmo de Yunguyo, por cual motivo la actual península de Copacabana formaba una isla. Las márgenes del lago Ballivian se encontraban en territorio boliviano entre los 40 y 60 metros sobre el nivel actual del Titicaca; En el Norte del

lago existen terrazas y playas levantadas a mayor altura, hasta 100 metros sobre el nivel actual. Esta diferencia se explica por el mayor solevantamiento de terreno en la parte Norte del Lago.

En el Km. 70 de la carretera La Paz-Achacachi se encuentran restos de manto de toba del primer interglacial dentro del limo del lago Ballivián, demostrando que este lago tuvo su nivel más alto durante el pleistoceno antiguo (65 m. sobre el nivel actual del Titicaca). En muchos lugares se encuentran depósitos de margas calcáreas o yesíferas como residuos del antiguo lago, por ejemplo, cerca de Jesús de Machaca y Nazacara. En otros puntos los depósitos del lago antiguo están formadas por arcillas finas estratificadas, alternando con limos y arenas.

La baja del nivel del lago Ballivián hasta el nivel actual (3802 m), se habría efectuado antes de la tercera época glacial (Milluni), pues los rípios fluvioglaciales de esta época procedentes de Ancohumá, bajan hasta el nivel actual del Titicaca en la región de Abichaca. El retroceso probablemente fue rápido, causado por el corte de la barrera de Callapa, por la presión de agua. En esta época se formó la actual salida del Desaguadero por una puerta de la serranía de Tiahuanacu. Después de este retroceso, el nivel del Titicaca ha bajado gradualmente en unos 8 m - mas, debido a la erosión del Desaguadero que profundizó su lecho. Sirven como prueba las barreras verticales efectuadas por el oleaje y situados a las orillas del lago, tales orillas escarpadas pueden observarse bien en los peñascos de Tiquina.

TABLA II: Información climatológica de la Estación Puno, periodo 64-85
 Fuente: SENAMHI-PERU Regional Puno. Ing. Jacinto Churata Salluca-Director

	TEMPERATURA DEL AIRE °C							PRECIPITACION (mms)				EVAPORACION (mms)		
	Máx.	Mín.	Media	Osc.	Máx. abs.	Mín. abs.	Osc. máx.	Total	Nº días	Máx. 24 Hs	Día	Tanque	Piché	Evap. grafo
EN	14.7	5.2	9.9	4.5	17.5	2.4	13.3	140.4	22	51.8	22	165.2	109.7	94.1
FB	14.5	5.3	9.9	9.2	17.0	2.6	12.8	127.5	19	45.2	4	148.0	93.9	82.9
MZ	14.3	5.0	9.6	9.3	16.4	2.2	12.8	133.1	20	49.5	29	157.5	101.6	87.4
AB	14.4	3.3	8.8	11.0	16.6	-0.6	14.8	40.8	9	24.0	28	151.5	120.9	96.0
MY	13.8	0.7	7.2	13.0	16.5	-2.8	17.0	9.5	3	16.8	3	144.0	147.6	121.2
JN	13.3	-1.0	6.2	14.2	16.4	-4.5	17.7	1.3	1	8.9	10	131.6	152.1	133.6
JL	13.1	-1.2	5.9	14.3	16.0	-4.7	17.8	2.2	2	5.0	8	140.0	136.9	137.7
AG	13.8	0.1	7.0	13.7	17.1	-3.6	17.9	9.7	3	21.0	30	167.6	154.3	151.1
SP	14.4	1.9	8.2	12.4	17.6	-1.4	16.9	30.5	8	29.0	3	179.4	151.6	146.3
OC	15.4	3.2	9.3	12.2	18.2	-0.3	16.4	35.9	9	27.5	25	213.8	173.5	165.4
NV	16.0	4.2	10.1	11.9	18.7	0.8	16.2	47.7	10	40.4	29	219.2	171.1	158.4
DC	15.2	4.8	10.0	10.4	18.0	1.8	14.5	96.0	17	38.6	1	195.1	136.9	127.0
TOT	172.9	31.5	102.1	141.1	206.0	-8.1	188.1	674.6	123			2012.9	1650.1	1501.1
PRC	14.4	2.6	8.5	11.8	17.2	-0.7	15.7					167.7	137.5	125.1

	PRESION ATMOSFERICA (mbs)			RAD. SOL Cal/cm2 día	HELIOFANIA		HUMEDAD RELATIVA			TENS. VAPOR mbs.	PUNTO ROCIO °C	NUBOSIDAD				
	Máx.	Mín.	Media		Tot. Horas	% Insol	Máx.	Mín.	Media			TOT. OCT.	Predominante			
EN	646.6	643.3	645.8	573.2	183.7	45	83	43	60	7.5	2.6	6.8	Sc	Fw	Sc	Ns
FB	646.7	643.5	645.9	526.3	176.4	49	83	44	62	7.7	3.1	6.5	Sc	Fw		Ns
MZ	647.3	644.1	646.5	501.1	207.0	55	84	42	62	7.6	3.0	6.1	Sc	Fw		Ns
AB	647.8	644.4	646.8	494.7	254.7	72	74	37	53	6.4	0.2	4.4	Ci	Fw		Cs
MY	648.1	644.8	646.9	473.9	288.8	82	64	30	43	4.7	-3.8	2.9	Ci	Fw		Cs
JN	648.1	644.7	646.6	441.0	282.6	84	53	27	39	3.9	-6.5	2.4	Ci	Ci		Cs
JL	647.9	644.4	646.4	451.7	395.0	85	57	31	41	4.0	-6.3	2.4	Ci	Ci		Cs
AG	647.8	644.2	646.2	494.1	291.3	81	63	31	43	4.6	-5.1	2.9	Ci	Fw		Cs
SP	647.5	643.7	646.2	534.8	268.6	75	68	30	46	5.3	-3.5	4.1	Ci	Fw		Cs
OC	647.0	643.2	645.7	575.5	279.3	73	68	31	44	5.6	-1.6	4.7	Ci	Fw		Cs
NV	646.6	642.7	645.3	589.6	258.0	67	67	32	45	5.9	-0.9	5.4	Ci	CaL		Cs
DC	646.6	643.1	645.3	566.0	219.4	54	78	38	50	6.8	1.0	6.2	Ci	Fw		Ns
TOT	7768.0	7726.1	7753.6	6181.9	3804.7	822	842	41.6	588	70.0	-16.7	54.8				
PRC	647.3	643.8	646.1	515.2	250.4	68	70	35	49	5.8	-1.4	4.6	Ci	Fw		Cs

1.2.2.- ZONAS CLIMATOLOGICAS.-

Tomando en cuenta que una clasificación climática trata unicamente de caracterizar ciertos tipos de clima y orde-
nar las manifestaciones medias de la atmósfera, siendo -
sus valores no supeditados al hecho de si concuerda o nó-
con otras distribuciones de la naturaleza sino solamente-
del grado de veracidad con que se logra clasificar el cli-
ma. En función de los parámetros importantes, Precipita-
ción y Temperatura, se encuentran distintas clasificacio-
nes para la cuenca del Lago Titicaca.

Segun KOPPEN:

- Corresponde a un clima templado con invierno seco frío-
(cwb), localizada en los alrededores del Lago.
- Clima de alta montaña (EB); corresponde a las altas cum-
bres de la Cordillera que están cubiertas de nieve o --
hielo la mayor parte del año.
- Como una zona intermedia el clima de tundra (ET).

Segun TREWARTHA - ROBINSON:

- Clasifica dentro del clima de tierras altas, H, determi-
nado esencialmente por la altura sobre el nivel del mar
y por factores locales como el soleamiento, la orienta-
cion de los valles y las corrientes atmosféricas.

Tomando en cuenta las observaciones efectuadas por Hann y
Masterre segun las cuales al nivel del mar en esta zona
en las latitudes comprendidas entre los paralelos 15° y--
17°, las temperaturas se mantienen entre un promedio de
20° y 25°C, aplicando el factor de conexión de 0.55°C --
por cada 100 m, se deberá tener en el lago (3802 msnm) u-

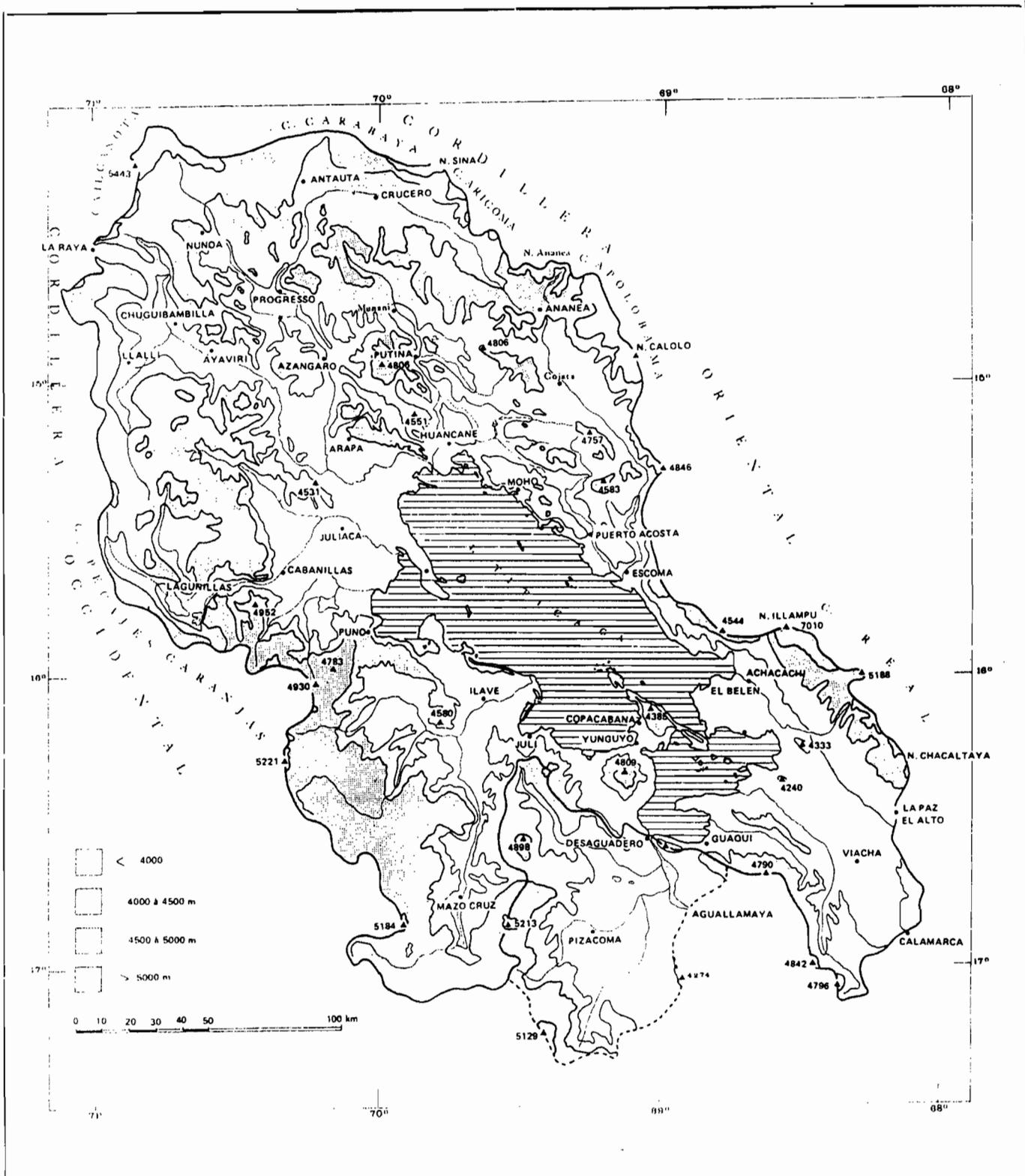
na temperatura promedio próxima a los 0°C. Siendo la temperatura promedio del Lago 8°C, temperatura superior a la que teóricamente se debería encontrar, de lo que se deduce la -- gran influencia termoreguladora de la extensa superficie de agua (8500 Km²), factor que influenciará en el análisis - de los distintos parámetros meteorológicos utilizados para el Balance.

En general se puede decir que las distintas clasificaciones nos determinan , la uniformidad climatológica de la Cuenca - Endorreica. Como una referencia indicativa de los diferentes parámetros se muestra en la tabla 1.1, el registro de - la estación Puno, considerada una estación representativa - de la Cuenca.

1.2.3.- EDAFOLOGIA, TOPOGRAFIA, COBERTURA Y USO DEL SUELO.-

Esta región es considerada dentro de las de mayor densidad poblacional del país, siendo a la vez la de mayor explotación en aspectos de agricultura y ganadería, a tal punto afecta la actividad humana con la sobre explotación y sobrepastoreo, que los suelos han sido degradados hasta quedar - completamente esqueléticos aflorando la roca madre en algunas zonas, añadiendo a esto que se trata de áreas que tienen una producción natural muy limitada.

Una descripción general de las condiciones medio ambientales nos determina como desierto y maleza desértica, montano tundra seca y húmeda y desierto montano.



Lamina 1.2.: mapa fisiográfico, cuenca andorrreica

La cuenca endorreica se caracteriza fisiográficamente en: -

- Serranías, de topografía abrupta con pendiente muy empinadas, valles estrechos en forma de "v" y más generalmente intermitentes; donde se han podido formar terrazas aluviales de importancia en la agricultura. Los ríos que dieron lugar a la formación de la mayoría de los valles, lograron SU PERFIL De equilibrio y fluyen formando meandros fluyendo todo el sistema de drenaje hacia el Lago, que a su vez constituye el nivel base local.
- Planicie, de topografía suave ondulada, con valles y cauces de ríos poco profundos. Aquí se ha desarrollado depósitos morreánicos y abánicos aluviales extensos, drenado por numerosos riachuelos meandricos. Presenta además elevaciones de cerros islas, que rompen la monotonía del paisaje.

En general son suelos normalmente profundos con permeabilidad que varía de moderado a muy poco permeable. Químicamente son suelos debilmente lixiaviados en una saturación en bases que varía de alto a muy alto, con una reacción del suelo desde neutro a fuertemente alcalino. El contenido de materia orgánica es bajo y decrece aun más con la profundidad el fósforo esta ausente casi en todos los suelos y el Potasio se encuentra en cantidades moderadas. Los elementos secundarios tales como, calcio, magnesio y sodio se encuentran en cantidades moderadas y altas, lo que explica la naturaleza alcalina de estos suelos.

La vegetación arbórea es muy reducida, confinada a ciertos sectores, se encuentran además gramíneas, poligenáceas, papilionáceas y campesitas; siendo apreciados los cultivos ta-

les como: papa, oca, quinua, cañahua, tarhui, quinuicha y ullucu.

1.3.- ACTIVIDAD ECONOMICA.-

El Titicaca es considerado el Lago navegable más alto del mundo (3802 msnm.), cumpliendo el medio de transporte lacustre entre las repúblicas de Bolivia y Perú. Otorga también un medio de alimentación mediante la pesca, a todas las comunidades asentadas a su alrededor, para lo cual posee más de diez especies nativas de orestias y dos especies de barbo.

La región del Lago Titicaca tomada en conjunto constituye un potencial minero de primer orden comprendiendo las cordilleras de Apolobamba y Muñecas, es destacable la explotación del zinc en la mina Matilde y de gran cantidad de pequeñas minas de estaño, plomo, cobre y aluviones de oro.

La secuencia estratigráfica en toda la región del Lago Titicaca ha despertado interés para la búsqueda de petróleo. El campo petrolífero de Pirín, en las rocas del Cretácico medio se encuentra vecino al área en la orilla occidental del Lago y es el yacimiento más alto del mundo.

En las vertientes occidentales de la Cordillera de Apolobamba existe una zona de vetas de cuarzo aurífero, caracterizada por su irregular distribución de oro y telururos auríferos. El oro de los placeres que ha depositado el río Suches en toda su extensión hasta las orillas del Lago Titicaca, de riva de las vetas de cuarzo aurífero de la Cordillera, sien-

do del mismo origen los placeres del río Camata. Es además importante la actividad agropecuaria y ganadera que en párrafos anteriores se comentó sobre ella.

2.- IDENTIFICACION DE LOS PARAMETROS QUE INTERVIENEN.

Indudablemente el primer paso, es decir la lectura, es de suma importancia en la cuantificación del fenómeno, siendo esta una función directa de la experiencia, del grado de instrucción del operador, de la calidad del instrumento, del medio donde se encuentra ubicada el instrumento. Es también motivo de error, el proceso de la transcripción al cual se somete para la entrega de sus resultados.

En la recopilación de la información requerida para la elaboración del Balance se tiene especial cuidado en la verificación de los datos, revisando los archivos primitivos a nivel diario, mensual y consiguientemente los valores anuales. De lo que se concluye que los parámetros hidrometeorológicos se pueden ordenar en orden de confiabilidad de la siguiente manera:

- Precipitación
- Temperatura
- Escurrimiento
- Evaporación
- Evapotranspiración Real

Precipitación, si se toma en cuenta que la densidad pluviométrica es de 1 pluviómetro por cada 1000 Km², se considera a éste, el parámetro de mayor información, lo que nos permitirá un mejor contraste en el análisis de resultados finales.

Temperatura, la disponibilidad de registros colocan a este parámetro en segunda importancia, puesto que existe una --

estacion por cada 2000 Km², además por tratarse de un fenómeno medio regional, en la recopilación de estos datos se puede detectar fácilmente los errores puntuales.

Escorrentía Superficial, en general es medido con exactitud, sin embargo en el presente trabajo es tomado como referencia para contrastar con el valor deducido del Balance por la poca cantidad de registro.

Evaporación, su cuantificación directa solo sirve como referencia por la baja densidad de tanques evaporimétricos - en la cuenca, insidiendo además su irracional distribución y dudosa lectura.

Evapotranspiración Real, la determinación de este parámetro es función principalmente de la precipitación y la temperatura, con una incidencia lógica de sus respectivos errores sumándose a este el error de la metodología o fórmula adoptada para su determinación.

2.1.- PERIODO CONSIDERADO.-

Puesto que el trabajo en sí forma parte de uno global a nivel de América del Sur, ha de ser difícil unificar el concepto de " año hidrológico ", para los distintos países - ya que variará su inicio y final. Es por esa razón que se toma como unidad el año o calendario es decir de Enero a Diciembre.

El período para el cálculo del balance de agua para la cuenca endorreica del Lago Titicaca, está directamente condicionada por la disponibilidad de información simultánea y teniendo en cuenta que los balances medios de agua se realizan en forma anual, para poder tratar de minimizar en un

C U E N C A : ENDORREICA LAGO TITICACA (BOLIVIA / PERU)

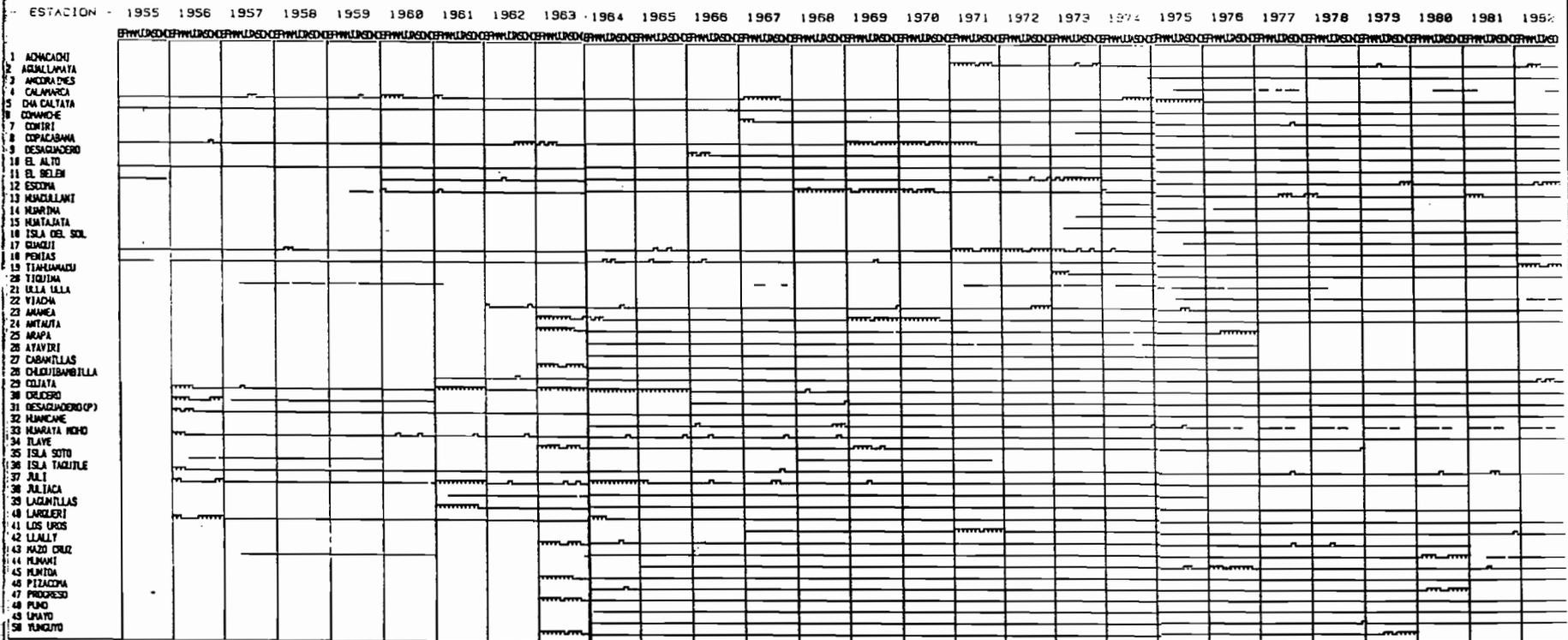


Grafico: 2.1 Diagrama de barras pluviometrico, por estaciones en el tiempo

cálculo global el término de variación de almacenamiento en la Cuenca de drenaje.

Del diagrama de barras (gráfico 2.1) correspondiente a registros pluviométricos por estaciones en el tiempo se puede observar que:

- Sector Bolivia:

La mayor densidad de información tiene como punto de partida el año 1973, existiendo 8 estaciones con registros a partir de 1956.

- Sector Perú:

La mayor densidad de información tiene como punto de partida el año 1963, existiendo también 8 estaciones con registros desde 1956.

Pudiéndose concluir que el período 1968-1982, escogido para la realización de este trabajo, además de acordarse dentro del proyecto del Balance Hídrico de América del Sur, contará con los datos necesarios de pluviometría, parámetro más disponible con el que cuentan las naciones en desarrollo en este Continente.

2.2.- DIVISION DE UNIDADES HIDROLOGICAS.-

Para una mejor determinación del volumen de aporte real al Lago se procedió a la división de su cuenca de drenaje; Gráfico 2.2.

En función de su forma de aporte se puede subdividir:

- Cuencas correspondientes a un curso principal, es decir aquellas con un solo punto de respuesta. (01,02,03,04,06,08,09,10,11,14,16 y 18)

- Cuenca que corresponde a una región, la cual es drenada por un sinnúmero de riachuelos, es decir que posee mas de un punto de respuesta. (05, 07; 12, 13, 15, y 17)
- Cuenca de la laguna de Arapa, por sus características se se puede decir, que aunque no posee un ducto de aporte - directo al Lago, esta relacionado con este por la poca variación de su nivel. (19)

2.3.- INVENTARIO DE ESTACIONES. CUENCA DEL LAGO TITICACA.

A continuación se presenta un cuadro ilustrativo del levantamiento preliminar de todas las estaciones que sirvieron como base y apoyo para el presente estudio;

La descripción de las estaciones de acuerdo al Tipo son las siguientes:

SO-SINOPTICA ORDINARIA.

Observa: Presión, vientos, humedad relativa, temperatura máxima mínima, precipitación, temperatura ambiente.

Observaciones visuales: niebla, nubosidad

Equipo: Barómetro, anenómetro, cicrómetro, termómetro de máximas y mínimas, pluviómetro.

PVM-PLUVIOMETRICA.

Observa: Precipitación y otros fenómenos nieve, niebla, nubosidad como fenómenos visuales los cuales no requieren equipo meteorológico.

CO - CLIMATOLOGICA ORDINARIA;

Observa: Precipitación, humedad relativa, vientos temperaturas máximas, mínimas, temperatura ambiente, heliofania, planta evaporimétrica.

Equipo: Pluviómetro, sicrómetro, anenómetro, termómetro máximas mínimas, heliógrafo, tanque de evaporación.

PAIS: BOLIVIA

INVENTARIO DE ESTACIONES

N°.	CUENCA	SUBCUENCA	CODIGO 'ESTACION'	NOMBRE DE LA ESTACION	LAT.	LONG.	ALTURA	PERIODO REG.
1	L. Titicaca	06	PVM	Achacachi	16°02'	68°42'	3821	71-82
2	L. Poopo	20	PVM	Achiri	17°13'	69°00'	3880	75-82
3	"	20	PVM	Aguallamaya	16°43'	68°94'	3803	74-82
4	L. Titicaca	05	PVM	Ancoraimes	15°54'	68°54'	3870	75-82
5	L. "	03	PVM	Antaquilla	14°52'	69°18'	4500	79-82
6	L. Poopo		TP	Ayo Ayo	17°05'	68°00'	3880	53-82
7	L. Titicaca	11	TP	Azafranal	16°33'	69°01'	3925	70-75
8	L. Poopo		PVM	Ballivian	17°05'	68°27'	4020	77-82
9	"	20	PVM	Berenguela	17°18'	69°13'	4120	76-82
10	"		PVM	Caquiaviri	17°01'	68°36'	3800	68-82
11	L. Titicaca	10	SO	Chacaltaya	16°20'	68°08'	5220	52-83
12	"	05	PVM	Chahuaya	15°45'	68°59'	4500	80-81
13	Beni		PVM	Charazani	15°09'	68°58'	3730	75-76
14	L. Titicaca	09	PVM	Chunavi Alto	16°19'	68°20'	4000	76-79
15	"	06	PVM	Cocotani	16°09'	68°51'	3830	77-79
16	"	10	TP	Collana	16°51'	68°20'	3940	73-82
17	"	10	PVM	Coniri	16°39'	68°18'	3310	73-82
18	"	10	TP	Comanche	16°57'	68°25'	4055	67-82
19	"	12	CO	Copacabana	16°12'	69°04'	3840	43-82
20	Beni		PVM	Coro Coro	17°11'	68°27'	4025	
21	L. Titicaca	06	TP	Coromatas	16°03'	68°31'	3980	73-74
22	"	06	PVM	Corpaputo	16°04'	68°33'	4080	77-79
23	"	11	TP	Desaguadero	16°33'	69°02'	3810	66-82
24	L. "	10	SP	El Alto	16°30'	68°10'	4052	50-83
25	"	06	TP	Esc. Prac. Belen	16°04'	68°40'	3820	78-80
26	"	06	CO	El Belen (MACA)	16°03'	68°41'	3820	49-82
27	L. Poopo		PVM	Gral. Ballivian	17°05'	68°28'	4021	
28	L. Titicaca	11	TP	Guaqui	16°35'	68°58'	3823	43-82
29	"	06	TP	Ichucota	16°10'	68°22'	4460	74-82
30	"	10	CO	Huacullani	16°28'	68°44'	3880	76-82

PAIS: BOLIVIA

INVENTARIO DE ESTACIONES

N°.	CUENCA	SUBCUENCA	'CODIGO' 'ESTACION'	NOMBRE DE LA ESTACION	'LAT.'	'LONG.'	'ALTURA'	'PERIOD REG.'
31	L. Titicaca	08	CO	Huarina	16°12'	68°35'	3825	73-82
32	"	07	TP	Huatajata	16°13'	68°42'	3824	73-81
33	"	09	PVM	Iquiaca	16°24'	68°33'	3850	73-75
34	"	10	CO	Irpa Chico	16°44'	68°22'	3830	74-79
35	"		TP	Isla del Sol	16°01'	69°09'	4027	75-82
36	L. Poopo	20	PVM	Jesus de Machaca	16°44'	68°48'	3880	68-82
37	L. Titicaca	10	TP	Kallutaca	16°31'	68°18'	3900	67-69
38	"	06	PVM	Kallucani	16°13'	68°38'	4333	77-79
39	"	10	PVM	Milluni	16°20'	68°10'	4550	76-79
40	L. Poopo	11	PVM	Nazacara	16°55'	68°40'	3820	73-75
41	L. Titicaca	08	TP	Penas	16°13'	68°30'	3986	48-82
42	"	11	PVM	Pillapi	16°29'	68°46'	4000	77-79
43	"	04	TP	Puerto Acosta	51°31'	69°15'	3871	
44	L. Poopo	20	PVM	S. Andres Machaca	16°58'	68°58'	3913	68-82
45	L. Titicaca	07	PVM	Santiago de Huata	16°03'	68°49'	3850	74-76
46	L. Poopo	20	CO	Stgo. de Machaca	17°04'	69°12'	3871	79-82
47	L. Tticaca	08	PVM	Sipe Sipe	16°15'	68°35'	3850	74-76
48	"	03	PVM	Suchez	14°47'	69°21'	4540	76-77
49	"	08	PVM	Taipichaca	16°12'	68°22'	4420	73-75
50	"	11	TP	Tiahuanacu	16°32'	68°41'	3868	73-82
51	"	07	TP	Tiquina	16°13'	68°50'	3809	46-78
52	"	11	TP	Tambillo	16°34'	68°30'	3850	74-76
53	"	10	PVM	Taraco	16°28'	68°52'	3820	76-77
54	L. Poopo		PVM	Topohoco	17°11'	68°14'	4000	77-78
55	L. Titicaca	03	TP	Ulla Ulla	15°03'	69°16'	4460	77-82
56	"	10	CO	Viacha	16°39'	68°18'	3850	62-82

P A I S: PERU

INVENTARIO DE ESTACIONES

N°	CUENCA	SUBCUENCA	CODIGO 'ESTACION'	NOMBRE DE LA ESTACION	LAT.	LONG.	ALTURA	PERIOD. REG.
1	L. Titicaca	01	PVM	Ananea	14°20'	69°32'	4600	63-83
2	"	01	PVM	Antauta	14°10'	70°18'	4400	63-76
3	"	19	CO	Arapa	15°08'	70°08'	3800	64-84
4	"	01	CO	Ayaviri	14°53'	70°36'	3900	64-84
5	"	18	CO	Cabanillas	15°38'	70°21'	3885	63-83
6	"	17	CO	Capa Chica	15°38'	69°50'	3250	56-80
7	"	01	CP	Chuquiambilla	14°47'	70°44'	3971	61-84
8	"	03	PVM	Cojata	15°00'	69°25'	4000	56-84
9	"	01	PVM	Crucero	14°20'	20°02'	4460	56-84
10	"	12	CO	Desaguadero	16°34'	69°02'	3809	56-84
11	"	02	CO	Huancane	15°12'	69°45'	3890	64-84
12	"	14	CO	Illave	16°05'	69°38'	3825	63-78
13	"		PVM	Isla Soto	15°50'	69°40'	3850	56-70
14	"		PVM	Isla Taquile	15°46'	69°41'	3850	56-83
15	"	13	PVM	Juli	16°10'	69°30'	4000	56-80
16	"	18	PVM	Juliaca	15°29'	70°09'	3925	61-75
17	"	18	CO	Lagunillas	15°46'	70°40'	4200	61-84
18	"	01	CO	LLally	14°56'	70°53'	3980	63-80
19	"		PVM	Los Uros	15°45'	69°55'	3850	67-84
20	"	14	CB	Mazo Cruz	16°44'	69°43'	4045	57-84
21	"	04	TP	Huaraya Moho	15°21'	69°30'	3890	56-84
22	"	02	CO	Munani	14°46'	69°57'	3948	65-84
23	"	01	PVM	Nunoa	14°29'	70°38'	4135	62-84
24	"	14	PVM	Laranqueri	16°09'	70°04'	3980	56-83
25	L. Poopo	20	CO	Pizacoma	16°54'	69°22'	3915	64-80
26	L. Titicaca	01	CO	Progreso	14°41'	70°22'	3950	64-83
27	"	15	CO	Puno	15°50'	70°02'	3875	64-80
28	"	16	PVM	Umayo	15°40'	70°15'	4000	64-84
29	"	12	CO	Yunguyo	16°15'	69°05'	3826	63-79

3.- PRECIPITACION.-

La precipitación es el fenómeno general que abarca todas - las formas de humedad que emanan de la atmósfera y caen a - la tierra desde el momento de su formación hasta que llegan a la superficie, la exactitud de su medición y evaluación - es determinante en el resultado de un Balance Hídrico, pues - to que puede considerarse el parámetro con mayor información.

Los factores que determinan el mayor o menor grado la preci - pitación en un área determinada depende de la proximidad a - los lagos o a los océanos, latitud, longitud, altitud, expo - sición pendiente o localización geográfica del área conside - rada.

El primer paso para el cálculo de la precipitación media en el período considerado es, la recopilación de datos, para - lo cual se buscaron todas las estaciones comprendidas den - tro de la cuenca de estudio, además de todas aquellas esta - ciones existentes en los alrededores denominadas de apoyo - utilizándose las que poseen en registros iguales o mayores - a 7 años.

3.1.- CONSISTENCIA, AMPLIACION Y RELLENO DE LAS ESTADISTICAS PLU - VIOMETRICAS.-

Pese a la importancia de la precipitación esta no puede ser estimada con un alto grado de exactitud ya que su evaluación esta afectada por dos tipos de errores.

- Error en la medida puntual, la medida del pluviómetro es - menor que la real puesto que la presencia del instrumento crea una perturbación aerodinámica, que modifica el campo de precipitación en las inmediaciones

- Error en la evaluación espacial; puesto que depende de la densidad de la red y de la calidad de los instrumentos, - instalación, observadores y el grado de instrucción de es tos últimos.

Por tal motivo se debe verificar que el período de la estadística pluviométrica que se va a utilizar sea consistente, osea, que la estación haya sido observada durante dicho período de la misma forma, con el mismo criterio y que su ins talacion no haya sufrido variaciones de ningun tipo.

En este orden, a fin de garantizar la bondad de la información a utilizarse se usa como test de consistencia el método de la curva doble acumulada (CDA), recomendada por la guía metodológica, detallado en el apéndice A-1.

Con la finalidad que en el Balance Hídrico intervengan el mayor número de registros pluviométricos, y a fin de no desechar los registros incompletos del período, se procede a la ampliación o relleno de estos, en base a las estaciones con registro primitivo completo, considerado dentro del mismo régimen hidrológico.

La metodología seguida, se desarrolla en el apéndice A-2.

3.2.- ELABORACION DEL ANALISIS DE CONSISTENCIA, AJUSTE Y AMPLIACION DE LAS ESTADISTICAS PLUVIOMETRICAS.-

Si bien es cierto que la densidad de la red pluviométrica es alta con relación a los demás parámetros que intervienen en el Balance, sin embargo no es suficiente para determinar un patrón promedio anual, para cada subcuenca. Después de -

haber realizado diferentes alternativas (graficos 3.A al - 3.D), con el fin de salvar este obstáculo para la formación del PPA y realizar el análisis de consistencia en base a las CDA, se identificaron zonas consideradas de regímenes pluviométricos homogéneos, en base principalmente, a los siguientes criterios:

- Proximidad de estaciones entre sí
- Período de registro común
- Influencias comunes de diversos facotes climatológicos como: proximidad al Lago, elevación, frentes de vientos, etc.

Identificadas las zonas de análisis, y conformado el PPA, la comparación de cada uno de los registros se realizó con el valor medio correspondiente, lo que nos permitió una mayor visualización del sesgo o consistencia del registro en los casos en que esta se presentaba.

En función de estos conceptos, se determinaron los siguientes grupos de estaciones en base a los cuales se completo y armó el plan de isoyetas:

1^{er} Grupo.- Comprendido en la subcuenca del río Ramis esta conformado por las estaciones de Ananea, Chuquibambilla, Muñoa y Progreso con un período común del 63 al 82, ubicados entre los paralelos 14°29' y 14°47' de latitud Sud

(Tabla 3.1)

De su gráfico (Graf. 3.1) se puede observar que solamente las estadísticas de Muñoa y Progreso muestran una sola tendencia, exceptuando algunos años en los cuales se-

TABLA 3.1 CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

E1. ANAÑEA
 E2. CHUQUIBAMBILLA
 E3. MUNIQA
 E4. PROGRESO
 PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

AÑO	E1	E2	E3	E4	PPE	AE1	AE2	AE3	AE4	PPA
1982	760.4	780.4	691.8	596.6	707.3	760.4	780.4	691.8	596.6	707.3
1981	668.2	850.9	658.6	698.9	769.2	1628.6	1631.3	1350.4	1295.5	1476.4
1980	605.5	650.6	819.0	498.0	643.3	2234.1	2281.9	2169.4	1793.5	2119.7
1979	692.5	524.1	567.6	585.6	592.5	2926.6	2806.0	2737.0	2379.1	2712.2
1978	672.2	824.2	932.6	824.3	813.3	3598.8	3630.2	3669.6	3203.4	3525.5
1977	597.0	712.2	718.4	598.9	656.6	4195.8	4342.4	4388.0	3802.3	4182.1
1976	596.1	676.1	768.2	568.4	639.7	4791.9	4968.5	5156.2	4370.7	4821.8
1975	673.2	781.0	669.8	553.3	669.3	5465.1	5749.5	5826.0	4924.0	5491.1
1974	615.2	661.8	486.9	552.4	579.1	6080.3	6411.3	6312.9	5476.4	6070.2
1973	573.0	786.0	595.5	783.8	685.1	6653.3	7199.3	6908.4	6260.2	6755.3
1972	628.4	670.6	679.0	639.9	654.5	7281.7	7869.9	7587.4	6900.1	7409.8
1971	639.8	552.1	834.7	537.7	641.1	7921.5	8422.0	8422.1	7437.8	8050.8
1970	590.3	786.2	812.4	720.0	727.2	8511.8	9208.2	9234.5	8157.8	8778.1
1969	562.0	519.3	779.0	444.0	576.1	9073.8	9727.5	10013.5	8601.8	9354.2
1968	538.2	836.0	588.1	561.0	631.3	9612.0	10565.5	10601.6	9162.8	9985.5
1967	546.1	814.1	720.5	535.0	554.4	10160.1	11379.6	11322.1	9697.8	10639.9
1966	536.1	602.4	686.4	457.8	570.7	10696.2	11982.0	12008.5	10155.6	11210.6
1965	532.8	909.4	799.6	684.4	731.6	11229.0	12891.4	12808.1	10840.0	11942.1
1964	569.0	781.8	667.7	586.0	651.1	11798.0	13673.2	13475.8	11426.0	12593.3
1963	550.7	771.3	702.5	575.1	649.9	12348.7	14444.5	14178.3	12001.1	13243.2

considera las variaciones naturales del medio, siendo necesaria la correccion de las restantes:

Tabla 3.1.2. factores de corrección

ESTACION	PERIODO DE QUIEBRE	FACTOR DE CORREC.
Ananea	74 - 63	1.1463
Chuquibambilla	69 - 63	0.8572
Crucero	78 - 68	0.6469

Realizados los ajustes necesarios nos determinaron un nuevo patrón de precipitación (ajustado); el cual nos sirve para comparar las siguientes estaciones:

CRUCERO (68 - 82), AYAVIRI (68 - 82) LLALLY (68 - 80).

De su grafica (Graf. 3.1.1) se observa que las estaciones de Ayaviri, y Llally muestran una sola tendencia, requiriendo ajuste la estacion Crucero. Es de notar el orden del factor - de correccion de la estacion Crucero, siendo este del 35%.

Para la ampliación de la estadística de los valores anuales de la estacion Llally se usó el método de la correlación lineal con la estación Progreso, cuyo coeficiente de correlación es de 0.76 y su ecuación de regresión $y = 1.999 + 0.789 x$

2^{do}; Grupo.- Conformadas con las estaciones de: Huancane, - Huaraya Moho, Escoma y el Belen, ubicadas todas muy próximas al Lago, comprendidas entre los 15°12' y los 16° de latitud Sud con un período común, 64-82. El criterio para la conformación de este grupo es la presencia de un frente de viento sobre la orilla Este del Lago.

TABLA 3.2 CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

	E1. HUANCANE E2. HUARAYA MOHO E3. ESCOMA E4. EL BELEN PPE. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES										E5. COJATA		
AÑO	E1	E2	E3	E4	PPE	AE1	AE2	AE3	AE4	PFA	AÑO	E5	AE5
1962	711.6	876.3	622.4	297.6	627.0	711.6	876.3	622.4	297.6	627.0	1982	826.3	826.3
1981	1034.4	1054.7	571.7	554.6	803.9	1746.0	1931.0	1194.1	852.2	1430.8	1981	920.2	1746.5
1980	707.8	684.8	397.1	443.6	558.3	2453.8	2615.8	1591.2	1295.8	1929.1	1980	756.5	2503.0
1979	665.3	1101.6	698.3	441.5	726.7	3119.1	3717.4	2289.5	1737.3	2715.8	1979	632.1	3135.4
1978	970.5	1041.1	468.0	520.0	749.9	4089.6	4758.5	2757.5	2257.3	3465.7	1978	909.9	4045.0
1977	569.3	891.7	482.6	509.4	603.3	4658.9	5610.2	3246.1	2766.7	4069.0	1977	783.1	4828.1
1976	425.7	820.1	504.7	401.3	538.0	5084.6	6430.3	3744.8	3168.0	4606.9	1976	669.0	5497.1
1975	717.7	1035.3	477.8	298.7	632.4	5802.3	7465.6	4222.6	3456.7	5239.3	1975	694.7	6191.8
1974	588.8	926.3	356.3	561.0	608.1	6391.1	8391.9	4578.0	4027.7	5947.4	1974	688.3	6880.1
1973	645.9	946.9	387.6	520.9	625.3	7037.0	9338.8	4966.5	4548.6	6472.7	1973	764.2	7644.3
1972	624.1	838.8	455.3	319.7	559.5	7661.1	10177.6	5421.8	4868.3	7032.0	1972	661.8	8306.1
1971	507.4	836.4	630.4	331.3	576.4	8168.5	11014.0	6052.2	5199.6	7608.6	1971	588.0	8894.1
1970	720.2	921.8	461.4	486.5	647.5	8888.7	11935.9	6513.6	5686.1	8256.1	1970	643.7	9537.8
1969	544.5	680.3	326.0	362.3	478.3	9433.2	12616.1	6639.6	6648.4	8734.3	1969	471.5	10009.6
1968	820.3	986.1	553.0	450.9	702.6	10253.5	13602.2	7352.6	6499.3	9436.9	1968	480.1	10489.7
1967	538.3	720.8	520.0	465.4	561.1	10791.8	14323.0	7912.6	6964.7	9998.0	1967	642.8	11132.5
1966	643.2	712.2	175.0	417.8	467.0	11435.0	15035.2	8087.6	7320.5	10485.1	1966	552.6	11685.1
1965	719.8	874.4	432.0	540.6	641.7	12154.6	15909.6	8519.6	7923.1	11128.8	1965	715.0	12430.1
1964	546.2	864.4	511.0	478.1	599.9	12701.0	16774.0	9030.6	8401.2	11726.7	1964	576.0	13006.1

De su gráfico (Graf. 3.2) se puede observar que todas las estaciones muestran una tendencia, es decir que no requieren ajuste.

Determinando un nuevo patrón con las estaciones Huancane y Huaraya Moho, nos determinan la comparación de la estación-Cojata (Graf. 3.2.1). De su gráfico se puede observar que sigue una sola tendencia, excepto el último año (68) que sufre una desviación, la cual no influye en la determinación del valor medio.

Tomando como estación base, Huancane, se contrastó la estación Arapa la cual presentó un sesgo en el periodo 71-68, -siendo esta corregida con un factor de corrección 1.1942

TABLA 1.3 CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

AÑO	E1, CABANILLAS E2, LAGUNILLAS E3, PUNO E4, Umayo PPA, PROMEDIO DE LAS ESTACIONES										E5, ISLA TAGUILE	
	E1	E2	E3	E4	PPE	AE1	AE2	AE3	AE4	PPA	E5	AE5
1962	583.9	773.5	794.8	716.2	217.1	583.9	773.5	794.8	716.2	717.1	1666.7	1666.9
1961	608.3	810.6	798.6	833.4	760.2	1192.2	1584.1	1583.4	1549.6	1477.3	1450.1	3117.0
1960	555.8	493.4	614.4	450.9	528.6	1748.0	2077.5	2197.8	2000.5	2005.9	1358.6	4475.6
1959	662.0	585.9	527.3	568.5	585.9	2410.0	2663.4	2725.1	2569.0	2591.9	1251.1	5726.7
1958	831.8	704.5	829.5	712.9	769.7	3241.8	3367.9	3554.6	3281.9	3361.5	1713.5	7440.2
1957	781.8	703.6	742.4	684.9	728.2	4023.6	4071.5	4297.0	3966.8	4089.7	1518.7	8958.9
1956	579.7	643.1	758.0	665.2	661.5	4603.3	4714.6	5055.0	4632.0	4751.2	1298.5	10257.4
1955	757.5	811.9	943.8	872.6	846.5	5361.1	5526.5	5998.8	5504.6	5597.7	1363.7	11621.1
1954	839.7	853.3	750.8	742.0	796.5	6200.8	6379.8	6749.6	6246.6	6394.2	1402.7	13023.8
1953	730.1	952.3	797.3	554.0	758.4	6930.9	7332.1	7546.9	6800.6	7152.6	1468.7	14492.5
1952	726.6	694.7	798.1	591.8	702.8	7657.5	8026.8	8345.0	7392.4	7855.4	1030.7	15523.2
1951	432.3	527.8	652.6	458.3	517.8	8089.8	8554.6	8997.6	7850.7	8373.2	828.9	16352.1
1950	562.6	696.7	568.0	570.3	599.3	8652.4	9250.9	9565.6	8421.0	8972.5	1087.7	17439.8
1949	487.0	506.1	503.0	478.7	474.7	9117.7	9781.8	10069.4	8899.7	9467.2	645.7	18085.5
1948	612.5	654.5	625.3	538.6	607.8	9730.2	10436.3	10694.9	9438.3	10074.9	973.4	19058.9
1947	566.6	617.1	710.0	456.8	587.6	10296.8	11053.4	11404.9	9895.1	10662.5	888.3	19947.2
1946	487.4	503.9	443.1	329.8	441.0	10784.2	11557.3	11848.0	10224.9	11103.6	798.1	20745.3
1945	673.2	549.1	664.0	580.7	616.8	11457.4	12106.4	12512.0	10805.6	11720.3	1061.9	21807.2
1944	513.3	447.3	1408.5	317.4	671.6	11970.7	12553.7	13920.5	11123.0	12392.0	988.5	22795.7

3^{er}. Grupo.- Conformado por las estaciones de Cabanillas, lagunillas, Puno y Umayo con un período común del 64 al 82 ubicadas entre los paralelos 15° 28' y 15°50' de latitud Sud (Tabla 3.3.)

De su gráfico (Graf: 3.3) se puede observar que solo una estación requiere ajuste, el correspondiente a la estación Umayo el cual se presenta en el año 1975 con un factor de corrección de 1.1358.

Tomando como base la estación Puno, se contrastó la estación Capachica, de cuyo gráfico (Graf. 3.3.1.) se puede observar que sigue una misma tendencia. Verificada esta es a su vez - considerada estación base para comparar la estación Isla Taquile.

Tabla 3.3.1. Factores de corrección

Estación	Período de quiebre	Factor de Correc.
Umayo	75 - 68	1.1358
Isla Taquile	76 - 68	1.1624

4^{to}; Grupo.- Conformada por las estaciones Juli, Yunguyo y Copacabana, con un período común del 63 al 79, ubicados entre los paralelos 15°10' y 16°15' de Latitud Sud.

(Tabla 3.4.)

De su gráfica se puede observar, (Graf.3.4) que solamente la estación Yunguyo presenta una tendencia uniforme.

Estacion	Periodo de Quiebre	Factor de Correc.
Juli	73 - 69	0.7939
	69 - 63	1.0471
Copacabana	73 - 68	1.0528
llave	73 - 68	0.7929

TA B L A 3.4 CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

E1. COPACABANA
E2. JULI
E3. YUNGUYO
PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

E4. ILAVE

ANIO	E1	E2	E3	PPE	AE1	AE2	AE3	PPA	ANIO	E4	AE4
1979	1059.7	940.8	876.9	959.1	1059.7	940.8	876.9	959.1	1978	704.4	704.4
1978	933.0	759.4	755.6	816.0	1992.7	1700.2	1632.5	1775.1	1977	778.2	1482.6
1977	963.1	1011.2	758.2	910.8	2955.8	2711.4	2390.7	2686.0	1976	737.4	2220.0
1976	1025.6	910.6	1030.9	989.0	3981.4	3622.0	3421.6	3675.0	1975	869.1	3089.1
1975	1219.2	1147.1	1244.3	1203.5	5200.6	4769.1	4665.9	4878.5	1974	865.9	3955.0
1974	903.0	1112.4	947.9	987.8	6103.6	5881.5	5613.6	5866.3	1973	846.7	4801.7
1973	1063.4	925.9	950.0	979.8	7167.0	6807.4	6563.8	6846.1	1972	860.3	5462.0
1972	827.6	938.8	587.1	784.5	7994.6	7746.2	7150.9	7630.6	1971	658.2	6120.2
1971	473.3	939.7	661.8	691.6	8467.9	8685.9	7612.7	8322.2	1970	764.3	6884.5
1970	530.0	853.5	537.6	640.4	8997.9	9539.4	8350.3	8962.5	1969	624.4	7508.9
1969	567.0	649.4	534.0	583.5	9564.9	10188.8	8884.3	9546.0	1968	738.8	8247.7
1968	1740.9	836.7	765.0	1114.2	11305.8	11025.5	9649.3	10660.2	1967	603.2	8850.9
1967	694.4	799.3	861.3	785.0	12000.2	11824.8	10510.6	11445.2	1966	378.9	9229.8
1966	593.5	498.3	532.8	541.5	12593.7	12323.1	11043.4	11986.7	1965	218.3	9448.1
1965	762.5	830.8	812.3	801.9	13356.2	13153.9	11855.7	12788.6	1964	411.2	9859.3
1964	582.0	760.0	698.6	680.2	13938.2	13913.9	12554.3	13468.8	1963	525.7	10365.0
1963	622.0	1072.6	742.6	812.4	14560.2	14986.5	13296.9	14261.2			

Ajustada la estación Juli, se promedió con la estación Puno las cuales sirvieron para comparar las estaciones de Ilave y Larqueri.

5^{to}. Grupo.- Conformado por la estación Desaguadero que tiene como característica el de ser registrado por el lado boliviano y Peruano, permitiendonos un contraste entre ambos registros. Con un período común del 66 al 82 (Grat. 3.5)

De su gráfica (Grat. 3.5.) se puede observar que ambos registros poseen una tendencia lineal determinandonos la metodología de registro común y a la vez nos muestran su concordancia.

El promedio de estos dos registros, tomado como base nos permite comparar la estación Guaqui. De su gráfico (Grat. 3.5.1) nos permite afirmar necesario el ajuste para el periodo 71 - 66 CON UN FACTOR DE CORRECCION de 0.6547

TABLA 5.5 CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

E1. DESAGUADERO
E2. DESAGUADERO(P)
PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES.

E3. GUARANI

ANIO	E1	E2	PPE	AE1	AE2	PPA	ANIO	E3	AE3
1982	761.7	772.8	767.3	761.7	772.8	767.3	1982	548.3	548.3
1981	968.9	938.8	953.9	1730.6	1711.6	1721.1	1981	810.7	1359.0
1980	632.7	467.7	560.2	2363.3	2199.3	2281.3	1980	531.4	1890.4
1979	752.7	807.9	780.3	3116.0	3007.2	3061.6	1979	602.6	2493.0
1978	827.9	771.3	799.6	3943.9	3778.5	3861.2	1978	450.5	2943.5
1977	728.8	817.3	773.1	4672.7	4595.8	4634.2	1977	200.1	3143.6
1976	801.0	660.3	730.7	5473.7	5256.1	5364.9	1976	527.9	3671.5
1975	920.7	817.0	868.9	6394.4	6073.1	6233.7	1975	833.8	4505.3
1974	748.2	764.6	756.4	7142.6	6837.7	6990.1	1974	671.8	5177.1
1973	1043.9	876.5	960.2	8186.5	7714.2	7950.3	1973	710.1	5887.2
1972	620.0	776.4	698.2	8806.5	8490.5	8648.6	1972	513.0	6400.2
1971	590.0	595.2	592.6	9396.5	9085.8	9241.2	1971	470.0	6970.2
1970	544.5	618.8	581.7	9941.0	9704.6	9822.8	1970	758.1	7628.3
1969	418.6	416.9	417.7	10359.6	10121.5	10240.5	1969	455.9	8084.2
1968	728.6	750.6	784.6	11138.2	10912.1	11025.1	1968	731.0	8815.2
1967	602.9	528.8	565.9	11741.1	11440.9	11591.0	1967	574.6	9281.8
1966	552.2	510.1	531.2	12293.3	11951.0	12122.2	1966	615.3	10005.4

6^{to}. Grupo.- Conformado por las estaciones de El Alto, Viacha Calamarca y Comanche, ubicadas al Sud Este de la Cuenca, entre los paralelos 16°30' y 16°57' de latitud Sud.

TABLA 5.6 CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

E1. EL ALTO
E2. VIACHA
E3. CALAMARCA
E4. COMANCHE
PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES

ANIO	E1	E2	E3	E4	PPE	AE1	AE2	AE3	AE4	PPA
1982	634.7	542.4	405.3	512.7	523.8	634.7	542.4	405.3	512.7	523.8
1981	735.0	656.7	466.5	633.4	622.9	1369.7	1199.1	871.8	1146.1	1146.7
1980	477.3	525.8	403.7	395.8	450.6	1847.0	1724.9	1275.5	1541.9	1597.3
1979	827.3	764.7	627.2	539.7	689.7	2674.3	2489.6	1902.7	2081.6	2287.0
1978	648.4	950.3	418.9	594.9	653.1	3322.7	3439.9	2321.6	2678.5	2940.2
1977	738.5	1124.8	467.9	803.8	783.8	4061.2	4564.7	2789.5	3480.3	3723.9
1976	659.8	675.9	403.5	571.0	577.6	4721.0	5240.6	3193.0	4051.3	4301.5
1975	767.3	787.3	179.0	666.0	675.0	5488.3	6028.2	3672.0	4717.3	4976.5
1974	771.2	876.6	728.3	737.6	778.4	6259.5	6904.8	4400.3	5454.9	5754.9
1973	613.7	844.5	431.9	513.4	600.9	6873.2	7749.3	4832.2	5968.3	6355.7
1972	480.3	507.1	461.1	553.3	500.4	7353.5	8256.4	5293.3	6521.6	6856.2
1971	598.9	407.0	571.4	433.5	502.6	7952.4	8663.4	5864.4	6955.1	7358.8
1970	621.4	527.9	615.4	543.2	577.0	8573.8	9191.3	6479.8	7498.3	7935.8
1969	400.5	387.2	344.0	387.5	379.8	8974.3	9578.5	6823.8	7885.8	8315.6
1968	579.3	550.4	557.4	497.5	546.2	9553.6	10128.9	7381.2	8383.3	8861.8
1967	452.0	473.5	523.4	554.5	500.8	10005.6	10602.4	7904.6	8937.8	9362.6

De su grafica (Graf. 3.6) se puede observar leves variaciones las cuales nos determinan su ajuste.

Estación	Período de Quiebre	Factor de Correc.
El Alto	78 - 67	1.0862
Viacha	79 - 73	0.8421
Viacna	73 - 67	1.1473
Comanche	76 - 67	0.9337
Calamarca	75 - 67	0.7646

7^{mo}. Grupo.- Conformado por las estaciones de Mazo Cruz y Pizacoma, las cuales se caracterizan por ser influenciadas por la Cuenca Endorreica del Lago Poopo con un período común del 64 al 80. Tabla 3.7.

TABLA 3-7 CUADRO DE DOBLES ACUNULADAS

E1. MAZO CRUZ E2. PIZACOMA PPA. PROMEDIO DE LAS ESTACIONES						
ANIO	E1	E2	PPE	AE1	AE2	PPA
1980	328.1	324.4	326.2	328.1	324.4	326.2
1979	421.7	552.9	487.3	749.8	877.3	813.6
1978	541.4	493.0	517.2	1291.2	1370.3	1330.7
1977	553.3	562.9	558.1	1844.5	1933.2	1888.8
1976	481.6	469.6	475.6	2326.1	2402.8	2364.4
1975	541.9	721.7	631.8	2868.0	3124.5	2996.2
1974	772.7	1095.5	934.1	3640.7	4220.0	3930.3
1973	623.0	757.3	690.1	4263.7	4977.3	4620.5
1972	709.3	842.8	776.1	4973.0	5820.1	5396.5
1971	613.7	933.0	773.4	5586.7	6753.1	6169.9
1970	491.2	619.3	555.2	6077.9	7372.4	6725.1
1969	407.6	374.5	391.0	6485.5	7746.9	7116.2
1968	709.4	662.4	685.9	7194.9	8409.3	7802.1
1967	406.0	317.1	358.5	7594.9	8726.4	8160.6
1966	420.9	256.3	338.6	8015.8	8982.7	8499.2
1965	406.4	266.3	336.3	8422.2	9249.0	8835.6
1964	424.8	313.2	369.0	8847.0	9562.2	9204.6

De su gráfica. (Graf. 3.7.) se puede concluir que ambas estaciones requieren ajuste.

Estación	Periodo de quiebre	Factor de correc.
Mazo Cruz	76 - 69	1.1239
	69 - 64	0.87
Pizacoma	76 - 69	0.9036
	69 - 64	1.1691

3.3.- EVALUACION DE LA PRECIPITACION ESPACIAL.-

Para la evaluación espacial de la precipitación se utiliza el método de las isoyetas, el cual posee como ventaja:

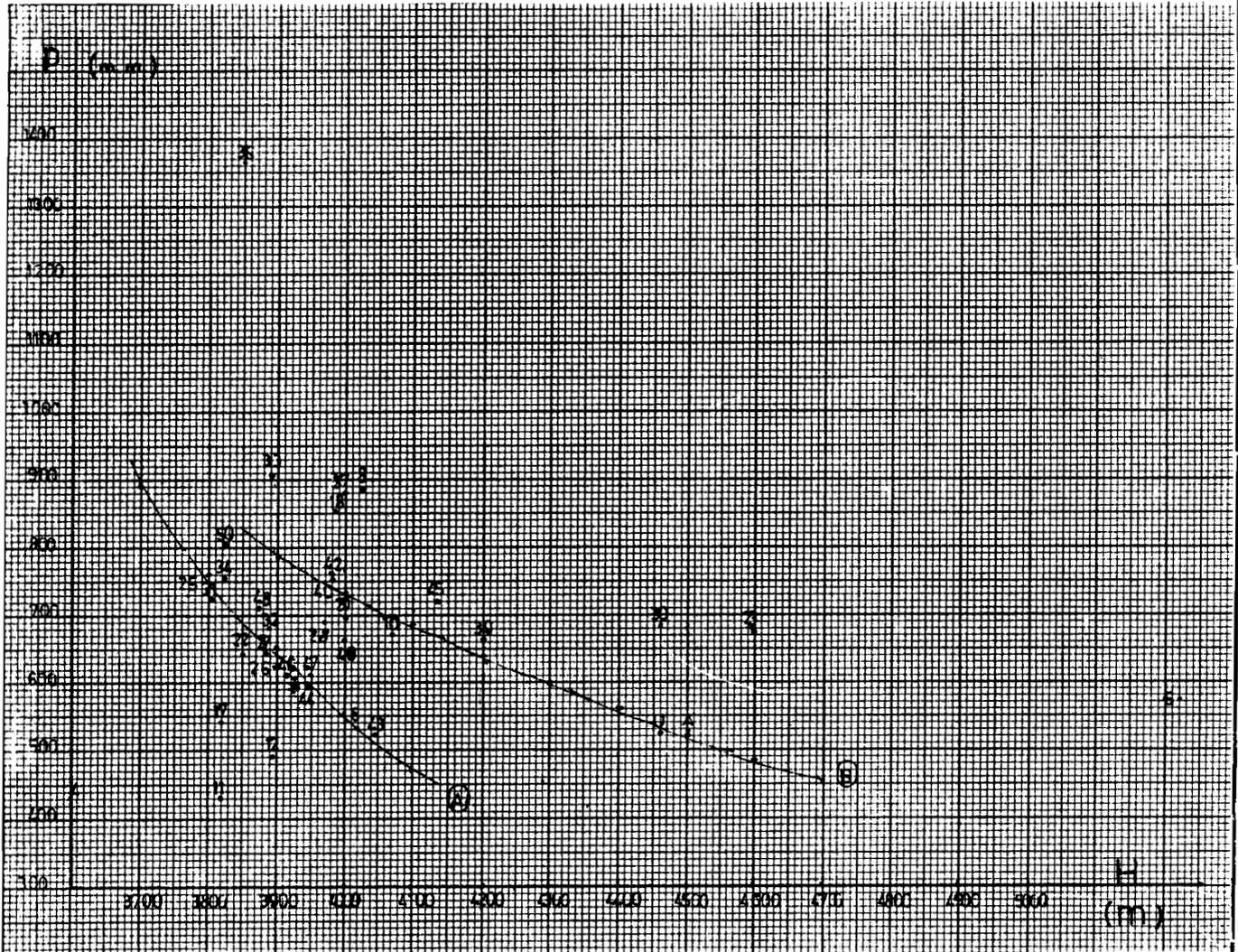
- Nos permite estimar, la variación paulatina de la precipitación en el espacio, aun en zonas montañosas.
- Nos permite evaluar la precipitación caída en una cuenca y compararla con la escorrentía registrada a su salida.
- Nos facilita el trazado del mapa de evapotranspiración -- real, apoyándose en el de isotermas.

3.3.1.- PERFIL PLUVIOMETRICO.-

Después de haber realizado un exhaustivo análisis de correlación entre los parámetros de precipitación y altura, se tomó como representativo aquel perfil pluviométrico cuyo coeficiente de correlación fuese el más alto.

Se pudo determinar correlaciones exponenciales, correspondientes a dos zonas características, una, ubicada en los alrededores del lago e influenciadas por este, comprendido hasta los 4.000 msnm. y la segunda zona ubicada sobre los 4.000

msnm. y caracterizada por estar alejada del lago, por lo tanto menos influenciada por este.



B	COD.	ESTAC.	msnm.	P.	
42	Llally		3980	763.5	
40	Larqueri		3980	757.5	Regresión exponencial
29	Cojata		4000	699.3	$r = - 0.9644$
45	El Alto		4071	672.6	$y = 9.3519 e^{-0.0007 x}$
39	Munoa		4135	720.7	
U	Ulla - Ulla		4460	524.7	
A	Antaquilla		4500	527.2	

A	COD.	ESTAC.	msnm.	P.	
	25	Arapa	3800	735.6	
	31	Desaguadero	3809	727.5	
	34	Ilave	3825	757.2	Regresión exponencial
	50	Yunguyo	3826	807.9	
	48	Puno	3875	713.0	$r = - 0.9576$
	32	Huancane	3890	683.6	
	46	Pizacoma	3915	613.1	$y = 12.9150 e^{-0.0016x}$
	44	Munani	3948	595.9	
	47	Progreso	3950	610.9	
	6	Comanche	4020	533.7	
	43	Mazo Cruz	4045	523.3	

3.3.2.- TRAZADO DE LAS ISOYETAS.-

El trazado de las isoyetas fue realizado tomando como base de referencia la influencia de la topografía y orografía de la cuenca, además de contar con el apoyo de los perfiles pluviométricos.

Para la definición de la tendencia de las isolineas además se consideró la influencia de los sectores climatológicos propios de la zona, tales como: altitud msnm; las masas de aire frío polar marítimo que cruzan los andes de Chile e ingresan en la cuenca; las masas de aire húmedo caliente que provienen de la amazonía que en su movimiento se enfrían al subir la cordillera, lo que produce el aumento de su humedad relativa y provoca precipitaciones en barlovento de la cordillera.

Considerando que los valores registrados en una estación meteorológica son los representativos del área circundante, se han trazado las isoyetas de 100 en 100 mm de contorno, -

tomando en cuenta los valores registrados además de factores como orientación de los cerros (sotavento y barlovento) distancia a los lagos (Titicaca, Arapa) altitud y orografía del terreno.

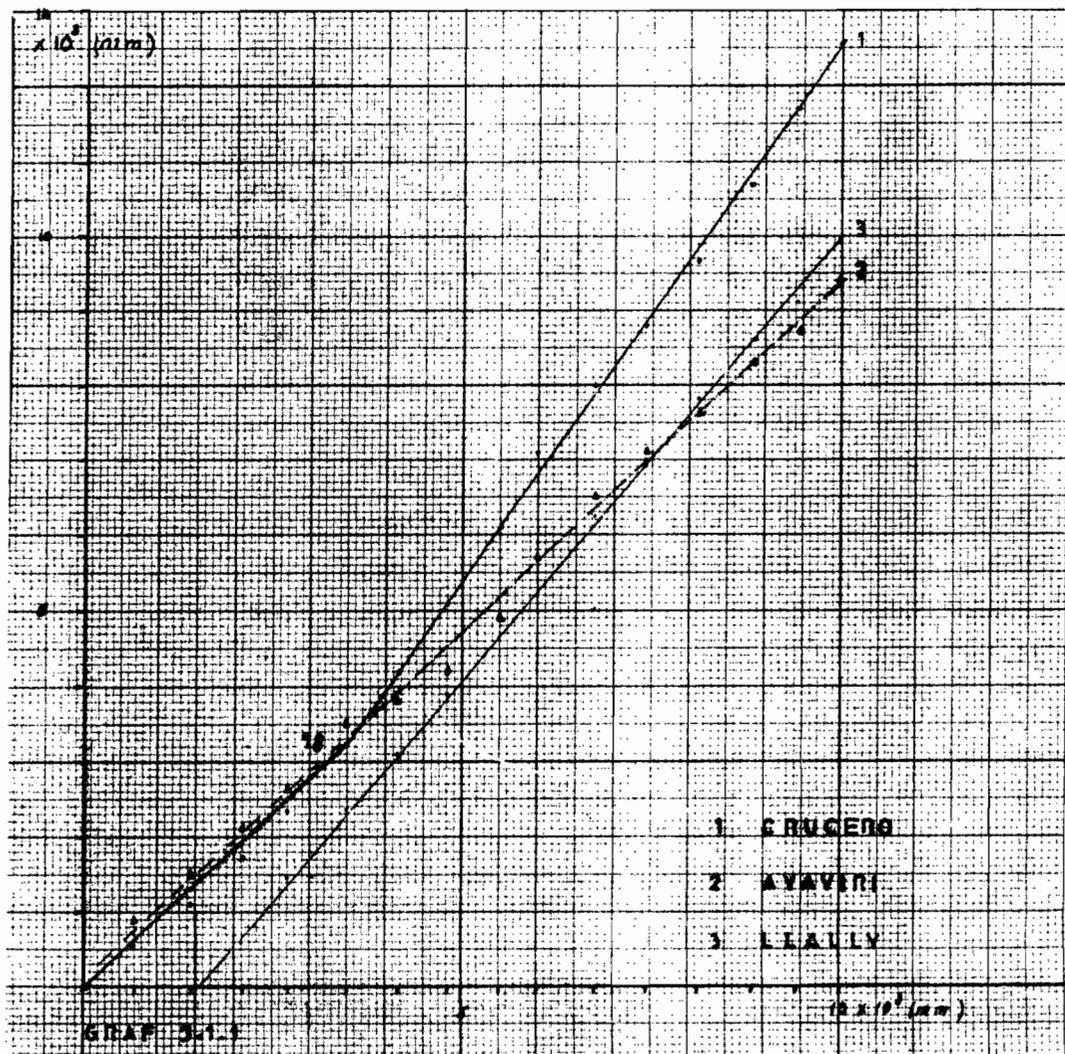
Se determinó que la precipitación media de toda la cuenca es de **655** mm y el valor medio sobre el lago de **955** mm. Observándose que la mayor precipitación se efectúa en la zona comprendida entre las islas Taquile e isla Soto, con una precipitación media de 1200 mm.

Es de notarse además la distribución un tanto radial de la precipitación alrededor del Lago, con epicentro en la zona antes mencionada.

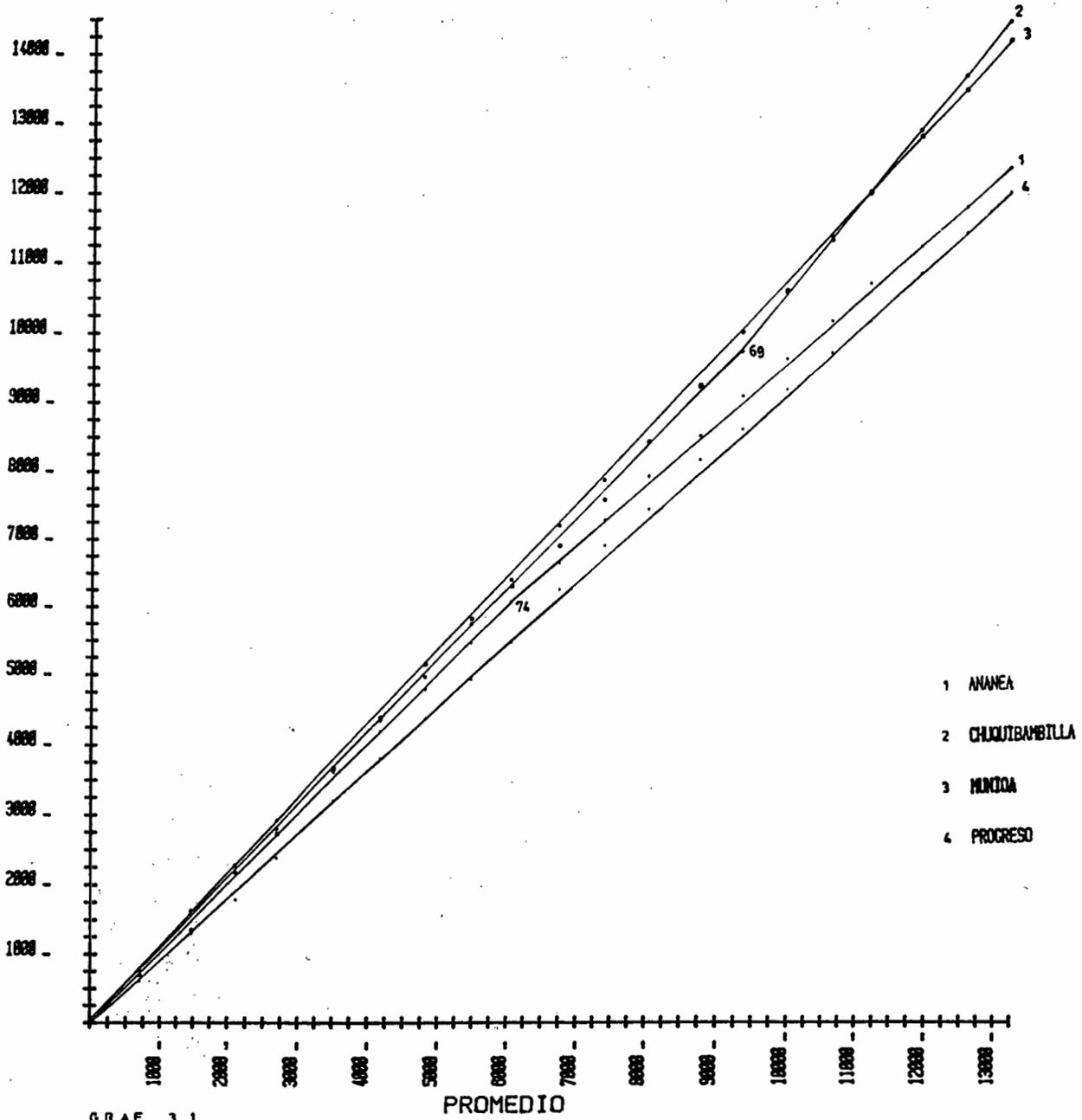
Las masas de aire húmedo y caliente que provienen de la Amazonía se enfrían al subir la cordillera lo que hace que aumente su humedad relativa provocando fuertes precipitaciones en barlovento de la cordillera, por consiguiente dentro de la cuenca disminuye ostensiblemente. Al bajar hacia el Lago estas masas de aire, se calientan aumentando la presión lo que reduce la humedad relativa, de esa manera al pie de la Cordillera las precipitaciones son débiles.

El origen de las precipitaciones de la Cuenca endorreica -- del Lago Titicaca son convectivas, producida por un fenómeno local, siendo el Lago el factor preponderante para su origen. Formándose corrientes ascendentes calientes y húmedas (especialmente en la noche la atmósfera se enfría), dichas corrientes aumentan la humedad ambiente, formando nubes en mayor cantidad y consecuentemente precipitaciones.

La función de los vientos es destacable, en el Lago mayor recorren en dirección N.NW - S.SE llevando nubes de masa de aire húmedo caliente en dirección de la bahía de Copacabana. Estas masas de aire pasan por el Lago pequeño principalmente al nivel del istmo de Yunguyo, encontrándose entonces bajo la influencia de vientos de dirección del Sud que subiendo el valle del Desaguadero aumentan la humedad relativa de las masas de aire y provocan precipitaciones.



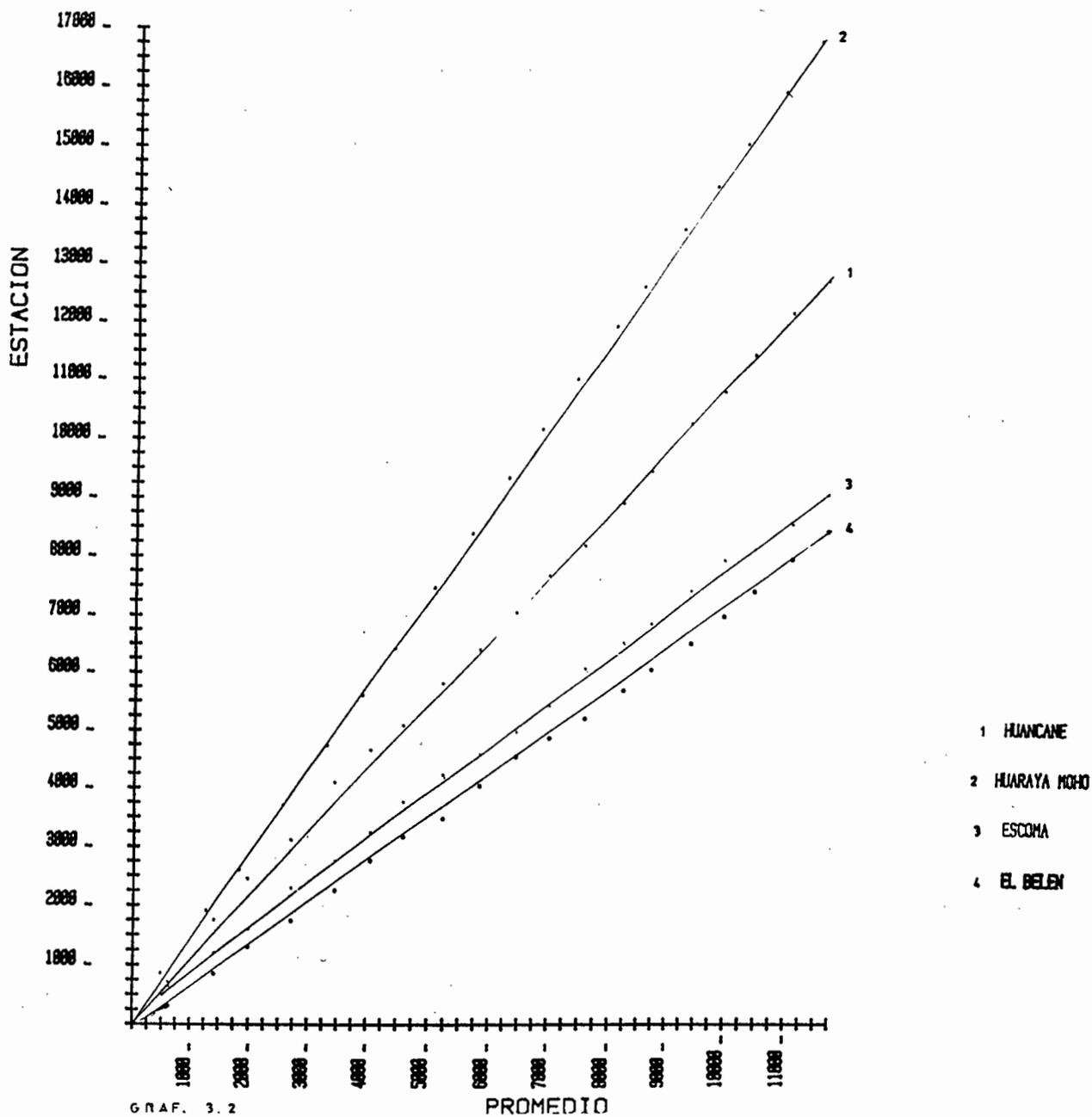
PERIODO 1963 . 1982



GRAF. 3.1

*** CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS ***

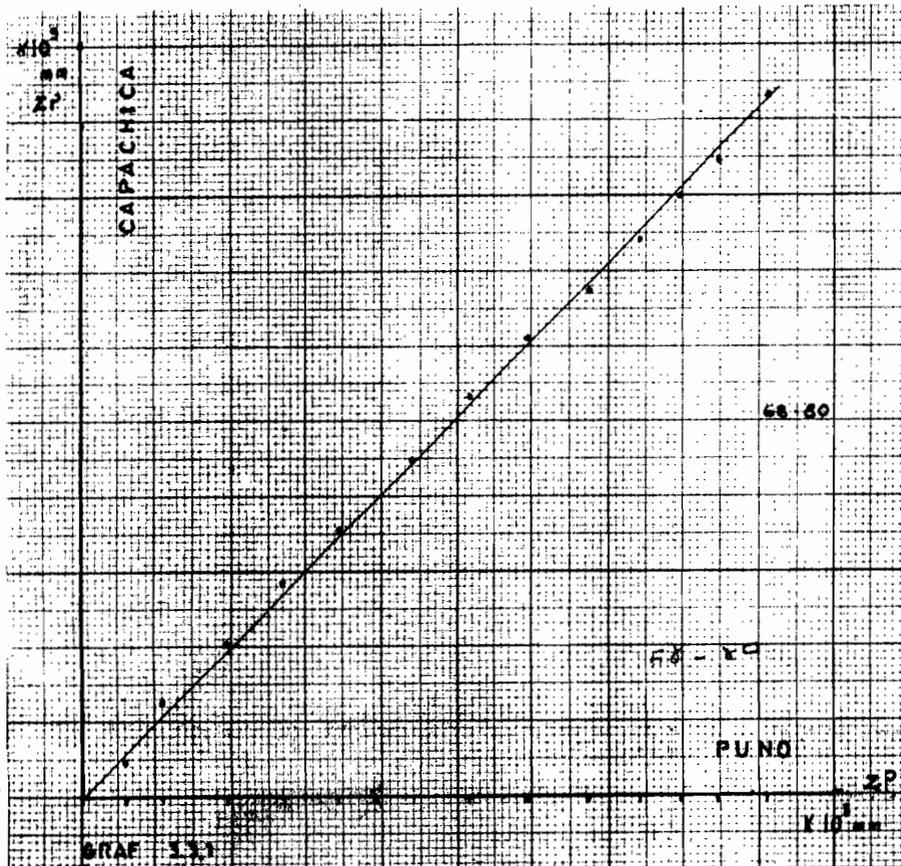
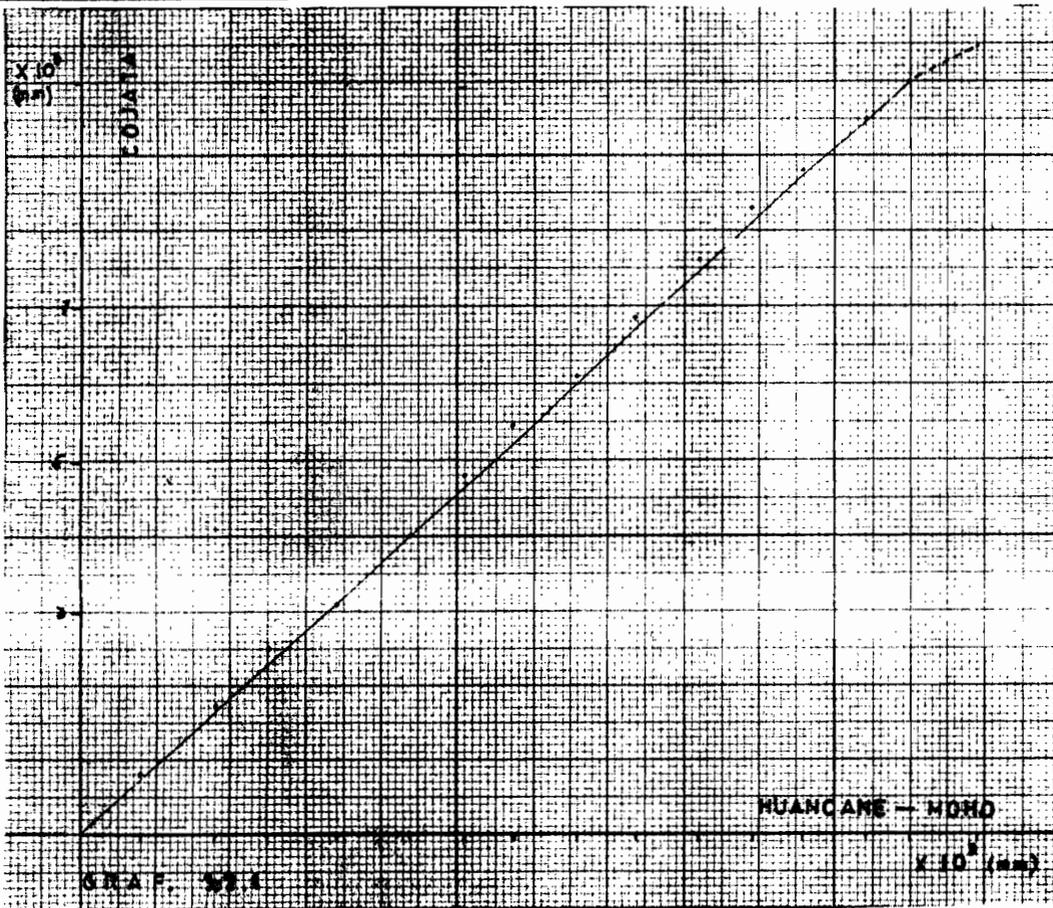
PERIODO 1964 , 1982



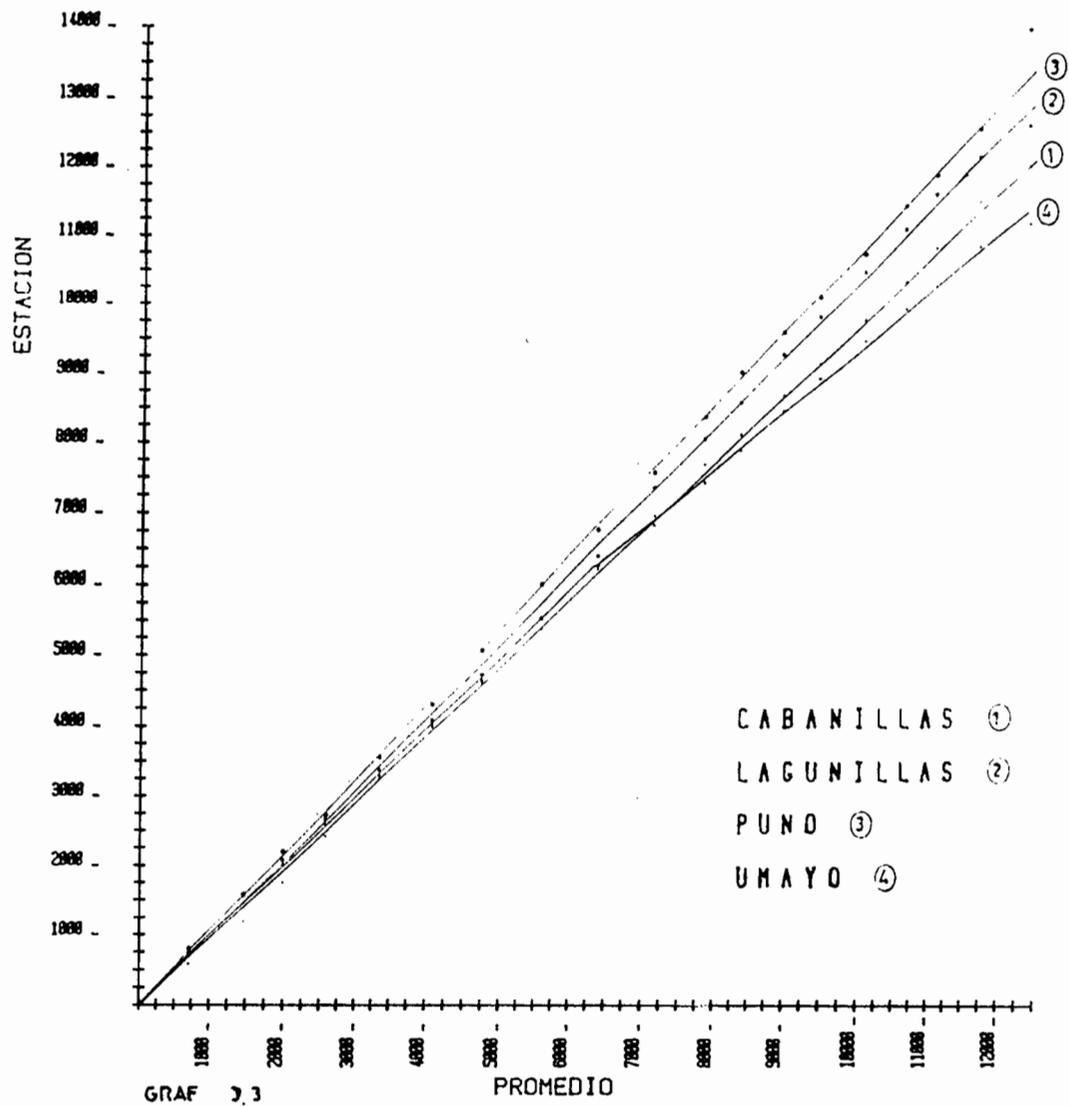
GRAF. 3.2

PROMEDIO

*** CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS ***



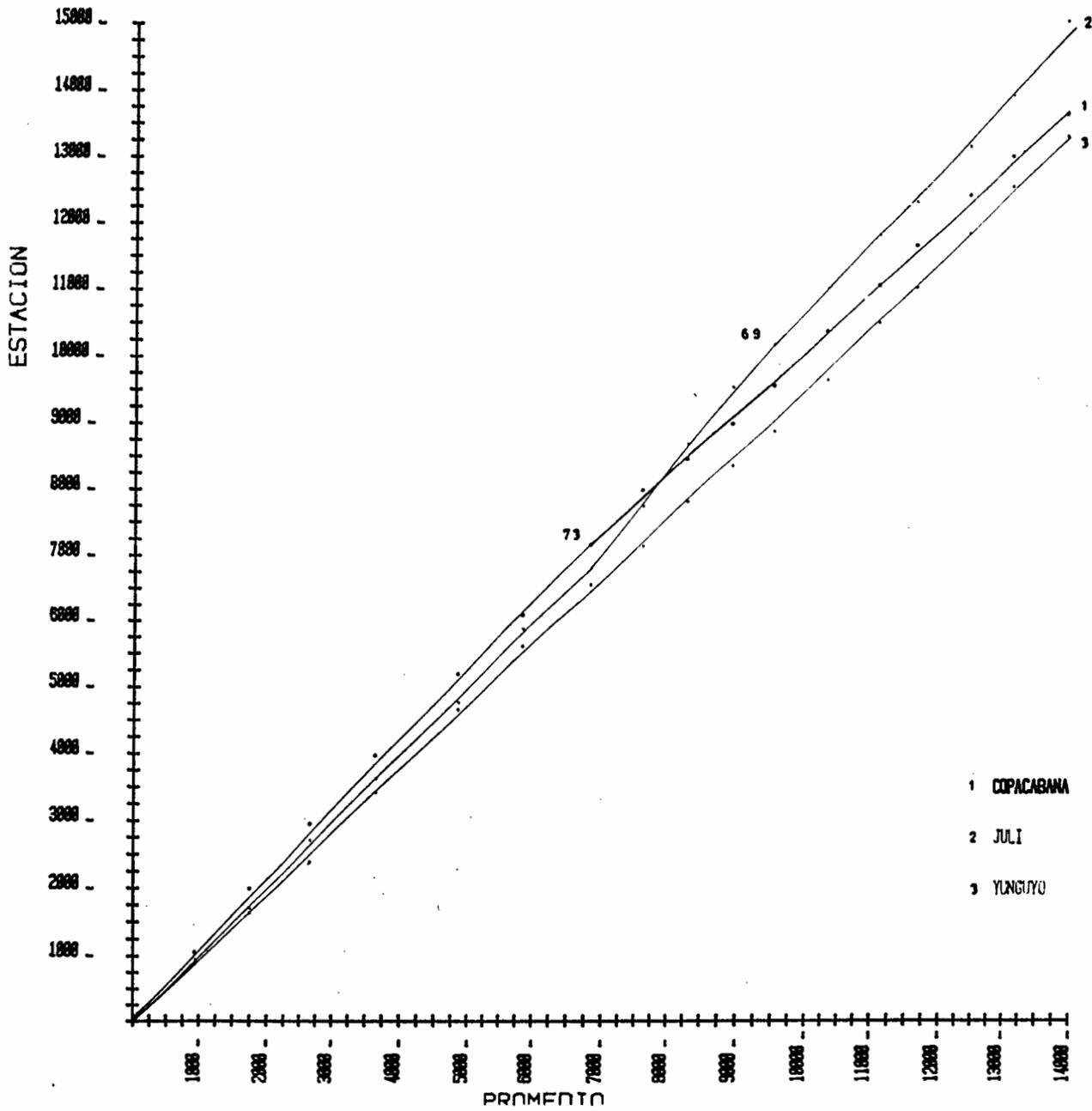
PERIODO 1964 , 1982



CABANILLAS (1)
LAGUNILLAS (2)
PUNO (3)
UMAYO (4)

CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

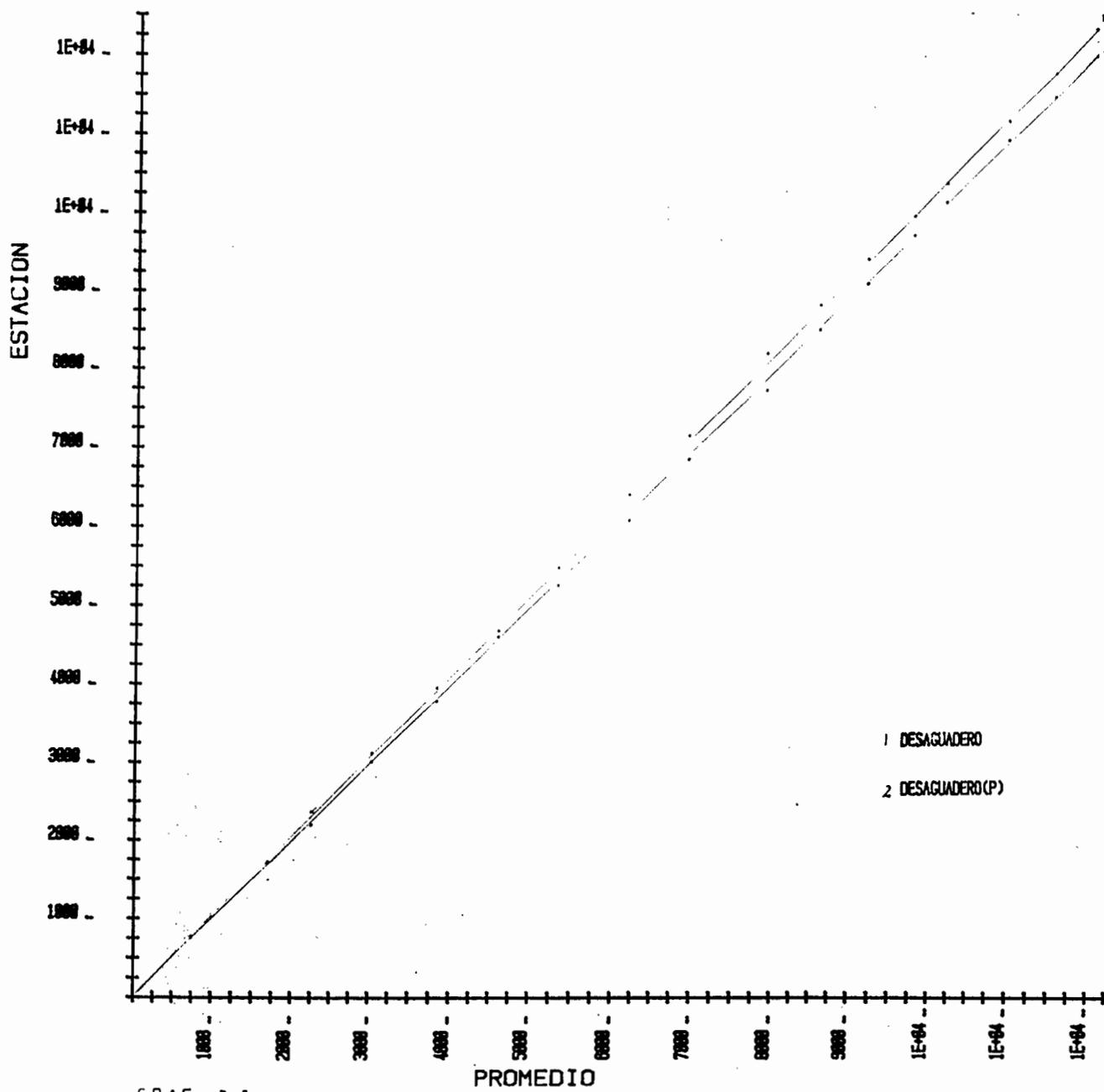
PERIODO 1963 , 1979



GRAF 3.4

*** CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS ***

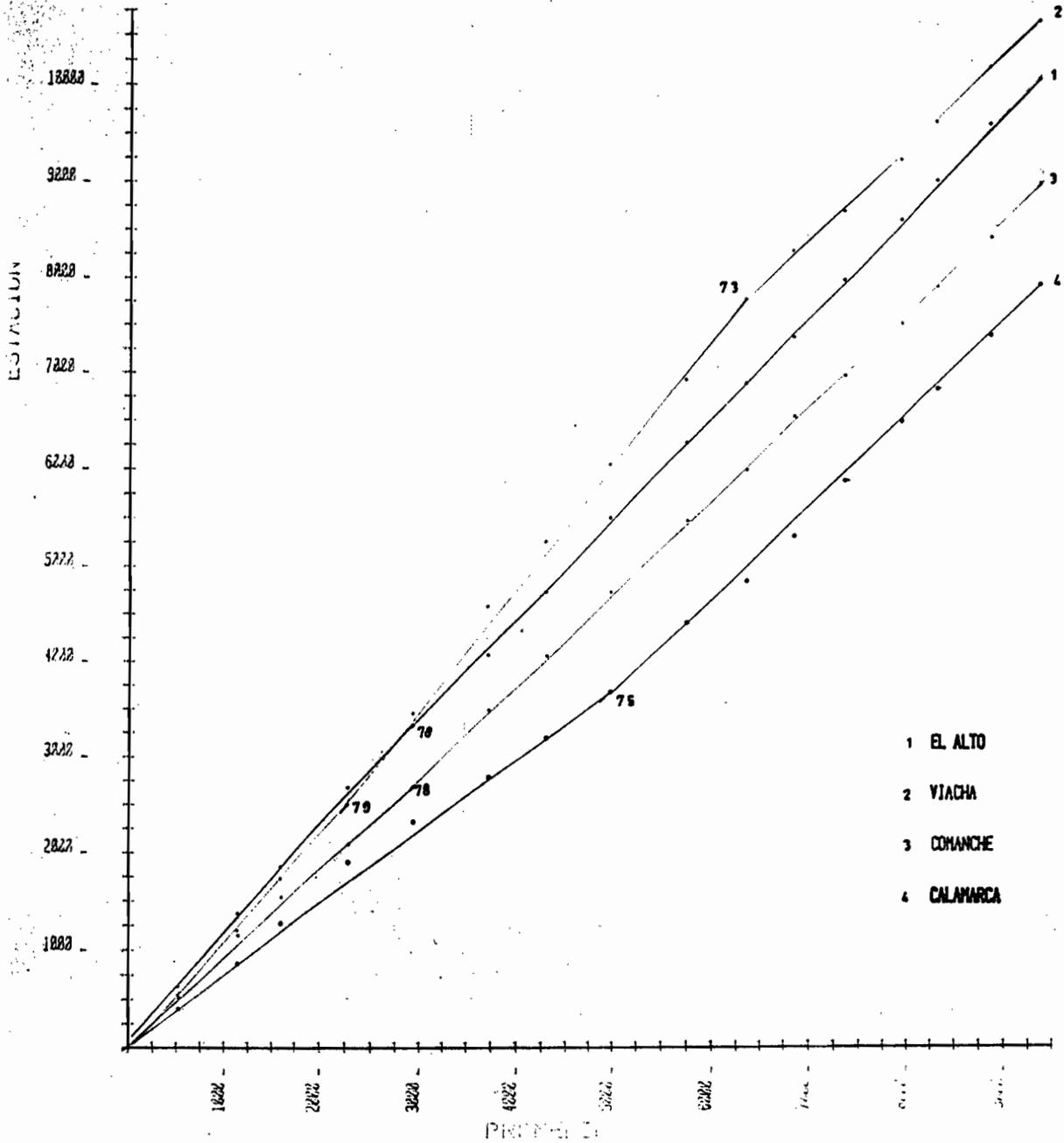
PERIODO 1966 , 1982



GRAF 3.5

*** CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS ***

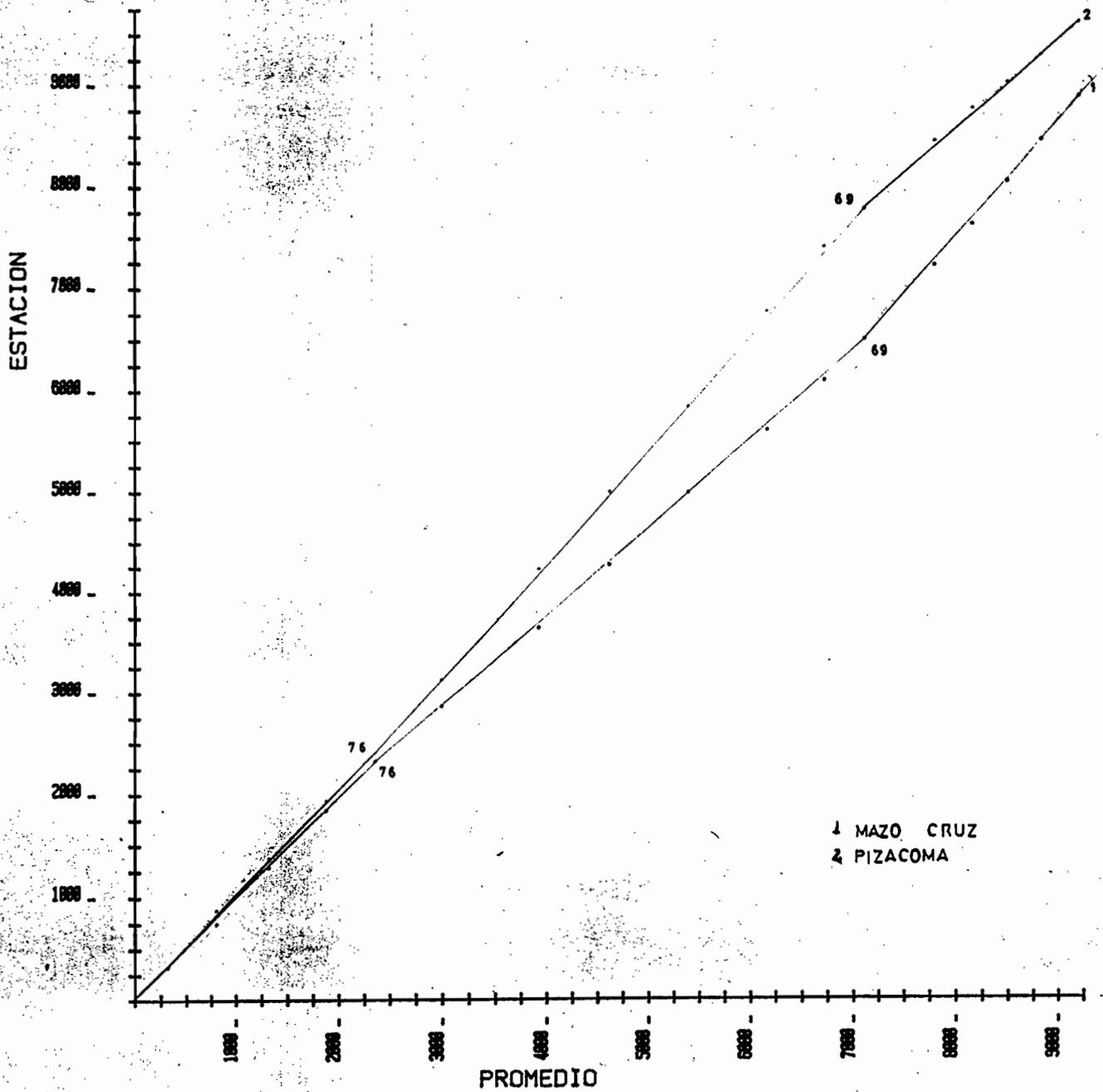
PERIODO 1967 . 1982



GRAF. 36

*** CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS ***

PERIODO 1964 . 1980

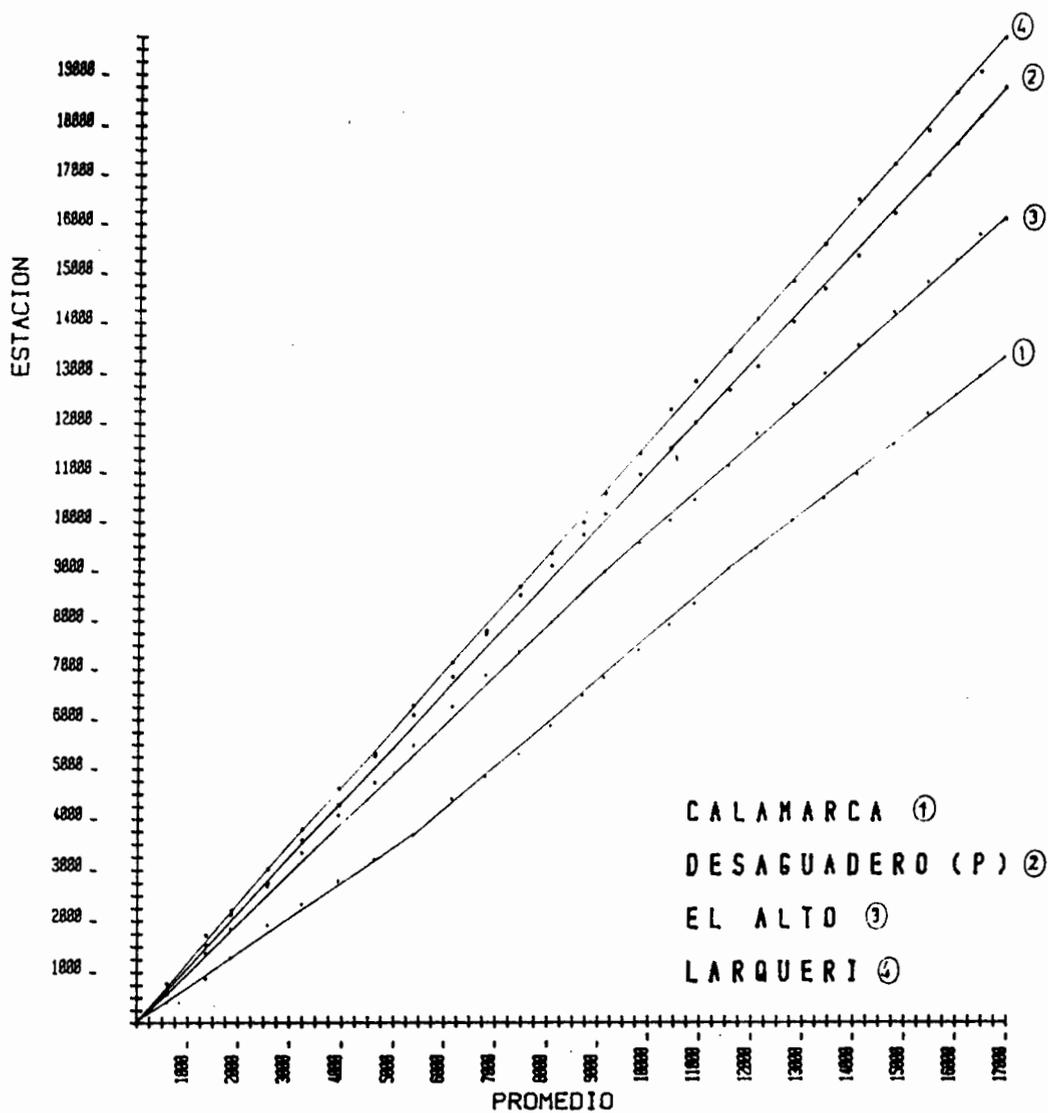


1 MAZO CRUZ
2 PIZACOMA

GRAF 3.7

*** CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS ***

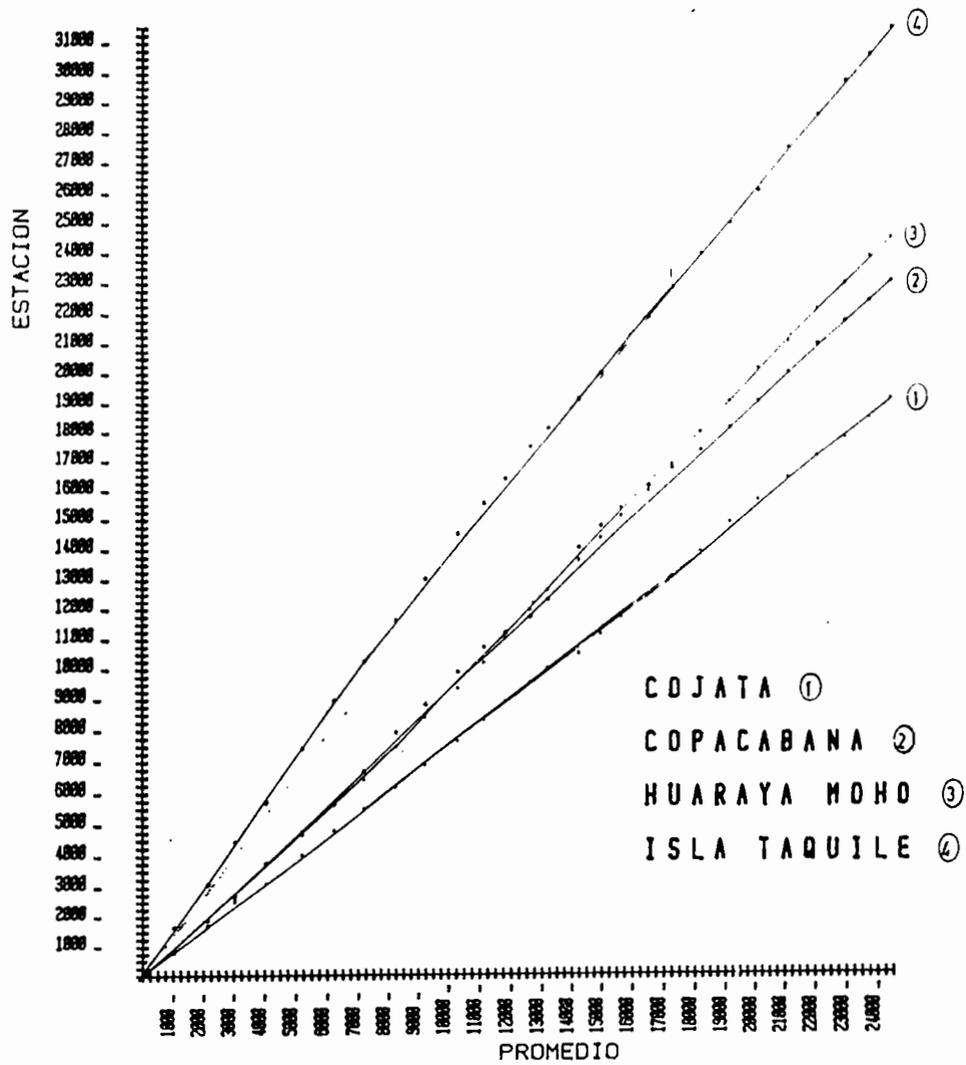
PERIODO 1956 . 1982



GRAF 3.A

CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

PERIODO 1956 , 1982



GRAF 1.B

CUADRO DE DOBLES ACUMULADAS

4. TEMPERATURA, EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION.

4.1. TEMPERATURA.-

Si tomamos en cuenta que la tropósfera es la capa de la atmósfera donde la temperatura varía con la altura disminuyendo de 0.6° a 1°C por cada 100 metros de altura (Gradiente vertical de temperatura) pudiendo variar de acuerdo a las condiciones locales, en promedio, el gradiente puede sufrir una alteración en determinadas condiciones de la atmósfera las mayores variaciones se encuentran en la capa de aire inmediato a la superficie del terreno, la amplitud de la variación anual de la temperatura depende de la latitud, altitud con distancias al mar o al Lago, influyendo además topografía y vegetación.

4.1.1. INVENTARIO DE ESTACIONES TERMOMETRICAS Y TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES PROMEDIO.-

N°	CUENCA	SUBCUENCA	NOMBRE DE LA ESTACION	LAT.	LONG.	ALTURA	$\bar{\theta}^{\circ}\text{C}$	PERIODO REG.
1	L. TITICACA	10	Chacaltaya	16°20'	68°08'	5220	0.0	53-66
2	"	10	Collana	16°51'	68°20'	3940	9.2	73-82
3	"	10	Comanche	16°57'	68°25'	4055	8.1	67-81
4	"	12	Copacabana	16°12'	69°04'	3840	9.4	43-82
5	"	11	Desaguadero	16°33'	69°02'	3810	8.7	66-80
6	"	10	El Alto	16°30'	68°10'	4052	7.8	43-82
7	"	06	El Belen	16°03'	68°41'	3820	7.1	49-82
8	"	08	Huarina	16°12'	68°35'	3825	7.6	73-82
9	"	07	Huatajata	16°13'	68°42'	3824	8.7	74-80
10	"	10	Irpachico	16°44'	68°22'	3830	7.4	74-79
11	"		Isla del Sol	16°01'	69°09'	4027	8.7	79-82
12	"	11	Tiahuanacu	16°32'	68°41'	3868	7.6	73-82
13	"	07	Tiquina	16°13'	68°50'	3809	10.6	60-78
14	"	03	Ulla Ulla	15°03'	69°16'	4460	4.5	75-82
15	"	10	Viacha	16°39'	68°18'	3850	8.1	65-82

N°	CUENCA	SUBCUENCA	NOMBRE DE LA ESTACION	LAT.	LONG.	ALTURA	$\bar{\theta}^{\circ}\text{C}$	PERIODO REG.
16	L. TITICACA	19	Arapa	15°08'	70°08'	3800	9.0	64-82
17	"	01	Ayaviri	14°53'	70°36'	3900	7.2	64-82
18	"	18	Cabanillas	15°38'	70°21'	3885	9.0	64-82
19	"	17	Capachica	15°38'	69°50'	3250	7.5	58-79
20	"	01	Chuquibambilla	14°47'	70°44'	3971	7.1	56-82
21	"	12	Desaguadero (P)	16°34'	69°02'	3809	7.9	57-82
22	"	02	Huancane	15°12'	69°45'	3890	7.2	65-82
23	"	14	Ilave	16°05'	69°38'	3825	7.6	64-78
24	"	18	Juliaca	15°29'	70°09'	3925	7.8	62-75
25	"	18	Lagunillas	15°46'	70°40'	4200	6.3	62-82
26	"	01	Llally	14°56'	70°53'	3980	7.1	64-80
27	"	14	Mazo Cruz	16°44'	69°43'	4045	4.3	67-82
28	"	04	Huaraya Moho	15°21'	69°30'	3890	8.8	61-82
29	"	02	Munani	14°46'	69°57'	3948	7.9	65-82
30	"	01	Progreso	14°41'	70°22'	3950	8.7	64-82
31	"	15	Puno	15°50'	70°02'	3875	8.5	64-82
32	"	12	Yunguyo	16°15'	69°05'	3826	7.9	64-79
33	L. POOPO	20	Pizacoma	16°54'	69°02'	3915	7.5	64-79

En función de la información disponible no se logró establecer perfiles térmicos propios de la cuenca, por lo que para establecer el gradiente térmico se recurrió a análisis paralelos ejecutados en las cuencas vecinas, estableciéndose dos tipos de gradiente térmico promedio anual: entre los 3802 a 4000 msnm; un grado centigrado cada 100 m y entre los 4000 a 5500 msnm, $0.48^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$

Con los datos registrados en la cuenca, tomando en cuenta su fisiografía y con apoyo del gradiente térmico asumido, se trazó el mapa de las isotermas, donde se puede observar la distribución espacial de la temperatura.

Del mapa se puede concluir:

- Una zona climática a la ribera del lago, correspondiente al área que bordea al Lago Titicaca y a la laguna de Arapa con una temperatura promedio de 8°C . Haciendo además notoria la acción termo-reguladora del lago configurándose los lugares de mayor actividad agrícola.
- Zona climática intermedia, comprendida dentro de las curvas isotermas 8°C y 6°C , En las regiones mas bajas de esta zona son apropiadas la explotación agrícola, siendo esta riesgosa por la presencia de heladas intensas, las regiones altas se caracterizan por una explotación pecuaria únicamente.
- Zona climática alta, comprendida dentro las curvas isotermas 6°C y 0°C , caracterizado por heladas intensas, frecuentes durante el año, topografía accidentada y explotación pecuaria limitada.

4.2. ESTIMACION DE LA EVAPORACION.-

La estimación de la evaporación se efectúa por medio de los evaporímetros, en nuestro caso tanques tipo A. Por ser diferentes las condiciones naturales de un Lago (profundidad, temperatura del agua; área de la superficie, etc.) de los evaporímetros, es necesario aplicar a la evaporación medida en este instrumento un coeficiente de corrección denominado "coeficiente de embalse" que es la relación entre la evaporación real y la medida.

4.2.1 ELABORACION DE LA CONSISTENCIA DE EVAPORACION;-

Puesto que la evaporación es un parámetro de suma importancia dentro del Balance Hídrico superficial del Lago, se tomaron en cuenta todas las estaciones evaporimétricas ubicadas alrededor del lago, aplicando a estas el mismo tratamiento que para el parámetro de precipitación, es decir, para verificar su consistencia y confiabilidad se las sometió al procedimiento de la curva doble acumulada.

Tomando en cuenta el período de estudio (68-82) se consideran, aquellas cuyo registro era completo y a la vez próximos a las orillas del lago. Fueron consideradas estaciones base: Desaguadero (P), Huaraya Moho, Isla Taquile, Puno y El Belen. De la gráfica (Graf. 4.2.1), se puede observar que las estaciones Desaguadero (P), Isla Taquile y El Belen siguen una misma tendencia, siendo necesario corregir las restantes.

Tabla 4.2.1. Factores de corrección

Estación	Periodo de Quiebre	Factor de Correc.
Huaraya Moho	77 - 68	0.9019
Puno	78 - 68	0.9446

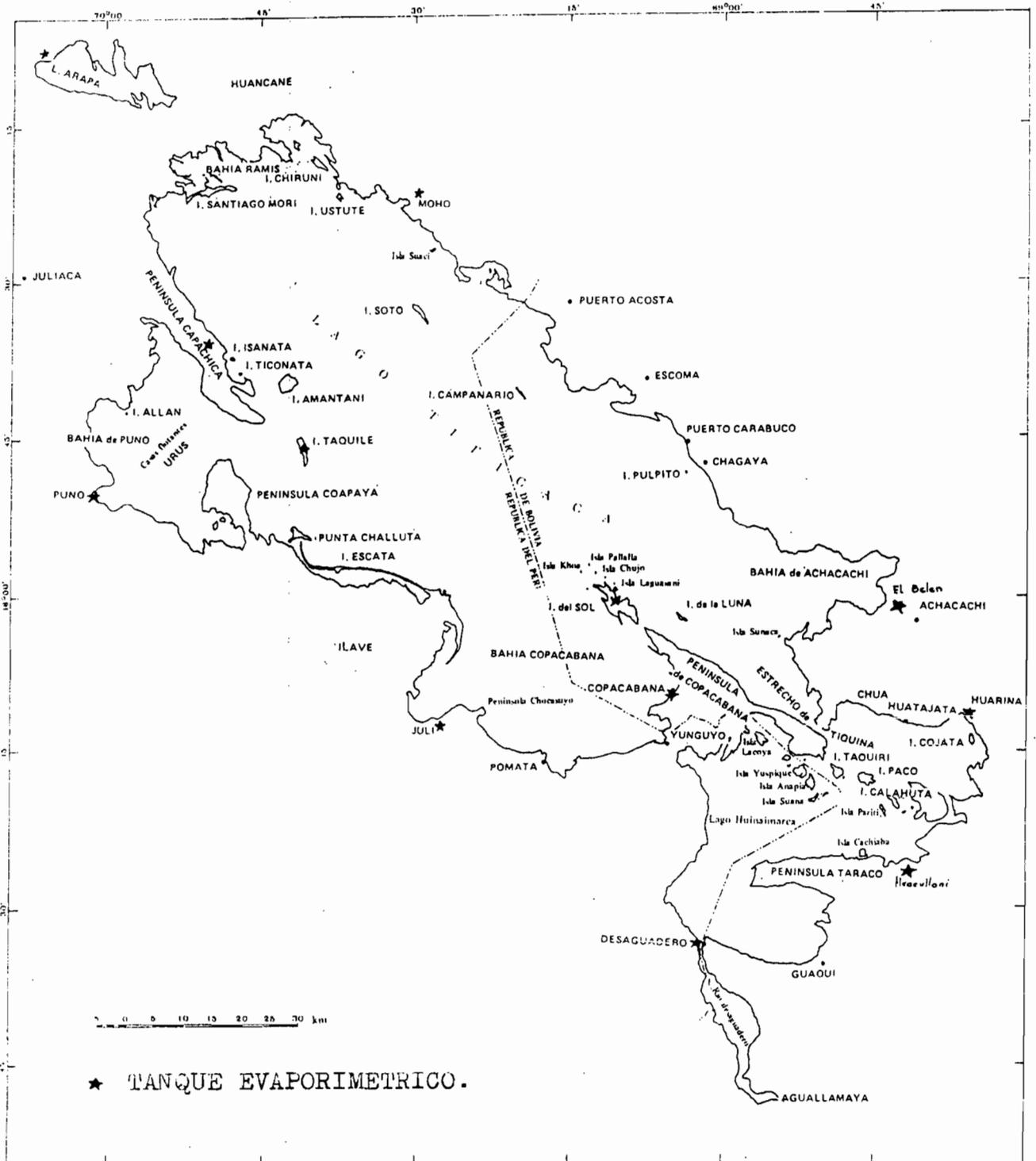


Lámina 4.1.- Ubicación de los tanques evaporimétricos.

Con las estaciones Moho, Isla Paquile y Puno se formó un promedio de evaporación anual (PEA₂), lo que nos permite -- contrastar Capachica (período 68-79) encontrándose de su gráfica un sesgo a partir del año 74-68, el cual fue corregido por un factor de corrección de 0.8687.

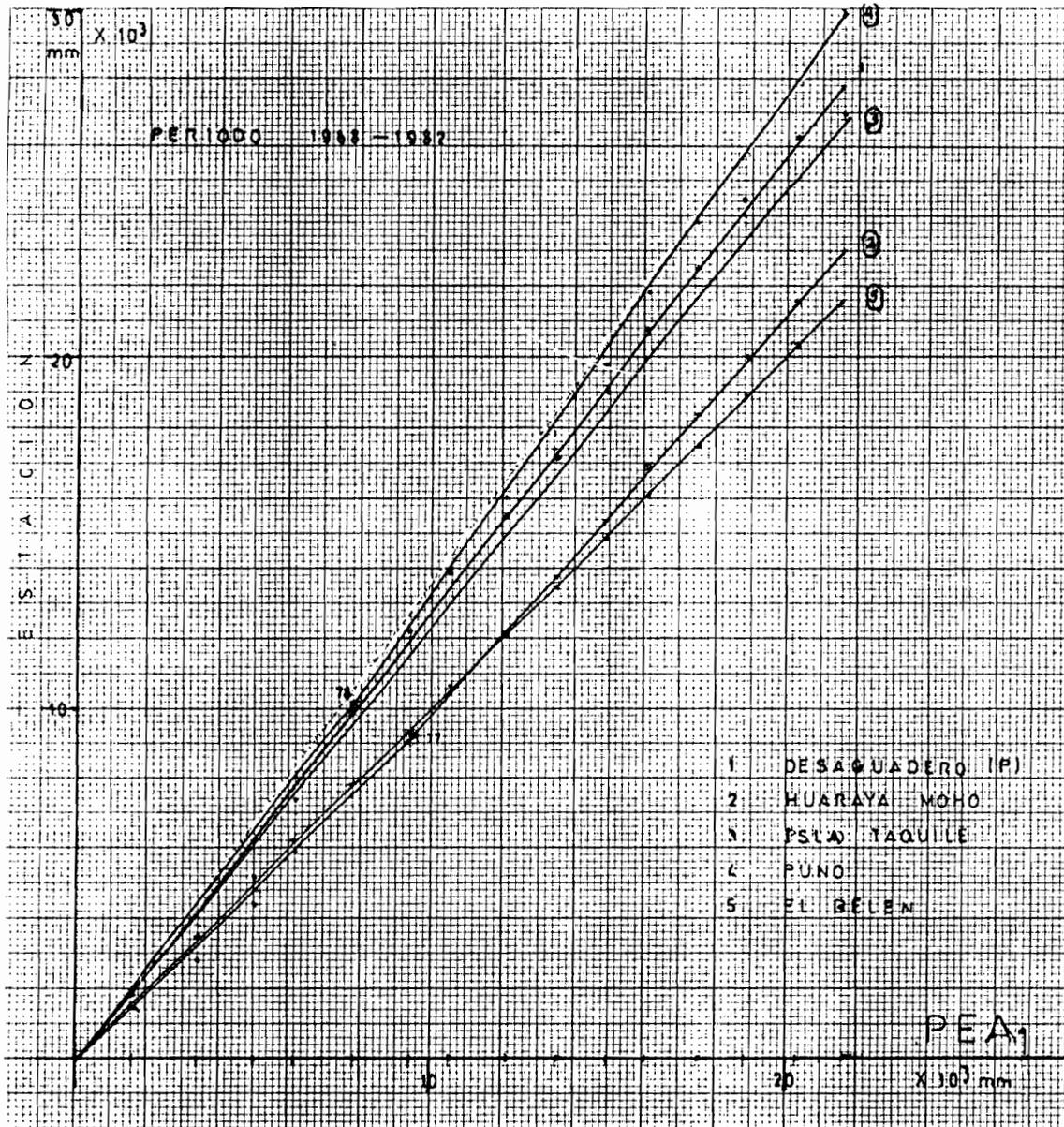
Siendo la finalidad el de comprobar si la metodología de medición es una misma y la no existencia de quiebres o variaciones, pudiéndose considerar satisfactorio el hecho de que sigan una sola tendencia. En base a estos conceptos para comparar las estaciones de: Huacullani 77-82 y Huarina 75-82 se tomo como base la estación Desaguadero de cuyo gráfico se pudo observar que siguen ambas una sola tendencia.

Para las estaciones de Juli 80-68 y Copacabana 76-82, se usó para su comparación la estación Puno pudiéndose de su gráfica determinar que ambas muestran una sola tendencia.

Para la ampliación de su registro en el período de estudio las estaciones incompletas se procedió al método de la correlación anual entre los valores anuales de la estación x en estudio y la estación evaporimétrica que cuenta con esta gráfica consistente, bien ajustada y a la vez completa.

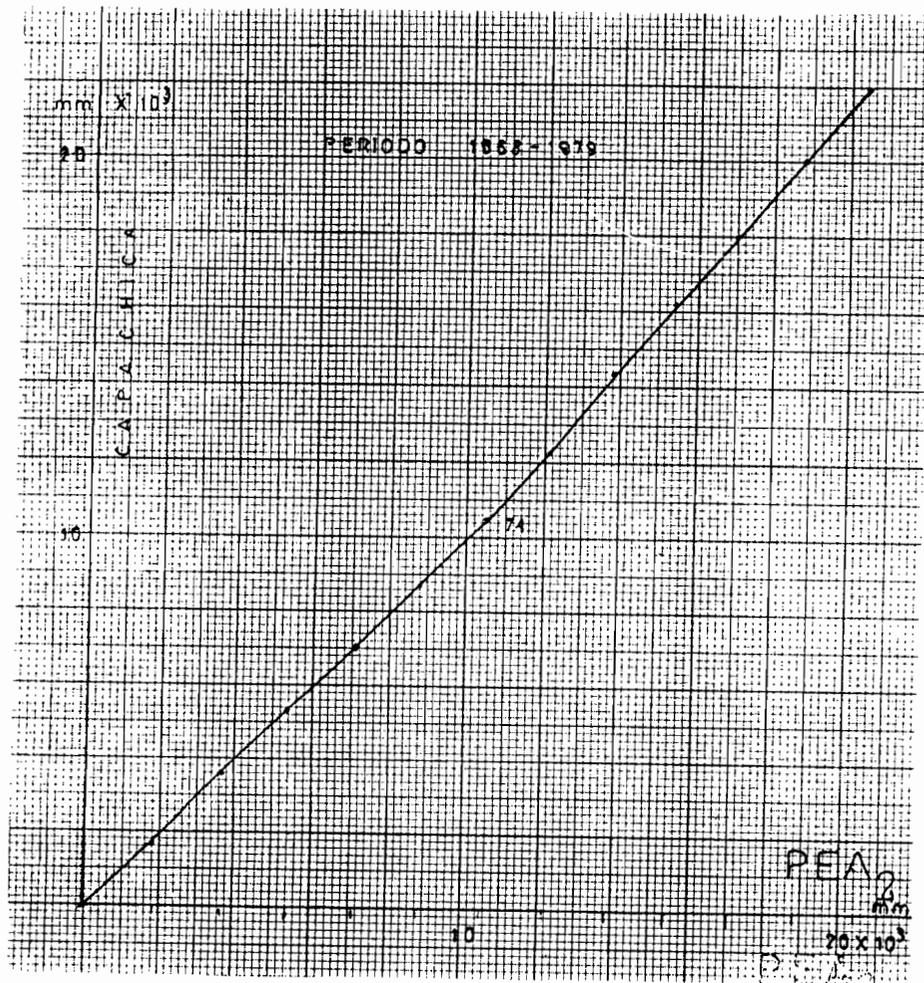
Tabla 4.2.2; Recta de regresión

Estaciones	Coef. Correlacion	Recta de Reg.
Capachica - PEA ₂	r = 0.7	y = 811.119 + 0.522 x
Copacabana-Puno	r = -0.766	y = 3422.667 - 1.109 x
Juli -Puno	r = -0.9	
Isla del Sol -Belen	r = 0.9836	y = 535.91 + 0.4151 x



Graf. 4.2.4.- CUADRO DOBLES ACUMULADAS

Tratamiento de consistencia. EVAPORACION



Graf.4.2.2.- CUADRO DOBLES ACUMULADAS

Tratamiento de consistencia.EVAPORACION

Para la determinación del valor promedio anual de evaporación de las estaciones se siguió el siguiente concepto:

v.gr. La estación Copacabana con el registro original 76/82 se determinó un promedio de evaporación anual de 1235.5 con un intervalo de confianza de 153 mm lo que nos significa un coeficiente de variación ponderado de 12%. Haciendo ampliaciones (68 - 75) para el periodo en estudio, se determinó un promedio de evaporación anual de 1292.2 ± 126 mm, lo que nos significa un coeficiente de variación ponderado de 10%.

- De un análisis se puede deducir que: el valor medio del período registrado originalmente es el más confiable puesto que es el resultado de mediciones directas.
- Que la discrepancia o rango de confianza del 10% nos determina también (o cubre) el valor medio del período completo.

Por lo tanto se determinará el valor medio de evaporación anual como el promedio de los valores de evaporación solo de los años registrados.

4.2.2.- DETERMINACION DE EVAPORACION POR METODOS EMPIRICOS.-

Para efectuar una evaluación espacial de la evaporación y con la finalidad de obtener datos de apoyo para la elaboración del mapa de isoclasas de evaporación en el Lago, se procedió a la estimación de la evaporación por fórmulas empíricas, basadas generalmente en factores meteorológicos conocidos.

Utilizóse la fórmula de Avellán relación desarrollada en América del Sur, la cual permite estimar los valores de evaporación media anual, en un lugar cualquiera en términos de

sus respectivos valores de precipitación media anual y altitud mediante la relación:

$$E = \frac{10^{(1.426 \log. P + 2.4)}}{PH^{(1-\acute{e})}}$$

Donde:

E = Evaporación media anual (mm) equivalente a la evaporación media en tanque tipo A

P = Precipitación media anual (mm)

H = Altitud (msnm)

é = Parámetro obtenido mediante interpolación

A partir de los valores calculados de las estaciones ubicadas alrededor del Lago, empleándose para el cálculo de los valores de é en las estaciones que poseen registros simultáneos de precipitación y evaporación, mediante la siguiente expresión

$$\acute{e} = \frac{1 - \log (251.2 P^{0.426} E)}{\log H}$$

Determinación de é:

ESTACION	P (mm)	E (mm)	H (m)	é
Desaguadero (P)	729.9	1951.5	3809	0.9080
Huaraya Moho	848.5	1470.6	3890	0.8663
Isia Taquile	1288.5	1801.5	3850	0.8691
Puno	713.0	1821.3	3875	0.9075
El Belen	432.1	1443.2	3826	0.8986

<u>ESTACION</u>	<u>P(mm)</u>	<u>H(m)</u>	<u>é</u>	<u>E(mm)</u>
Ilave	716.8	3825	0.895	1738.7
Yunguyo	813.6	3826	0.899	1896.6
Huatajata	807.4	3830	0.8925	1791.5
Guaqui	602.6	3818	0.884	1475.0
Ancoraimes	652.6	3875	0.875	1888.4
Escoma	492.8	3899	0.867	1173.5
Huancane	683.6	3890	0.8663	1341.7

4.3.- EVAPOTRANSPIRACION.-

Para la evaluación de la evapotranspiración se sigue un procedimiento racional en base a principios físicos, siguiendo las fórmulas de Turc, Penman y Thorntwaite y Mather.

La fórmula de Turc nos permitió estimar directamente la evapotranspiración real, a partir de la super-posición de los mapas de isoyetas e isotermas, sin embargo, se determinó que los valores obtenidos están subestimados en un 30%, en la totalidad de la cuenca.

La fórmula de Penman da buen resultado, pero se tuvo el inconveniente de la poca cantidad de estaciones en las cuales se contaba con los varios elementos y coeficientes específicos para la determinación de la evapotranspiración real.

La fórmula más adecuada para la Cuenca, es la de Thorntwaite y Mather, basada exclusivamente en la información climática no interviniendo en ella los índices correspondientes a la cubierta vegetal, siendo los parámetros de fácil obtención presentándose como principal variable la temperatura.

La fórmula de Thornthwaite y Mather consiste en calcular para cada mes la evapotranspiración potencial y a partir de su suma calcular el valor anual. La metodología y fórmulas se encuentran especificado en el apéndice A-3.

4.3.1.- ESTIMACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL.-

Para la evaluación de la evapotranspiración real espacial de la Cuenca se confeccionó el mapa de isolíneas de evapotranspiración real.

Considerando que los valores registrados en una estación meteorológica son los representativos del área circundante y tomando en cuenta además la transposición de los planos de isoyetas e isotermas, se han trazado las isolíneas de ETR de 100 en 100 mm de contorno .

Segun los planos, se determinó una evapotranspiración real-media sobre la Cuenca de drenaje de 470.9 mm.

Se pudo determinar zonas características; -una zona alrededor y a lo largo de toda la parte media central de la Cuenca con ETR promedio de 500 mm; -una segunda zona sobre los 5000 msnm con un ETR promedio de 300 mm y una última-zona intermedia de 400 mm de ETR promedio.

EJEMPLO

Estacion : Copacabana						Capacidad maxima del Suelo					
Altitud : 3840						para almacenar humedad 100 mm					
Latitud 16° 12'			Longitud 69° 05'			Periodo 68/82					
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	10.2	195.8	51.8	1.12	58.1	137.7		100.0	58.1	0.0	137.7
Feb	10.1	155.6	51.3	0.98	50.3	105.3		100.0	50.3	0.0	105.2
Mar	10.1	122.1	51.3	1.05	53.9	68.2		100.0	53.9	0.0	68.2
Abr	9.8	58.7	49.8	0.98	48.8	9.7		100.0	48.8	0.0	9.7
May	8.0	27.8	44.7	0.98	43.8	-16.0	-16.0	84.0	43.8	0.0	0.0
Jun	7.9	7.0	40.1	0.98	37.3	-30.3	-46.3	53.7	37.3	0.0	0.0
Jul	7.2	10.2	36.6	0.97	35.5	-25.3	-71.6	28.4	35.5	0.0	0.0
Agt	8.4	14.8	42.7	1.00	42.7	-27.9	-99.5	0.5	42.7	0.0	0.0
Sep	9.1	44.6	46.2	1.00	46.2	-1.6	-101.1	0.0	45.1	1.1	0.0
Oct	10.1	49.2	51.3	1.07	54.9	-5.7	-106.8	0.0	49.2	5.9	0.0
Nov	10.9	67.4	55.4	1.07	59.3	8.1		8.1	59.3	0.0	0.0
Dic	10.5	131.4	53.4	1.13	54.5	77.4		85.5	54.5	0.0	0.0
Año	9.4	885.2			585.3				578.5	6.0	320.8

1.- Al comenzar Enero se supone completa la reserva de agua utilizable. Durante el mes de Enero P es mayor que ETP el exceso $P - ETP = 137.7$ mm será excedente de agua (Esco rrentia + Infiltracion). $ETR = ETP$ pues hay suficiente - agua para ello.

2,3 y 4.- Febrero Marzo y Abril como en Enero.

5.- Mayo, ETP mayor que P, por tanto la vegetación utilizará la reserva de agua hasta suplir el deficit. $ETP - P = 16.0$ Quedará para el mes siguiente una reserva de $100 - 16.0 = 84.0$ mm. $ETR = ETP$, pues se puede alcanzar este valor - entre el agua llovida y la reserva utilizada. En estas - circunstancias no habrá excedente ni déficit de agua pa- ra la vegetación.

6.- Junio, ETP mayor que P deficit 30.3mm, reserva para el siguiente mes $84.0 - 30.3 = 53.7$. $ETR = ETP$.

- 7.- Julio, ETP mayor que P deficit 25.3 mm, reserva para el siguiente mes $53.7 - 25.3 = 28.4$ mm. $ETR = ETP$.
- 8.- Agosto ETP mayor que P deficit 27.9 mm, reserva para el siguiente mes $28.4 - 27.9 = 0.5$ mm. $ETR = ETP$.
- 9.- Septiembre ETP mayor que P deficit 1.6 mm, no puede cubrirse totalmente con la reserva que existe (0.5 mm). La diferencia sera el deficit de agua que nacra que cubrir con riego. $ETR = P + reserva = 44.6 + 0.5 = 45.1$ mm.
- 10.- Octubre ETP mayor que P, agotada la reserva, solo podrá evapotranspirarse el agua de lluvia $ETR = P$
- 11 y 12.- Noviembre y Diciembre P mayor que ETP, el exceso $P - ETP$, servira para la recarga del almacenamiento. $ETR = ETP$ pues existe suficiente agua.

Con idéntico razonamiento se procedió en la elaboración de las siguientes tablas:

Estación : Tiahuanacu		Capacidad maxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm									
Altitud : 3868		Periodo 68/82									
Latitud 16° 32'		Longitud 68° 41'									
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	9.9	164.0	56.5	1.13	63.8	100.2		100	63.8	0	100.2
Feb	9.9	118.5	56.5	0.99	55.9	62.6		100	55.9	0	62.6
Mar	9.6	101.8	54.9	1.05	57.7	44.1		100	57.7	0	44.1
Abr	8.1	33.2	47.3	0.98	46.4	-13.2	-13.2	86.8	46.4	0	0
May	5.5	11.4	33.6	0.98	32.9	-21.5	-34.7	65.3	32.9	0	0
Jun	3.9	2.6	24.8	0.98	23.1	-20.5	-55.2	44.8	23.1	0	0
Jul	4.0	16.3	25.4	0.96	24.4	-8.1	-63.3	36.7	24.4	0	0
Agt	5.0	25.0	30.9	1.00	30.9	-5.9	-69.2	30.8	30.9	0	0
Sep	6.7	38.9	40.0	1.00	40.0	-1.1	-70.3	29.7	40.0	0	0
Oct	9.0	49.2	51.9	1.07	55.5	-6.3	-76.6	23.4	55.5	0	0
Nov	10.2	59.3	58.0	1.08	62.6	-3.3	-79.9	20.1	62.6	0	0
Dic	9.9	98.6	56.5	1.13	63.8	34.8		54.9	63.8	0	0
Año		718.7			557.0				557.0		206.9

Estacion : Arapa		Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm									
Altitud : 3800		Periodo 68/82									
Latitud 15° 08'		Longitud 70° 08'									
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	10.1	156.0	60.2	1.10	67.4	88.6		100	67.4	0	88.6
Feb	10.1	113.5	52.9	0.98	51.8	61.7		100	51.8	0	61.7
Mar	9.8	133.2	51.3	1.05	53.9	79.4		100	53.9	0	79.4
Abr	9.3	45.7	48.8	0.98	47.8	-2.1	-2.1	97.9	47.8	0	0
May	7.9	12.7	44.7	0.98	40.8	-28.1	-30.2	69.8	40.8	0	0
Jun	6.9	2.4	36.5	0.94	34.3	-21.9	-62.1	37.9	34.3	0	0
Jul	6.6	4.8	35.0	0.98	33.9	-29.1	-91.2	8.8	33.9	0	0
Agt	7.6	13.7	40.1	1.0	40.6	-26.9	-118.1	0	22.5	18.1	0
Sep	8.9	35.7	46.8	1.0	46.8	-11.1	-129.2	0	35.7	11.1	0
Oct	9.9	48.4	51.8	1.07	55.5	-7.1	-136.3	0	48.4	7.1	0
Nov	10.5	68.6	54.9	1.07	58.7	9.9		9.9	58.7	0	0
Dic	10.3	101.0	53.9	1.12	60.3	40.7		50.6	60.3	0	0
Año	9.0	735.7			591.8				555.5	36.3	229.7

Estacion : Ayaviri		Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm									
Altitud : 3900		Periodo 68/82									
Latitud 14° 53'		Longitud 70° 36'									
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	9.0	136.7	53.6	1.12	60.0	76.7		100	60.0	0	76.7
Feb	9.1	114.3	54.1	0.98	53.0	61.3		100	53.0	0	61.3
Mar	9.1	94.1	54.1	1.05	56.8	37.3		100	56.8	0	37.3
Abr	8.0	36.4	48.5	0.98	47.5	-11.1	-11.1	88.9	47.5	0	0
May	5.5	5.8	35.2	0.98	34.5	-28.7	-39.8	60.2	34.5	0	0
Jun	4.0	0.8	26.8	0.94	25.2	-24.4	-64.2	35.8	25.2	0	0
Jul	3.3	2.3	22.8	0.97	22.1	-19.8	-84.0	16.0	22.1	0	0
Agt	4.7	7.7	30.8	1.00	30.8	-23.1	-107.1	0	23.7	7.1	0
Sep	7.0	18.6	43.3	1.00	43.3	-24.7	-131.8	0	18.6	24.7	0
Oct	8.7	41.3	52.1	1.07	55.7	-14.4	-146.2	0	41.3	14.4	0
Nov	9.3	65.0	55.1	1.07	59.0	-6.0		6.0	59.0	0	0
Dic	9.2	108.0	54.6	1.12	61.2	-41.8		47.8	61.2	0	0
Año	7.2	626.3			549.1				502.9	46.2	175.3

Estacion : Cabanillas		Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm									
Altitud : 3885		Periodo 68/82									
Latitud 15° 38'		Longitud 70° 21'									
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	10.3	138.7	53.7	1.12	60.2	78.5		100	60.2	0	78.5
Feb	10.2	136.5	53.2	0.98	52.2	84.3		100	52.2	0	84.3
Mar	9.9	116.7	51.7	1.05	54.3	62.4		100	54.3	0	62.4
Abr	9.4	33.4	49.2	0.98	48.2	-14.8	-14.8	85.	48.2	0	0
May	7.9	8.4	41.5	0.98	40.7	-32.3	-47.1	52.9	40.7	0	0
Jun	6.7	0.6	35.4	0.94	33.3	-32.7	-79.8	20.2	33.3	0	0
Jul	6.6	1.3	34.9	0.97	33.8	-32.5	-112.3	0	21.5	12.3	0
Agt	7.6	7.7	40.0	1.00	40.0	-32.3	-144.6	0	7.7	32.3	0
Sep	8.9	21.5	46.6	1.00	46.6	-25.1	-169.7	0	21.5	24.3	0
Oct	9.9	30.1	51.7	1.07	55.3	-25.2	-194.9	0	30.1	25.2	0
Nov	10.6	49.6	55.3	1.07	59.1	-9.5	-204.4	0	49.5	9.5	0
Dic	10.3	104.4	53.7	1.12	60.2	44.2		44.2	60.2	0	0
Año	9.0	648.9			568.9				479.5	108.6	225.2

Estacion : Capachica		Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm									
Altitud : 3250		Periodo 68/82									
Latitud 15° 38'		Longitud 69° 50'									
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	8.6	145.5	51.0	1.12	57.1	88.4		100	57.1	0	88.4
Feb	8.6	152.9	51.0	0.98	50.0	102.9		100	50.0	0	102.9
Mar	8.5	133.5	50.5	1.05	53.0	80.5		100	53.0	0	80.5
Abr	8.2	47.2	48.9	0.98	47.9	-0.7	-0.7	99.3	47.9	0	0
May	6.7	16.8	41.1	0.98	40.3	-23.5	-24.2	75.8	40.3	0	0
Jun	6.2	3.0	38.4	0.94	36.1	-33.1	-57.3	42.7	36.1	0	0
Jul	5.4	3.2	34.1	0.97	33.1	-29.9	-87.2	12.8	33.1	0	0
Agt	6.0	5.6	37.4	1.00	37.4	-31.8	-119.0	0	18.4	19.0	0
Sep	7.1	33.4	43.2	1.00	43.2	-9.8	-128.8	0	33.4	9.8	0
Oct	8.1	30.3	48.4	1.07	51.8	-21.5	-150.3	0	30.3	21.5	0
Nov	8.4	59.7	50.0	1.07	53.4	6.3		6.3	53.4	0	
Dic	8.4	115.2	50.0	1.12	55.9	59.3		65.3	55.9	0	
Año	7.5	746.3			559.2				508.9	50.3	337.4

Estacion : Chuquibambilla		Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm									
Altitud : 3971											
Latitud 14° 42'		Longitud 70° 44'		Periodo 68/82							
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	9.4	147.4	56.1	1.12	62.8	84.6	100	100	62.8	0	84.6
Feb	9.4	118.2	56.1	0.98	55.0	64.2		100	55.0	0	64.2
Mar	9.2	115.0	55.1	1.05	57.8	57.2		100	57.8	0	57.2
Abr	8.0	47.8	48.9	0.98	48.0	-0.1	-0.1	99.9	48.0	0	0
May	5.4	9.2	35.1	0.98	34.4	-25.2	-25.3	74.7	34.4	0	0
Jun	2.9	0.8	20.8	0.94	19.5	-18.7	-44.0	56.0	19.5	0	0
Jul	2.7	2.0	19.5	0.97	19.0	-17.0	-61.0	39.0	19.0	0	0
Agt	4.2	3.8	28.4	1.00	28.4	-24.6	-85.6	14.4	28.4	0	0
Sep	6.9	22.5	48.2	1.00	48.2	-20.7	-106.3	0	36.9	6.3	0
Oct	8.3	48.4	50.5	1.07	54.0	-10.6	-116.9	0	48.4	10.6	0
Nov	9.0	64.1	54.1	1.07	57.8	6.3		6.3	57.8	0	0
Dic	9.4	116.1	56.1	1.12	62.8	53.3		59.6	62.8	0	0
Año	7.1	691.4			542.7				525.8	16.9	206.0

Estacion : El Alto		Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm									
Altitud : 4052											
Latitud 16° 30'		Longitud 68° 10'		Periodo 68/82							
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	8.5	154.8	50.3	1.13	56.8	98.0		100	56.8	0	98.0
Feb	8.4	120.3	49.8	0.99	49.3	71.0		100	49.3	0	71.0
Mar	7.0	81.5	47.2	1.05	49.6	31.9		100	49.6	0	31.9
Abr	7.4	31.5	44.6	0.98	43.7	-12.2	-12.2	87.8	43.7	0	0
May	7.3	11.4	44.1	0.97	42.8	-31.4	-43.6	56.4	42.8	0	0
Jun	4.8	3.9	30.7	0.98	28.5	-24.6	-68.2	31.8	28.5	0	0
Jul	5.9	7.1	36.7	0.96	35.2	-28.1	-96.3	3.7	35.2	0	0
Agt	5.6	19.3	35.0	1.00	35.0	-15.7	-112.0	0	23.0	12.0	0
Sep	7.6	41.1	45.6	1.00	45.6	-4.5	-116.5	0	41.1	4.5	0
Oct	8.2	48.1	48.7	1.07	52.2	-9.1	-125.6	0	48.1	9.1	0
Nov	9.7	54.5	56.4	1.08	60.9	-6.4	-132.0	0	54.5	6.4	0
Dic	9.1	104.3	53.3	1.13	60.3	44.0		44.0	60.3	0	0
Año	7.8	672.8			560.9				527.9	32.0	200.9

Estacion : Collana							Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm				
Altitud : 3940		Latitud 16° 51'		Longitud 68° 20'		Periodo 68/82					
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	10.5	139.8	54.0	1.13	61.0	78.8		100	61.0	0	78.8
Feb	10.8	110.0	55.5	0.99	54.9	55.1		100	54.9	0	55.1
Mar	10.6	99.2	54.5	1.05	57.2	42.0		100	57.2	0	42.0
Abr	9.9	27.6	50.9	0.98	49.9	-22.3	-22.3	77.7	49.9	0	0
May	8.0	5.1	41.2	0.97	40.0	-34.9	-57.2	42.8	40.0	0	0
Jun	6.3	2.4	32.6	0.98	30.3	-27.9	-85.1	14.9	30.3	0	0
Jul	6.4	10.9	33.1	0.96	31.8	-20.9	-106.0	0	25.8	6/0	0
Agt	7.1	19.7	36.7	1.00	36.7	-17.0	-123.0	0	19.7	17.0	0
Sep	8.5	42.1	43.8	1.00	43.8	-1.7	-124.7	0	42.1	1.7	0
Oct	10.2	37.3	52.4	1.07	56.1	-18.8	-143.5	0	37.3	18.8	0
Nov	11.3	53.4	58.0	1.08	62.7	-9.3	-152.8	0	53.4	9.3	0
Dic	10.9	82.2	56.0	1.13	63.3	18.9		18.9	63.3	0	0
Año	9.2	629.7			587.7				534.9	52.8	175.9

Estacion : Comanche							Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm				
Altitud : 4020		Latitud 16° 57'		Longitud 68° 25'		Periodo 68/82					
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	10.0	135.4	55.5	1.13	62.7	72.7		100	62.7	0	72.7
Feb	9.8	112.0	54.5	0.99	54.0	58.0		100	54.0	0	58.0
Mar	9.7	71.2	54.0	1.05	56.7	14.5		100	56.7	0	14.5
Abr	8.7	20.8	48.9	0.98	47.9	-27.1	-27.1	72.9	47.9	0	0
May	6.4	6.3	37.0	0.97	35.9	-29.6	-56.7	43.3	35.9	0	0
Jun	4.5	3.2	26.9	0.98	25.0	-21.8	-78.5	21.5	25.0	0	0
Jul	4.3	6.6	25.8	0.96	24.8	-18.2	-96.7	3.3	24.8	0	0
Agt	5.7	11.6	33.3	1.00	33.3	-21.7	-118.4	0	14.9	18.4	0
Sep	7.6	25.1	43.3	1.00	43.3	-18.2	-136.6	0	25.1	18.2	0
Oct	9.2	24.8	51.5	1.07	55.1	-30.3	-166.9	0	24.8	30.3	0
Nov	10.5	38.7	58.0	1.08	62.7	-24.0	-190.9	0	38.7	24.0	0
Dic	10.2	77.9	56.5	1.13	63.9	14.0		14.0	63.9	0	0
Año	8.1	533.8			565.3				474.4	90.9	145.2

Estacion : Desaguadero							Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm				
Altitud : 3809		Longitud 69°02'		Periodo 68/82							
Latitud 16°34'											
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum.	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	10.1	178.8	56.6	1.13	64.0	114.8		100	64.0	0	114.8
Feb	10.2	148.6	57.1	0.99	56.5	92.1		100	56.5	0	92.1
Mar	10.1	120.1	56.6	1.05	59.4	60.7		100	59.4	0	60.7
Abr	8.7	36.1	49.5	0.98	48.5	-12.4	-12.4	87.6	48.5	0	0
May	6.5	11.9	38.1	0.97	37.0	-25.1	-37.5	62.5	37.0	0	0
Jun	3.9	4.5	24.1	0.98	22.4	-17.9	-55.4	44.6	22.4	0	0
Jul	4.1	3.8	25.2	0.96	24.2	-28.4	-65.0	65.0	24.2	0	0
Agt	5.1	12.2	30.7	1.00	30.7	-18.5	-74.9	46.5	30.7	0	0
Sep	7.4	28.0	42.8	1.00	42.8	-14.8	-88.7	31.7	42.8	0	0
Oct	8.8	27.4	50.0	1.07	53.5	-26.1	-114.8	5.6	53.5	0	0
Nov	9.6	50.1	54.1	1.08	58.4	-8.3	-123.1	0	55.7	2.7	0
Dic	10.0	108.5	56.1	1.13	63.4	45.1		45.1	63.4	0	0
Año		729.9			560.8				558.1	2.7	267.6

Estacion : Puno							Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm				
Altitud : 3875		Longitud 70°02'		Periodo 68/82							
Latitud 15°50'											
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum.	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	9.9	148.4	53.6	1.12	60.0	88.4		100	60.0	0	88.4
Feb	9.9	134.8	53.6	0.98	52.5	82.3		100	52.5	0	82.3
Mar	9.6	140.7	52.1	1.05	54.7	86.0		100	54.7	0	86.0
Abr	8.8	43.1	48.0	0.98	47.0	-3.9	-3.9	96.1	47.0	0	0
May	7.2	10.0	39.8	0.98	39.0	-29.0	-32.9	67.1	3.9	0	0
Jun	6.3	1.4	34.6	0.93	32.2	-30.8	-63.7	36.3	32.2	0	0
Jul	5.9	2.3	33.0	0.97	32.0	-29.7	-93.4	6.6	32.0	0	0
Agt	7.0	10.3	38.8	1.00	38.8	-28.5	-121.9	0	16.9	21.9	0
Sep	8.2	32.2	44.9	1.00	44.9	-12.7	-134.6	0	32.2	12.7	0
Oct	9.3	37.9	50.5	1.07	54.1	-16.2	-150.8	0	37.9	16.2	0
Nov	10.1	50.4	54.6	1.07	58.4	-8.0	-158.8	0	50.4	8	0
Dic	10.0	101.5	54.1	1.13	61.1	40.4		40.4	61.1	0	0
Año	8.5	713.0			574.7				515.9	58.8	256.7

Estacion : Huaraya Moho		Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm									
Altitud : 3890		Periodo 68									
Latitud 15° 21'		Longitud 69° 30'									
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	9.7	218.9	51.9	1.12	58.1	160.8		100	58.1	0	160.8
Feb	9.9	154.3	52.9	0.98	51.8	102.5		100	51.8	0	102.5
Mar	9.5	171.1	50.8	1.05	53.4	67.7		100	53.4	0	67.7
Abr	8.9	59.3	47.8	0.98	46.8	12.5		100	46.8	0	12.5
May	7.8	25.4	42.2	0.98	41.3	-15.9	-15.9	84.1	41.3	0	0
Jun	6.7	4.5	36.5	0.94	34.3	-29.8	-45.7	54.3	34.3	0	0
Jul	6.5	6.0	35.5	0.97	34.4	-28.4	-74.1	25.9	34.4	0	0
Agt	7.4	14.0	40.1	1.00	40.1	-26.1	-100.2	0	39.9	0.2	0
Sep	8.6	46.3	46.3	1.00	46.3	0.0		0	46.3	0	0
Oct	9.7	56.5	51.9	1.07	55.5	1.0		1	55.5	0.0	0
Nov	10.1	64.8	53.9	1.07	57.7	7.1		8.1	57.7	0	0
Dic	9.9	135.9	52.9	1.12	59.2	76.7		84.8	59.2	0	0
Año	8.8	906.8			578.9				578.7	0.2	343.5

Estacion : Ilave		Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm									
Altitud : 3825		Periodo 68/82									
Latitud 16° 05'		Longitud 69° 38'									
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	9.1	172.2	53.1	1.12	59.4	112.8		100	59.4	0	112.8
Feb	9.0	171.9	52.6	0.98	51.5	120.4		100	51.5	0	120.4
Mar	9.0	126.7	52.6	1.05	55.2	71.5		100	55.2	0	71.5
Abr	8.3	35.3	49.0	0.98	48.0	-12.7	-12.7	87.3	48.0	0	0
May	6.4	14.9	39.1	0.98	38.3	-23.4	-36.1	63.9	38.3	0	0
Jun	4.7	4.9	29.9	0.98	27.8	-22.9	-59.0	41.0	27.8	0	0
Jul	4.7	4.3	29.9	0.97	29.0	-24.7	-83.7	16.3	29.0	0	0
Agt	5.5	19.1	34.2	1.00	34.2	-15.1	-98.8	1.2	34.2	0	0
Sep	7.4	33.8	44.3	1.00	44.3	-10.5	-109.3	0	35.0	9.3	0
Oct	8.6	28.8	50.5	1.08	54.6	-25.8	-135.1	0	28.8	25.8	0
Nov	9.1	48.5	53.1	1.09	57.9	-9.4	-144.5	0	48.5	9.4	0
Dic	9.0	96.8	52.6	1.16	61.0	35.9		0	61.0	0	0
Año	7.6	757.2			561.2				516.7	44.5	304.7

Estacion : El Belen		Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm									
Altitud : 3820		Periodo 68/82									
Latitud 16°03'		Longitud 68°10'									
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	8.9	88.3	53.7	1.12	60.2	28.1		100	60.2	0	28.1
Feb	9.2	66.8	55.2	0.98	54.1	12.7		100	54.1	0	12.7
Mar	9.5	58.2	56.8	1.05	59.6	-1.4	-1.4	98.6	59.6	0	0
Abr	7.5	19.6	46.5	0.98	45.6	-26.0	-27.4	72.6	45.6	0	0
May	5.4	17.2	35.3	0.98	34.6	-17.4	-44.8	55.2	34.6	0	0
Jun	3.8	3.0	26.2	0.98	24.4	-7.2	-52.0	48.0	24.4	0	0
Jul	3.8	5.2	26.2	0.97	25.5	-20.3	-72.3	27.7	25.5	0	0
Agt	4.9	8.3	32.5	1.00	32.5	-24.2	-96.5	3.5	32.5	0	0
Sep	6.7	21.4	42.3	1.00	42.3	-20.9	-117.4	0	24.9	17.4	0
Oct	8.1	32.2	49.6	1.07	53.1	-20.9	-138.3	0	32.2	20.9	0
Nov	8.6	38.0	52.2	1.07	55.9	-17.9	-156.2	0	38.0	17.9	0
Dic	8.9	73.9	53.7	1.13	60.7	19.2		13.2	60.7	0	0
Año		432.2			548.3				492.3	36.2	40.8

Estacion : Ulla Ulla		Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm									
Altitud :		Periodo									
Latitud		Longitud									
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	5.7	101.8	50.2	1.12	56.2	45.6		100	56.2	0	45.6
Feb	5.7	91.3	50.2	0.98	49.2	42.1		100	49.2	0	42.1
Mar	5.4	72.9	48.4	1.05	50.8	22.1		100	50.8	0	22.1
Abr	4.0	32.6	45.3	0.98	44.4	-11.8	-11.8	88.2	44.4	0	0
May	3.9	12.4	38.9	0.98	38.1	-25.7	-37.5	62.5	38.1	0	0
Jun	2.0	5.9	31.9	0.94	30.0	-24.1	-61.6	38.4	30.0	0	0
Jul	2.5	3.5	28.9	0.97	28.0	-24.5	-86.1	13.9	28.0	0	0
Agt	2.9	11.3	31.9	1.00	31.9	-20.6	-106.7	0	25.2	6.7	0
Sep	3.6	37.4	36.9	1.00	36.9	0.5		0.5	36.9	0	0
Oct	4.6	42.5	43.5	1.07	46.5	-4.0	-110.7	0	42.5	4	0
Nov	5.8	47.3	50.7	1.07	54.3	-7.0	-117.7	0	47.3	7	0
Dic	5.5	65.8	49.0	1.12	54.9	10.9		10.9	54.9	0	0
Año	4.5	524.7			521.7				508.5	13.7	109.8

Estacion : Llally		Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm									
Altitud : 3980											
Latitud 19° 56'		Longitud 70° 53'		Periodo 68/82							
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	8.5	159.8	51.6	1.12	57.8	102.0		100	57.8	0	102.0
Feb	8.4	146.7	51.1	0.98	50.1	96.6		100	50.1	0	96.6
Mar	9.4	137.3	56.2	1.05	59.0	78.3		100	59.0	0	78.3
Abr	7.4	42.4	45.9	0.98	45.0	- 2.6	- 2.6	97.4	45.0	0	0
May	5.6	9.3	36.3	0.98	35.6	-26.3	- 28.9	71.1	35.6	0	0
Jun	4.1	3.0	27.9	0.94	26.2	-23.2	- 52.1	47.9	26.2	0	0
Jul	3.6	1.8	25.0	0.97	24.3	-22.5	- 74.6	25.4	24.3	0	0
Agt	4.9	12.9	32.4	1.00	32.4	-19.5	- 94.1	5.9	32.4	0	0
Sep	7.4	23.9	45.9	1.00	45.9	-22.0	-116.1	0	29.8	16.1	0
Oct	8.1	45.4	49.6	1.07	53.0	-7.6	-123.7	0	45.4	7.6	0
Nov	9.4	58.8	56.3	1.07	60.1	-1.3	-125.0	0	58.8	1.3	0
Dic	8.8	122.1	53.2	1.12	59.5	62.6		62.6	59.5	0	0
Año	7.1	763.4			548.9				523.9	25.0	276.9

Estacion : Progreso		Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm									
Altitud : 3950											
Latitud 14° 41'		Longitud 70° 22'		Periodo 68/82							
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	9.5	125.8	52.1	1.12	57.4	68.4		100	57.4	0	68.4
Feb	9.5	98.2	51.8	0.98	50.2	48.0		100	50.2	0	48.0
Mar	9.6	99.9	52.2	1.05	53.8	47.1		100	53.8	0	46.1
Abr	9.1	38.6	49.2	0.98	48.2	-9.6	- 9.6	90.4	48.2	0	0
May	7.5	9.1	41.0	0.98	40.2	-31.1	- 40.7	59.3	40.2	0	0
Jun	6.6	0.7	36.3	0.94	34.2	-33.5	- 74.2	25.8	34.2	0	0
Jul	6.3	3.0	34.8	0.97	33.7	-30.7	-104.9	0	28.8	4.9	0
Agt	7.4	5.7	40.5	1.00	40.5	-34.8	-139.7	0	5.7	34.8	0
Sep	8.5	27.6	46.1	1.00	46.1	-18.5	-158.2	0	27.6	18.5	0
Oct	9.7	43.1	52.2	1.07	55.9	-12.8	-171.0	0	43.1	1228	0
Nov	10.1	62.2	54.2	1.07	58.0	4.2		4.2	58.0	0	0
Dic	9.8	97.0	52.7	1.12	59.1	37.9		42.1	59.1	0	0
Año	8.7	610.9			577.3				506.3	71.0	162.5

Estacion : Mazo Cruz		Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm									
Altitud : 4045'		Periodo 68/82									
Latitud 16°44'		Longitud 69°43'									
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	7.9	158.3	60.2	1.1	67.4	90.9		100	67.4	0	90.9
Feb	7.8	124.3	59.6	0.98	58.5	65.7		100	58.5	0	65.7
Mar	7.5	99.4	58.1	1.05	61.0	38.4		100	61.0	0	38.4
Abr	5.0	21.0	43.9	0.98	43.0	-22.0	-22.0	78	43.0	0	0
May	2.2	5.7	24.9	0.98	24.4	-18.7	-40.7	59.3	24.4	0	0
Jun	-0.2	1.5	0.0	0.94	0.0	1.5		60.8	0	0	0
Jul	-0.6	0.2	0.0	0.97	0.0	0.2		61.0	0	0	0
Agt	0.7	8.7	0.0	1.0	0.0	8.7		69.7	0	0	0
Sep	-2.9	13.1	30.1	1.00	30.1	-17.0	-57.7	52.7	30.1	0	0
Oct	4.2	18.6	38.9	1.07	41.6	-23.0	-80.7	29.7	41.6	0	0
Nov	6.3	37.2	51.6	1.07	55.3	-18.1	-98.8	11.6	55.3	0	0
Dic	7.4	88.5	57.5	1.12	64.4	24.1		35.7	64.1	0	0
Año		576.3			445.7				445.4	0	195.0

Estacion : Pizacoma		Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm									
Altitud : 3915		Periodo 68/82									
Latitud 16°54'		Longitud 69°22'									
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	9.1	166.5	53.7	1.13	60.7	105.8		100	60.7	0	105.8
Feb	9.3	147.3	54.2	0.99	53.7	98.6		100	53.7	0	98.6
Mar	8.9	94.2	52.7	1.05	55.4	38.8		100	55.4	0	38.8
Abr	8.0	21.4	48.1	0.98	47.1	-25.7	-25.7	74.3	47.1	0	0
May	5.7	8.6	36.0	0.97	34.9	-36.3	-62.0	48.0	34.9	0	0
Jun	4.4	2.9	28.8	0.98	26.8	-23.9	-85.9	24.1	26.8	0	0
Jul	4.7	1.4	30.5	0.96	29.3	-27.9	-113.8	0	25.5	3.8	0
Agt	4.8	14.8	31.0	1.00	31.0	-18.2	-130.0	0	14.8	16.2	0
Sep	7.1	14.2	43.4	1.00	43.4	-29.2	-159.2	0	14.2	29.2	0
Oct	7.5	12.5	45.5	1.07	48.7	-36.2	-195.4	0	12.5	36.2	0
Nov	9.4	52.5	55.3	1.08	59.7	-7.2	-202.6	0	52.5	7.2	0
Dic	9.7	110.5	56.8	1.13	64.1	46.4		46.4	64.1	0	0
Año	7.4	646.9			554.8				462.2	92.6	238.2

Estacion : Yunguyo		Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm									
Altitud : 3826		Latitud 16° 15' Longitud 69° 05'								Periodo 68/82	
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum.	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	9.3	188.3	52.8	1.13	59.7	123.6		100	59.7	0	123.6
Feb	9.5	167.7	52.8	0.99	52.3	115.4		100	52.4	0	115.4
Mar	9.2	117.9	52.3	1.05	55.0	62.9		100	55.0	0	62.9
Abr	8.6	39.2	49.3	0.98	48.3	-9.1	-9.1	90.9	48.3	0	0
May	7.2	21.1	42.1	0.98	41.2	-20.1	-29.2	70.8	41.2	0	0
Jun	5.2	4.8	31.5	0.98	29.3	-24.5	-53.7	46.3	29.3	0	0
Jul	5.2	6.0	31.5	0.97	30.5	-24.5	-78.2	21.8	30.5	0	0
Agt	6.0	20.5	35.7	1.00	35.7	-15.2	-93.4	6.6	35.7	0	0
Sep	6.7	38.8	39.4	1.00	39.4	-0.6	-94.0	6.0	39.4	0	0
Oct	8.8	31.1	50.3	1.07	53.8	-22.7	-116.7		37.1	16.7	0
Nov	9.6	51.1	54.4	1.08	58.7	-7.6	-124.3		51.1	7.6	0
Dic	9.6	126.7	54.4	1.13	61.4	65.3		65.3	61.4	0	0
Año	7.9	808.2			565.3				541.0	24.3	301.9

Estacion : Viacha		Capacidad máxima del Suelo para almacenar humedad 100 mm									
Altitud : 3850		Latitud 16° 39' Longitud 68° 18'								Periodo 68/82	
Mes	T	P	ETP'm	K	ETP	AH	Neg. Acum.	ALM	ETR	Dif.	H
Ene	10.3	137.2	56.8	1.13	64.2	73.0		100	64.2	0	73.0
Feb	10.4	109.7	57.3	0.99	56.7	53.0		100	56.7	0	53.0
Mar	10.2	76.4	56.3	1.05	59.1	17.3		100	59.1	0	17.3
Abr	8.7	38.7	48.7	0.98	47.7	-9.0	-9.0	91.0	47.7	0	0
May	6.0	15.4	34.7	0.97	33.6	-18.2	-27.2	72.8	33.6	0	0
Jun	3.8	2.3	22.8	0.98	21.2	-18.9	-46.1	53.9	21.2	0	0
Jul	3.8	6.3	22.8	0.96	21.9	-15.6	-61.7	38.3	21.9	0	0
Agt	5.4	18.5	31.5	1.00	31.5	-13.0	-74.7	25.3	31.5	0	0
Sep	7.6	38.4	43.0	1.00	43.0	-4.6	-79.3	20.7	43.0	0	0
Oct	9.5	38.4	52.7	1.07	56.4	-18.0	-97.3	2.7	56.4	0	0
Nov	10.5	56.9	57.8	1.08	62.4	-5.3	-102.8		59.6	2.8	0
Dic	10.5	105.0	57.8	1.13	65.3	39.7			65.3	0	0
Año	8.1	643.2			563.0				560.2	2.8	143.3

5.- ESCORRENTIA, ALMACENAMIENTO E INFILTRACION

5.1.-ESCORRENTIA.-

Entendiendose por escorrentia el referido al escurrimiento superficial de régimen natural

5.1.1.-ANALISIS DE CONSISTENCIA Y CORRECCION DE LAS ESTADISTICAS - FLUVIOMETRICAS.-

Antes de la utilizacion de los valores de registro fluviométrico, se hizo necesario analizar su consistencia, es decir verificar que si durante el período adoptado, la estacion - ha sido bien observada y que el régimen de la Cuenca controlada no se ha modificado durante el período.

El método utilizado fué el de las curvas doble acumuladas - (CDA), descrito en el apendice A-1 el que permite detectar - en este caso, los siguientes tipos de errores:

- a) Error en la obtención de las estadísticas fluviométricas debido a :
- Error al efectuar o calcular los arcos, especialmente cuando son de caudales altos que determinan la parte - alta de la curva de descarga.
 - Modificación de la sección hidrométrica o del limnímetro.
 - Curva de descarga mal determinada
 - Deficiencia de los limnogramas o lecturas limnométricas
 - Error en el cálculo de los caudales medios diarios, men suales o anuales.

b) Cambios por modificación del terreno, que pueden producirse debido a:

- Construcción, aguas arriba de la estación pluviométrica de obras hidráulicas como embalses, captaciones hacia otras cuencas o aportes de otras cuencas.
- Puesta en riego de grandes superficies, aguas arriba de la estación pluviométrica.
- Modificación de la cubierta vegetal de la Cuenca, como forestación, deforestación, erosión de la cuenca y otros
- Traslado de la estación a otro lugar del río.
- Proximidad de la estación al lago e influencia del remanente de este.

5.1.2.- ESTACIONES FLUVIOMETRICAS.-

Las estaciones de aforo utilizadas para el presente estudio son:

Sobre el río Coata con un período de registro	1957-1978
Sobre el río Desaguadero	" " " 1956-1980
" " Huancane	" " " 1956-1979
" " Ramis	" " " 1957-1981
" " Ilave	" " " 1957-1979

De la estación Escoma sobre el río Sama. Períodos:
1970-1972, 1974-1977.

De la estación Achacachi sobre el río Keka períodos
1968-1971, 1972-1974.

Las estaciones limnimétricas de referencia son:

Estación Ichucota, río Ichucota con el período 1974-1980
Estación Kollucachi, río Kollucachi el período 1977-1981

Estacion Puente Canata, río Tuní con el período 1973-1980
Estacion Querqueta, río Guaquica con el período 1976-1980
Estacion Sipe Sipe, río Japa Januta el período 1973-1980
Estacion Tambillo, río Catari con el período 1974-1980
Estacion Jaypichaca, río Huajhuatani el período 1974-1980

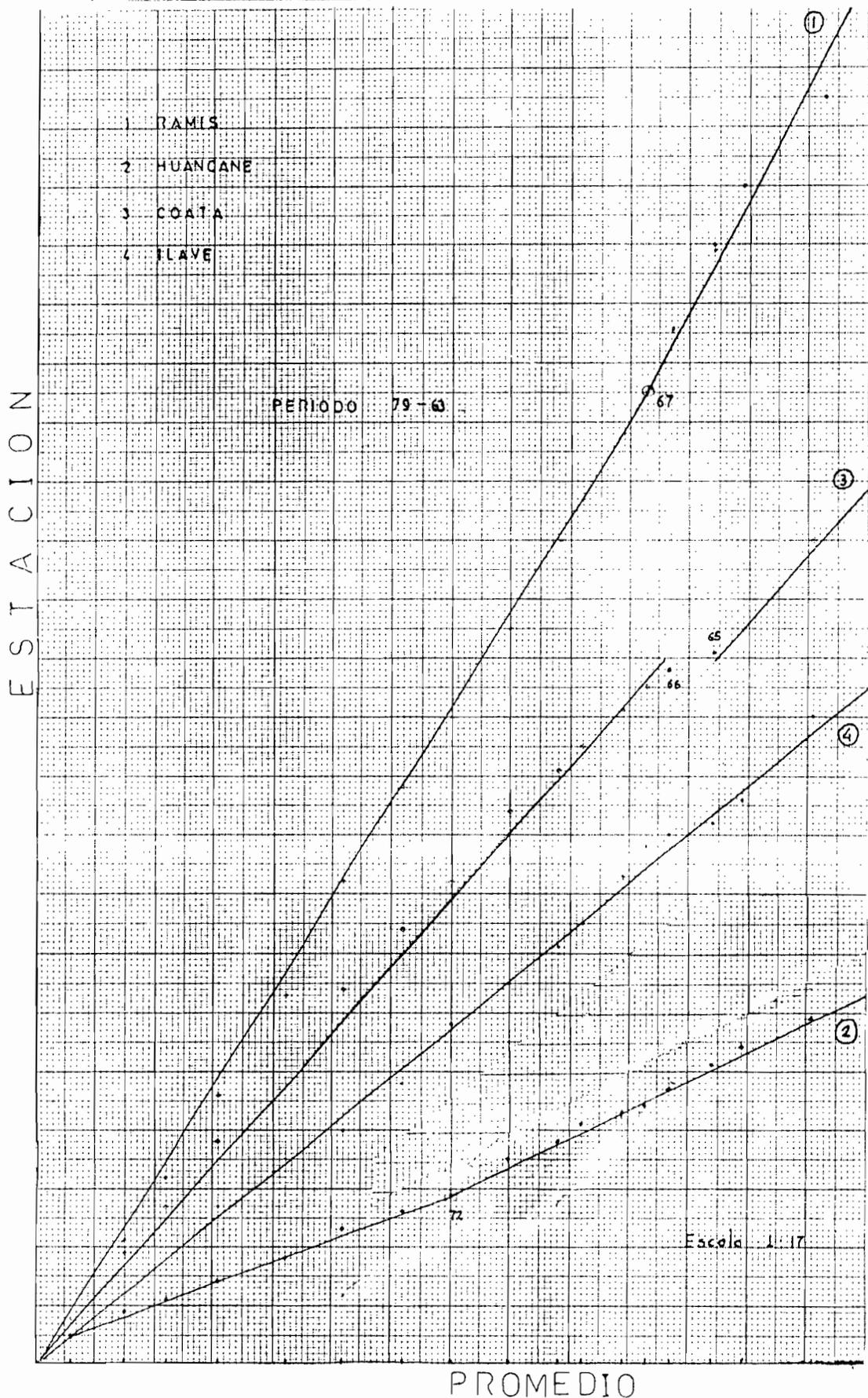
Haciéndose un análisis previo de la información recabada y teniendo en cuenta la subdivisión previa que se efectuó de las cuencas, se puede considerar que con un 20% de estas, tienen control pluviométrico representativo, ya que las estaciones de lecturas limnimétricas, no poseen los respectivos aparatos necesarios para efectuar la "curva de descarga", con ayuda de la cual, se hubiese podido determinar los caudales de aporte respectivos, de todo el período de las lecturas. Es por estas consideraciones que los datos pluviométricos serán considerados simplemente como referenciales.

Puesto que todas las subcuencas se encuentran en un medio de características similares, se tomaron las siguientes acciones para determinar su consistencia:

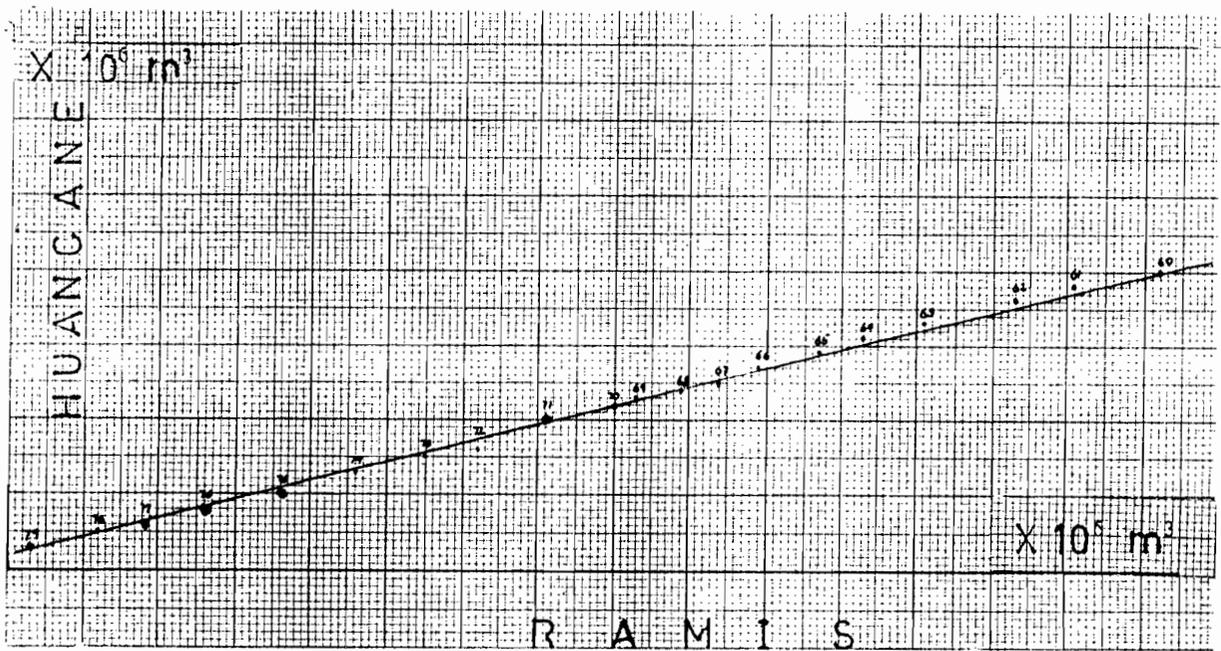
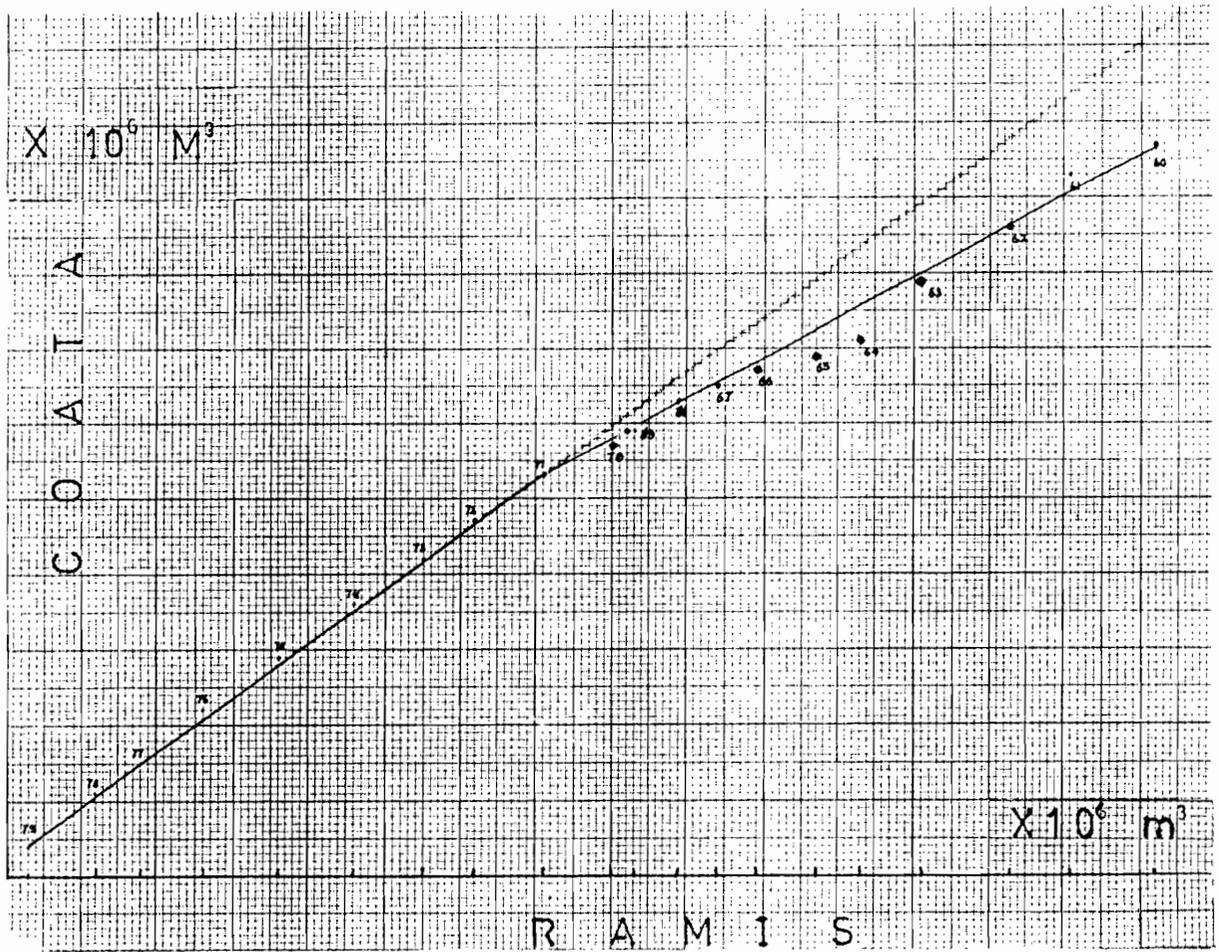
- Se determinó un promedio de escorrentía anual con todas las estaciones de control de subcuencas adyacentes o vecinas (gráfico 5.1.1.)

De la gráfica se puede observar que la estación clave presenta una sola tendencia, la estación sobre el Ramis presenta un sesgo a partir de 1967, la estación sobre el Concha presenta un salto en el año 1966 y la estación sobre el Huancane presenta un salto a partir de 1972.

- Se determinó además otro tipo de comprobación, tomando en cuenta la Estación sobre el Ramis como estación base. Pudiéndose determinar que la estación del Huancane sigue -



Graf.- 5.1.1. CUADRO DOBLES ACUMULADA



Graf.- 5.1.2. CUADRO DOBLES ACUMULADAS.

una tendencia lineal (graf. 5.1.2.). En tanto que la estación Coata presenta un quiebre a partir del año 1970.

Por encontrarse estas estaciones en la Republica del Perú, - no se pudo comprobar el por-qué de los quiebres existentes.

El análisis estadístico en todas las estaciones muestran como resultado un Cv. (coeficiente de variacion) de 30%, respecto al valor medio razón por la cual no se vió conveniente el relleno de los años faltantes, dentro del período de estudio (1981- 1982)

5.2.- ALMACENAMIENTO.-

5.2.1.-CURVA CRONOLOGICA DE NIVELES.-

En base a la información suministrada por SENAMHI - Perú - regional Puno, de los niveles máximo y mínimo del Lago, se determinó la curva de fluctuaciones medias anuales (Grat.- 5.2.1.). Para contraste, se procedió a graficar independientemente los datos suministrados por SENAMHI- BOLIVIA en lo referente a la Estacion canal Guagua, que nos determinó similares fluctuaciones durante el período común (Grat;5.2.2)

Las curvas muestran una tendencia de subida en los meses de Diciembre a Mayo , decayendo los meses de Junio a Noviembre en forma cíclica durante todo el período de registro.

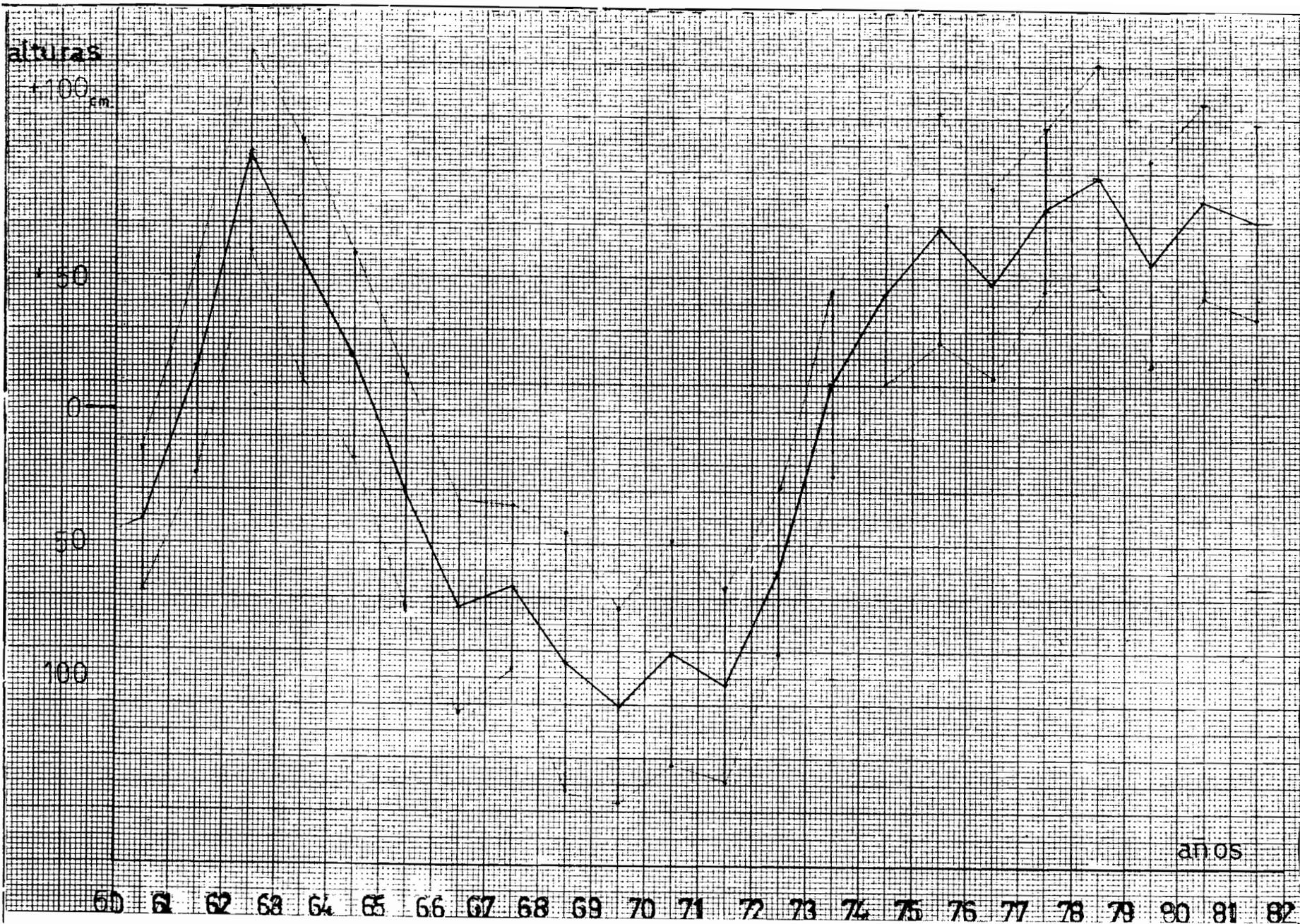
Del gráfico se puede observar tambien en el periodo 56 al 82 dos subperiodos, con tendencia ascendente, del 59 al 63 y - del 70 al 76 y otro con tendencia descendente del 63 al 70. En los últimos años (a partir de 1976) presenta un período inestable de fluctuaciones.

Determinado un período mas largo 1912 a 1982 se puede observar que pese a las variaciones ascendentes y descendentes - se puede notar un incremento progresivo del nivel del Lago.

5.2.2.- DETERMINACION DEL AREA PROMEDIO DEL ESPEJO DE AGUA EN EL PERIODO CONSIDERADO.-

GENERALIDADES.- Teóricamente se debería contar con cartas fotogramétricas para cada nivel medio de fluctuación anual del Lago, para determinar la relacion altura vrs. area.

La determinación del almacenamiento se la hace en base al levantamiento hidrográfico realizado en el mes de Noviembre



Graf 5.2.1 Fluctuaciones de niveles del Lago. ref. estación Puyo.

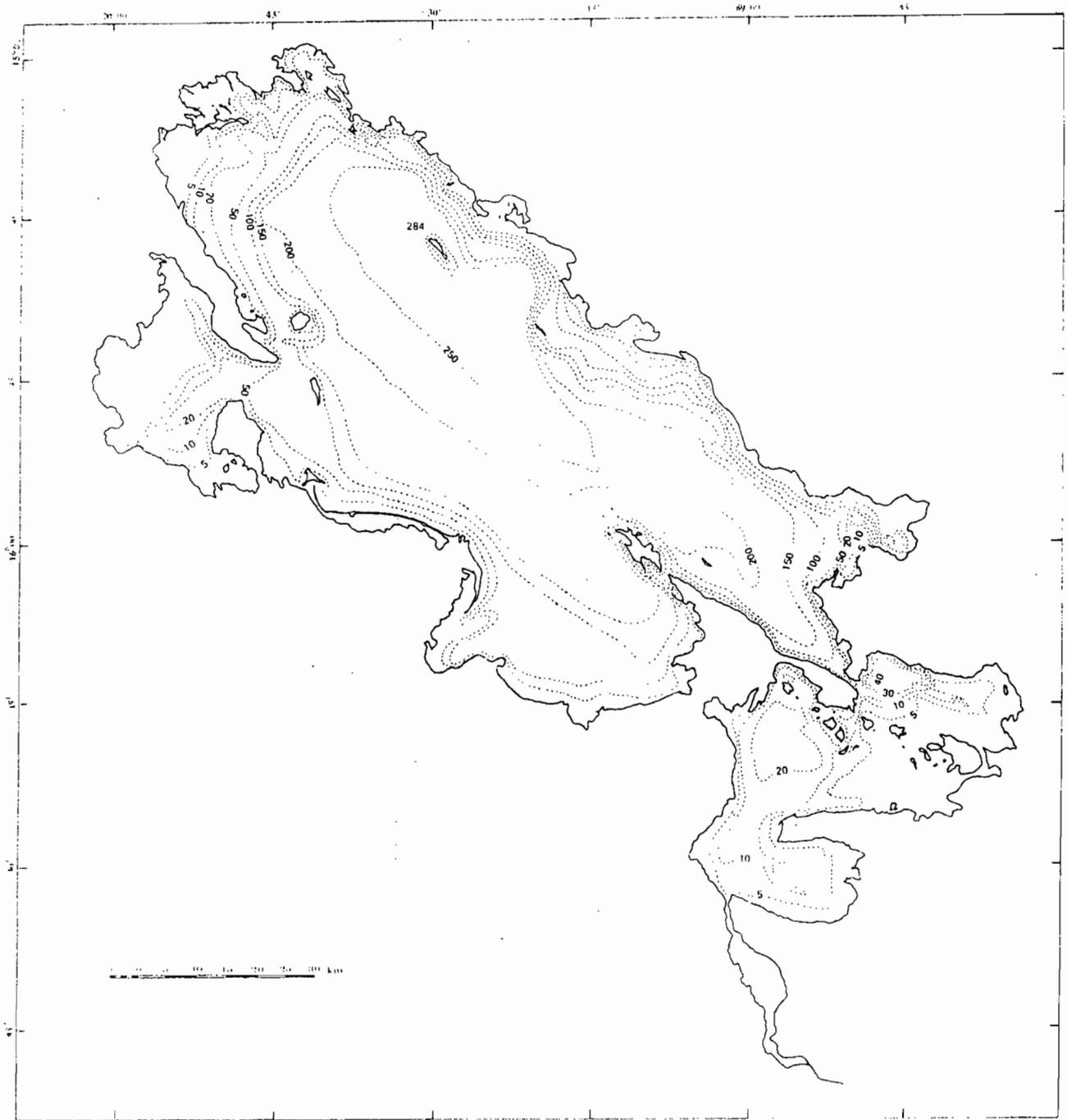


Lámina 5.1.- Mapa batimétrico del Lago Titicaca.

de 1975 por la D.H.N.M. (Dirección de Hidrografía Naval - Militar) Peru y el S.H.N.B. (SERVICIO DE HIDROGRAFIA NAVAL BOLIVIANA) dentro de la comisión mixta Peruana Boliviana, - batimetría realizada con ayuda de un KAYNEON (type de 719) con profundidad máxima de investigación de 120 m.

Del mapa batimétrico se pueden observar (Gráf.5.2.1.)

- Zona de muy poca profundidad (0-5 m), la mayor parte del Lago Huinamarca y en el Lago grande las bahías de Puno, Achacachi y del Ramis.
- Zonas de poca profundidad (15 - 40 m) comprenden en el Lago pequeño, las partes más profundas y en el lago grande las bahías de Achacachi.
- Zona de mediana profundidad alrededor (100 m) en la bahía de Copacabana.
- Zona de gran profundidad mayores (200 m) al redor de la Isla Soto relacionada directamente con las fallas que afectan la cuenca en sentido N.Nw - S.Se.

Se puede decir que el lago mayor forma una depresión parabólica en tanto que la bahía de Puno y el lago menor son depresiones cónicas muy ensanchadas. La forma general es cónica de depresión cónica, determinándose la inestabilidad de la bahía de Puno y el Lago menor, por poseer superficie-volumen y profundidad reducidas.

En base al gráfico 5.2.2. " Curva de Areas - Niveles del Lago Titicaca " y a los datos de ORSTOM se realizó un estudio estadístico de niveles de agua el cual se ajusta a una regresión exponencial ($r = 0.9930$) con ayuda del cual se-

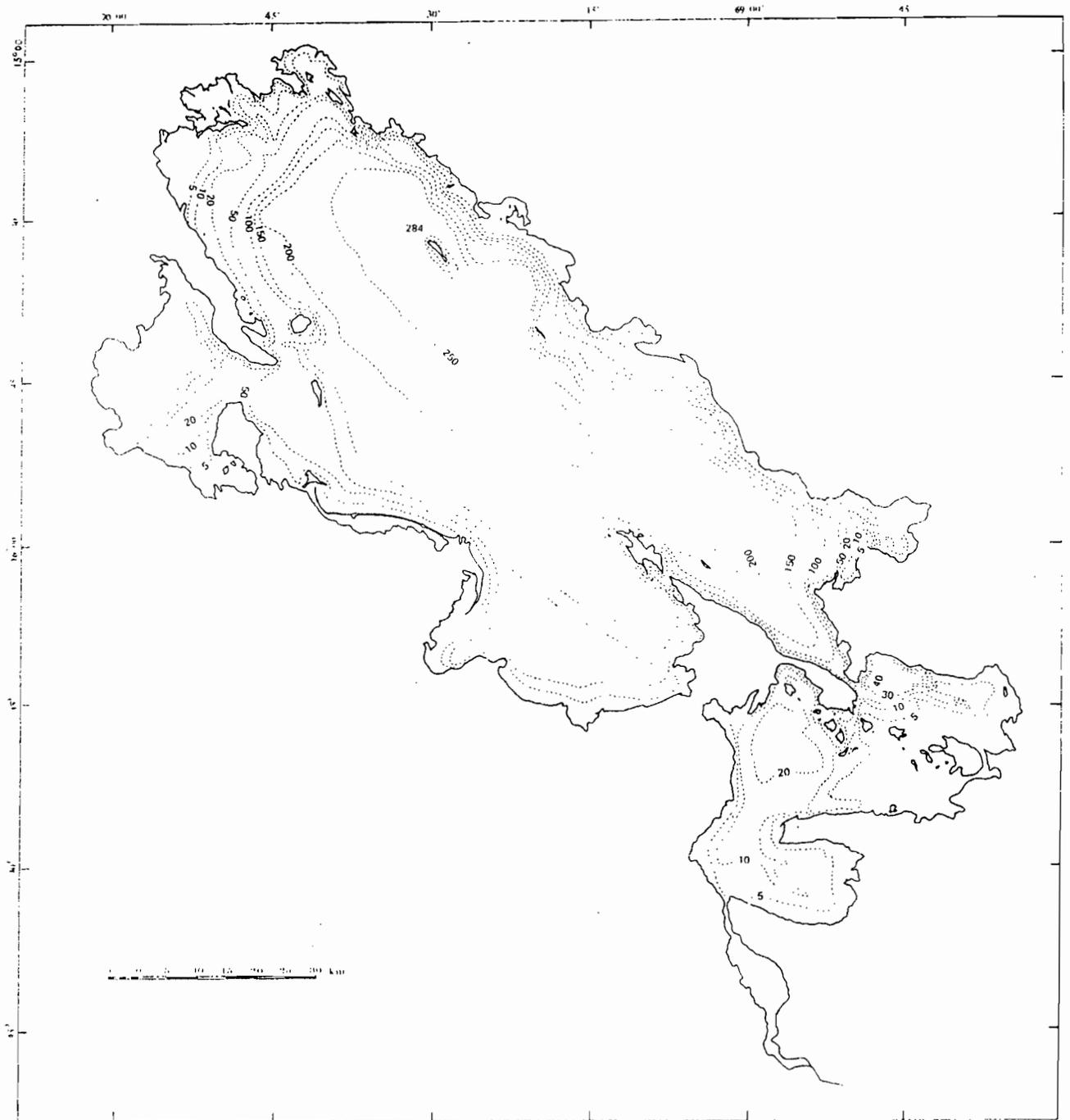


Lámina 5.1.- Mapa batimétrico del Lago Titicaca.

de 1976 por la D.H.N.M. (Dirección de Hidrografía Naval - Militar) Peru y el S.H.N.B. (SERVICIO DE HIDROGRAFIA NAVAL BOLIVIANA) dentro de la comisión mixta Peruana Boliviana, - batimetría realizada con ayuda de un RAYTHEON (type de 719) con profundidad máxima de investigación de 120 m.

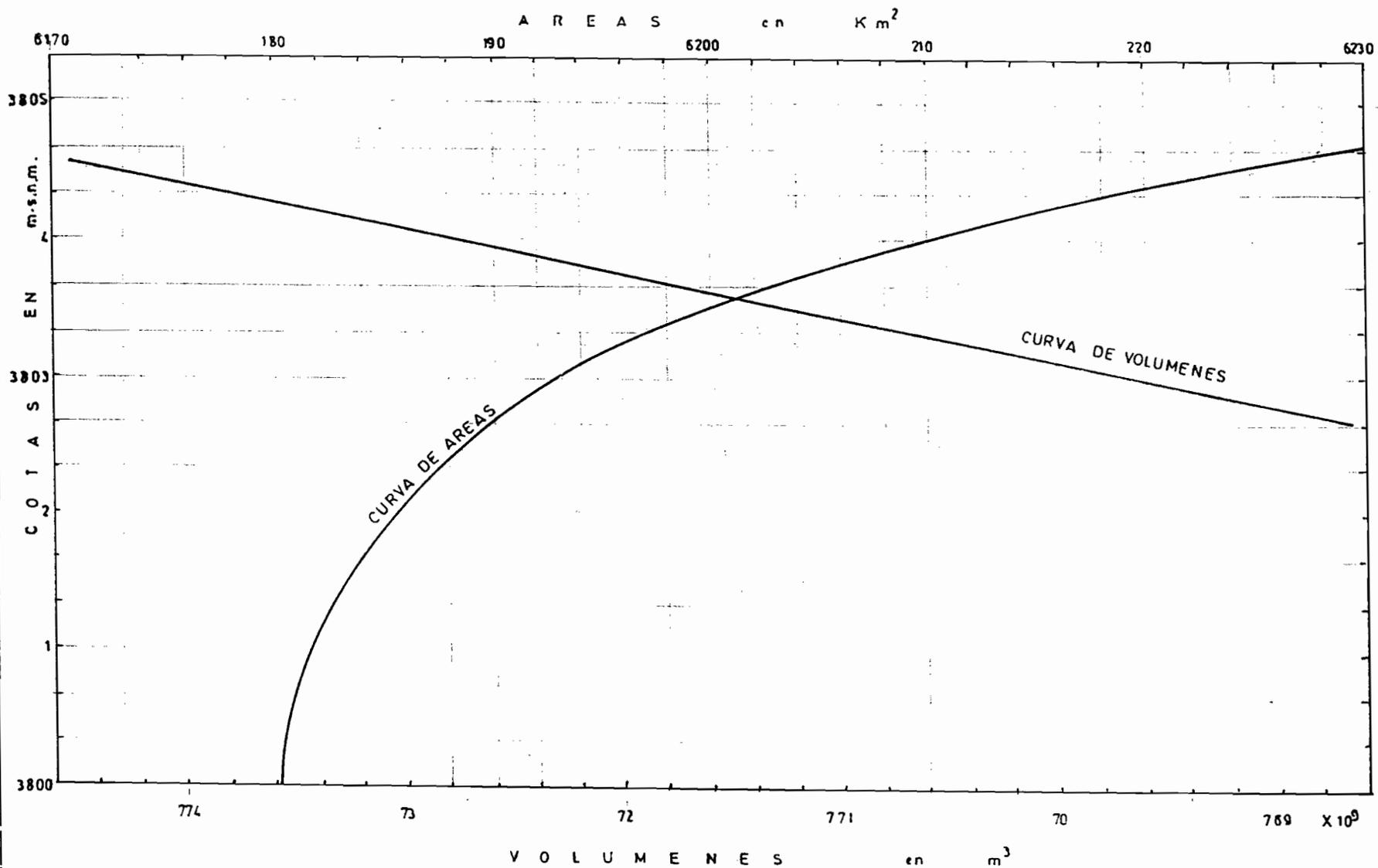
Del mapa batimétrico se pueden observar (Grat.5.2.1.)

- Zona de muy poca profundidad (0-5 m), la mayor parte del Lago Huinaymarca y en el Lago grande las bahías de Puno, Achacachi y del Ramis.
- Zonas de poca profundidad (15 - 40 m) comprenden en el Lago pequeño, las partes mas profundas y en el lago grande las bahías de Achacachi.
- Zona de mediana profundidad alrededor (100 m) en la bahía de Copacabana.
- Zona de gran profundidad mayores (200 m) al rededor de la isla Soto relacionada directamente con las fallas que afectan la cuenca en sentido N.NW - S.SE.

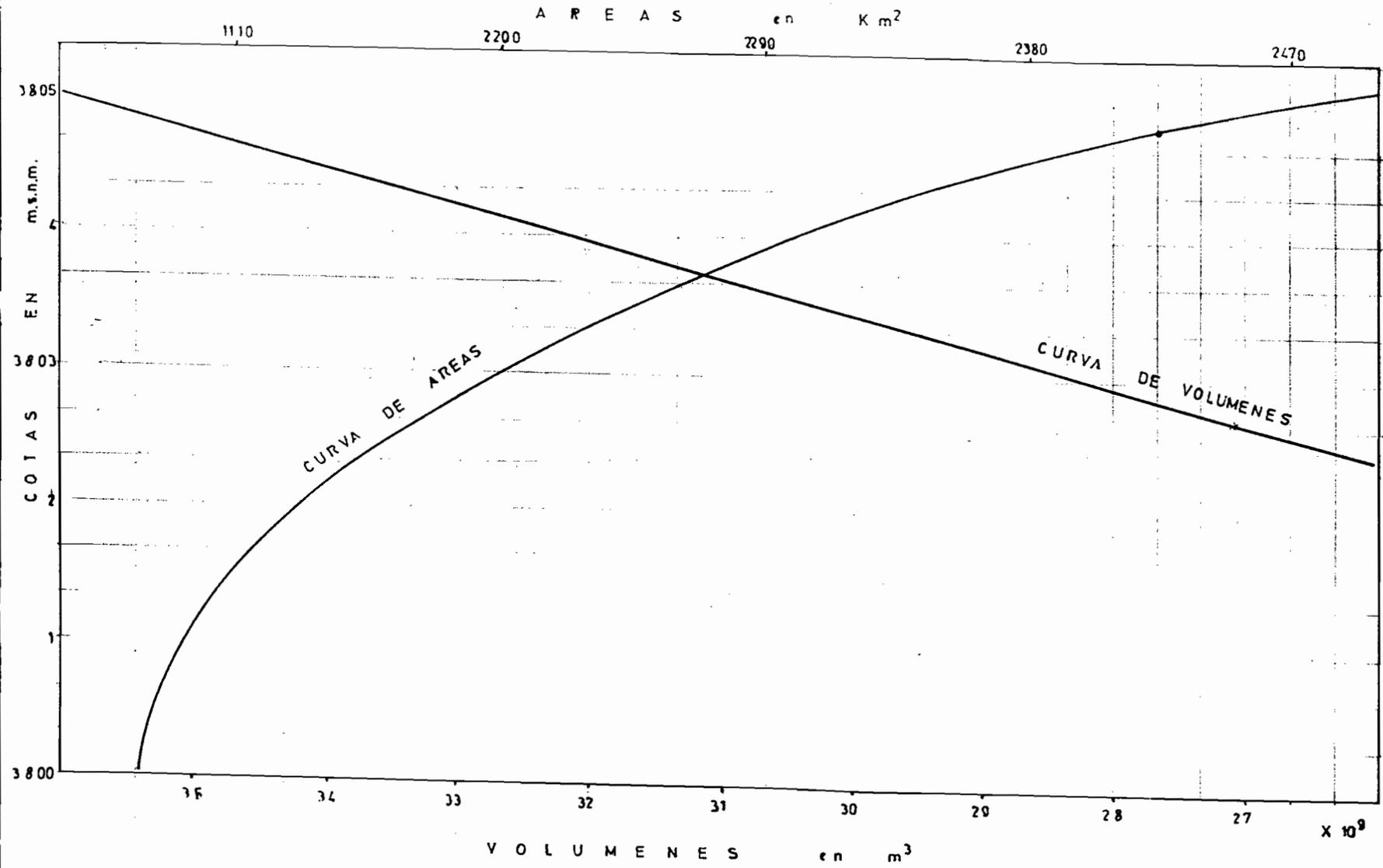
Se puede decir que el lago mayor forma una depresión parabólica en tanto que la bahía de Puno y el Lago menor son depresiones cónicas muy ensanchadas. La forma general es ezigoidal de depresión cónica, determinandose la inestabilidad de la bahía de Puno y el Lago menor, por poseer superficies verticales y profundidades reducidas.

En base al gráfico 5.2.2. " Curva de Areas - Niveles del Lago Titicaca " y a los datos de ORSTOM se realizo un estudio estadístico de niveles de agua el cual se ajusta a una regresión exponencial ($r = 0.9930$) con ayuda del cual se-

Graf; 5.2.3. RELACION: NIVEL -AREA -VOLUMEN del LAGO MAYOR (CHUCUITO)



Graf;- RELACION : NIVEL - AREA - VOLUMEN del LAGO MENOR (HUÑAYMARCA)



determina para cada valor anual promedio de nivel su respectiva área, durante el período de estudio (ver tablas).

Se determinó el área media en 8692.7 km^2 correspondiente a la cota media de 3809.53 msnm .

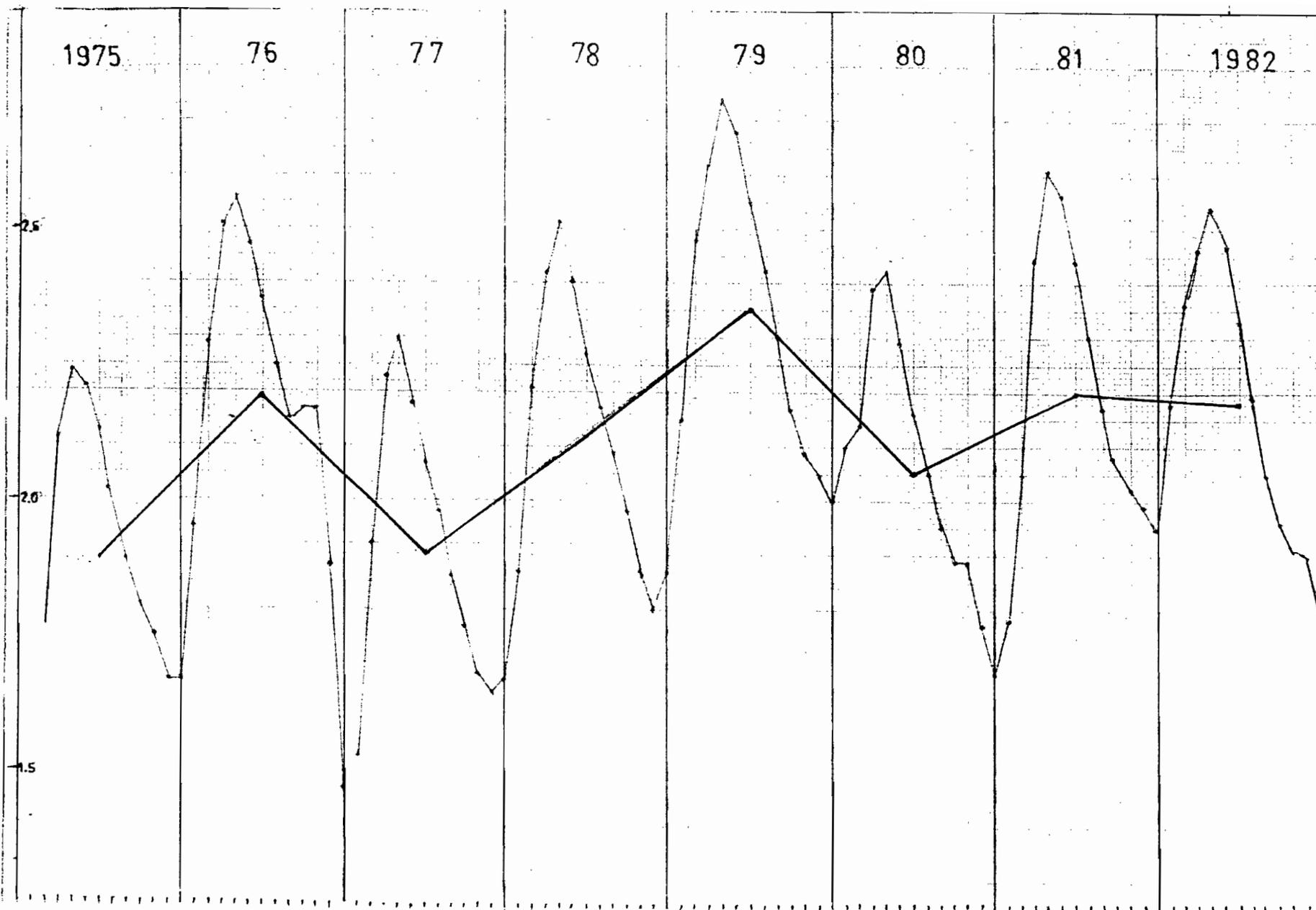
5.2.3.- VOLUMEN MEDIO ANUAL Y VOLUMEN TOTAL DE ALMACENAMIENTO.-

En la gráfica 5.2.1. se puede observar, que durante el periodo en estudio existe un incremento en los niveles del Lago, esto implica un incremento en el almacenamiento, procediéndose a la siguiente metodología para su determinación:

Las sumatorias, positivas o negativas, de las variaciones del nivel del Lago nos determinan el desnivel neto durante el período (1.38 m). El valor durante los años que comprende (15 años) nos determina un incremento promedio anual de 0.092 m .

El volumen medio anual se determino en $799.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ que resulta del producto del área media por el incremento promedio anual.

El volumen total de almacenamiento durante el período 68-82 SE DETERMINO EN $11995.9 \times 10^6 \text{ m}^3$ (12000 Hm^3) que resulta del producto entre el desnivel neto durante el período y el area media del Lago.



Graf. 5.2.2. Fluctuaciones de nivel del Lago.comportamiento mensual. ref.est.Guaqui

5.3.- ESTIMACION DEL VOLUMEN DE INFILTRACION.-

El volumen medio de agua que se infiltra es estimado a partir del BALANCE DE CLORO, en base al estudio realizado por Carmouze y Aguize en 1981 donde el Balance puede ser expresado por la siguiente ecuación, la misma que supone que la sedimentación y el medio estan en equilibrio:

$$Cl_f = Cl_D + Cl_I + \Delta Cl$$

Donde:

- Cl_F Cantidad de cloro debido a los aportes fluviales
- Cl_D Cantidad de cloro perdido por el Desaguadero
- Cl_I Cantidad de cloro infiltrado
- ΔCl Rango de variacion de la cantidad total de Cloro del Lago 1.28×10^7 moles

Tabla 5.3.1. COMPOSICION QUIMICA MEDIA DE LAS AGUAS expresado en mM/l

Elemento	Del Lago	De Aporte	Del Desaguadero
HCO ₃	2.14	1.31	1.90
SO ₄	2.64	0.76	2.65
Cl	7.11	1.51	7.95
Na	7.78	1.65	8.55
K	0.395	0.11	0.445
Ca	1.63	0.98	1.52
Mg	1.44	0.34	1.50
SiO ₄ H ₄	0.03	0.16	0.012

Para el cálculo de los aportes medios anuales fluviales en sales disueltas, se ha establecido para cada una de las subregiones hidrológicas; la composición química media anual de las aguas, estimado en función de la tabla 5.3. 1. luego de su ponderación en función de los flujos medios de agua.

Los aportes de cloro en promedio anual, para el periodo - 1968 a 1982 son :

Tabla 5.3.2.

SUB CUENCA	LAGO MAYOR		LAGO MENOR	
	Volumen	Moles	Volumen	Moles
1.- Ramis	2.854 x 10 ⁹	4.310x10 ⁹		
2.- Huancane	0.659	0.995		
3.- Suches	0.2545	0.384		
4.- Huaycho	0.1975	0.298		
5.- Escoma-Achac.	0.044	0.066		
6.- Keka	0.1305	0.197		
7.- Tiquina-Achac	0.1085	0.164		
8.- Batallas			0.116	0.175
9.- Pucarani			0.066	0.100
10.-Katari			0.543	0.82
11.-Guaqui			0.1325	0.200
12.-Capia			0.2735	0.413
13.-JILAtata	0.207	0.313		
14.-Ilave	1.240	0.313		
15.-Acora	0.179	0.270		
16.-Umayo	0.285	0.430		
17.-Capacnica	0.0845	0.128		
18.-Coata	1.3347	2.014		
19.-Arppa	0.149	0.225		
TOTAL		11.666x10 ⁹	moles	1.708x10 ⁹

Para el Desaguadero:

$$0.3905 \times 10^9 \text{ m}^3 \times 7.95 \times 10^9 \text{ mM/l} = 0.310 \times 10^9 \text{ moles}$$

Reemplazando en la ecuación

$$Cl_F = Cl_D + Cl_I + ACl$$

$$(13.374 = 0.310 + Cl_I + 1.28) \times 10^9 \text{ moles}$$

De donde:

$$Cl_I = 11.784 \times 10^9 \text{ moles}$$

Con la consideración que la concentración promedio de cloro en las aguas que se infiltran Cl_I , se aproxima a la de las aguas del Lago $Cl_L = 7.11 \text{ M/m}^3$. En consecuencia, el volumen de agua que se infiltra es igual a:

$$\frac{11.784 \times 10^9 \text{ moles}}{7.1 \text{ moles/m}^3} = 1.65972 \times 10^9 \text{ m}^3$$

(1659.72 Hm³)

6.- BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL

Para la elaboración en sí, del Balance Hídrico Superficial de la Cuenca endorreica del Lago Titicaca, se consideraron separadamente, la superficie no inundada e inundada.

En forma general se procedió para el Lago, mediante la siguiente ecuación expresada en volumen:

$$VAF + P_L A_L = E_L A_L + VEF \pm \Delta V$$

Donde:

- VAF Volumen afluente al Lago, lateralmente
- VEF Volumen efluente del Lago (por el Desaguadero)
- P_L Precipitación sobre el Lago
- E_L Evaporación del Lago
- A_L Area, promedio del periodo del espejo del agua
- ΔV Volumen de almacenamiento.

Para la determinación del volumen afluente al Lago, se procedió a la ecuación de Balance superficial de todas las subcuencas de aporte; método por el cual nos permitió determinar sus volúmenes respectivos.

Siendo la esorrentía un parámetro que se mide con mayor precisión, para el cálculo del Balance Hídrico se pudo subdividir las subcuencas en aquellas con control fluviométrico y sin control. En resumen se determinaron:

- Cuencas con antecedentes de R, P y ETR
- Cuencas con antecedentes de P y ETR
- Cuencas con antecedentes de P solamente

- Cuencas sin antecedentes de R, P ni ETR

La metodología seguida en cada uno de estos casos se especifica en el apendice A-4

6.1.- BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL POR UNIDADES HIDROLOGICAS.-

Según la división de la Cuenca, Lámina 2.1. , se tiene el siguiente Balance Hídrico Superficial por unidad Hidrológica.

6.1.1.- CUENCA DEL RIO RAMIS.-

Es la unidad Hidrológica más importante del sistema, situada entre los 14°3' y 15°24' de latitud Sud y 71°07' y 69°34' de longitud Oeste. Situada entre los 3810 y los 5800 msnm - comprende 14960 Km² abarcando dos grandes subcuencas, la del Azangaro y la del Ayaviri. La rama más larga, Carabaya - Azangaro - Ramis tiene una longitud de 283 Km y un declive de 0.27%

Precipitacion	P. media	Acea x 10 ⁶ m ²	Volumenx10 ⁶ m ³
500	-	-	-
600	550	2000	1100
700	650	7200	4680
800	750	3560	2670
800	800	1300	1040
900	850	700	595
900	900	200	180
		14960 x 10 ⁶ m ²	10265 x10 ⁶ m ³

6.1.2.- CUENCA DEL RIO HUANCANE.-

Localizada entre 14°33' y 15°15' de latitud Sud y 70°10' y 69° 20' de longitud Oeste, comprende 4110 km², abarcando las subcuencas del río Inchupaya y del río Munani. La rama principal, Munani - Huancane tiene una longitud de 125 km y un declive medio de 0.37% .

Precipitacion	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
600	-	-	-
600	600	3620	2172
700-800	750	250	187.5
900	850	240	204

4110 x 10⁶m² 2563.5 x 10⁶m³

$$\langle \bar{P} \rangle = 623.7 \text{ mm}$$

Vol. medio precipitacion = 2563.5 Hm³

Evapotransp.	$\langle \overline{ETR} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
300	-	-	-
400	350	150	52.5
500	450	3260	1467.0
600	550	700	385.0

4110 x 10⁶m² 1904.5 x 10⁶m³

$$\langle \overline{ETR} \rangle = 463.4 \text{ mm}$$

Vol; medio \overline{ETR} = 1904.5 Hm³

ESCORRENTIA MEDIDA: 586.23 x 10⁶m³

$$\text{Ecuación de Balance : } \bar{P} = \bar{R} + \overline{\text{ETR}} + n$$

$$623.7 = 142.6 + 463.4 + n$$

Discrepancia obtenida $n = 17.7$ mm, representando 2.8%

Volumen de aporte considerado: $\bar{R} = 659 \times 10^6 \text{ m}^3$ (659 Hm³)

Coefficiente de escurrimiento $C = 0.26$

6.1.3.- CUENCA DEL RIO SUCHEZ.-

Localizada entre 14°39' y 15°04' de latitud Sud y 69°00' y 69°35' de longitud Oeste, comprende 3100 Km². La rama principal tiene una longitud de 130 Km y un declive medio de 0.78% por

Precipitacion	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ²
400	-	-	-
500	450	1700	765
600	550	1200	660
600	600	200	120
		3100 x 10 ⁶ m ²	1545 x 10 ⁶ m ²

$$\langle \bar{P} \rangle = 498.4 \text{ mm}$$

$$\text{Volumen} = 1545 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ (1545 Hm}^3 \text{)}$$

Evapotransp.	$\langle \overline{\text{ETR}} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
300	-	-	-
300	300	140	42
400	350	1310	458.5
500	450	700	315.0
500	500	950	475.0
		3100 x 10 ⁶ m ²	1290.5 x 10 ⁶ m ³

6.1.2.- CUENCA DEL RIO HUANCANE.-

Localizada entre 14°33' y 15°15' de latitud sud y 70°10' y 69° 20' de longitud Oeste, comprende 4110 km², abarcando las subcuencas del rio Inchupaya y del rio Munani. La rama principal, Munani - Huancane tiene una longitud de 125 km y un declive medio de 0.37% .

Precipitacion	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
600	-	-	-
600	600	3620	2172
700-800	750	250	187.5
900	850	240	204

4110 x 10⁶ m² 2563.5 x 10⁶ m³

$$\langle \bar{P} \rangle = 623.7 \text{ mm}$$

Vol. medio precipitacion = 2563.5 Hm³

Evapotransp.	$\langle \overline{ETR} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
300	-	-	-
400	350	150	52.5
500	450	3260	1467.0
600	550	700	385.0

4110 x 10⁶ m² 1904.5 x 10⁶ m³

$$\langle \overline{ETR} \rangle = 463.4 \text{ mm}$$

Vol; medio \overline{ETR} = 1904.5 Hm³

ESCORRENTIA MEDIDA: 586.23 x 10⁶ m³

Ecuación de Balance : $\bar{P} = \bar{R} + \overline{ETR} + n$

$623.7 = 142.6 + 463.4 + n$

Discrepancia obtenida $n = 17.7$ mm, representando 2.8%

Volumen de aporte considerado: $\bar{R} = 659 \times 10^6 \text{ m}^3$ (659 Hm³)

Coefficiente de escurrimiento $C = 0.26$

6.1.3.- CUENCA DEL RIO SUCHEZ.-

Localizada entre 14°39' y 15°04' de latitud Sud y 69°00' y 69°35' de longitud Oeste, comprende 3100 Km². La rama principal tiene una longitud de 130 Km y un declive medio de 0.78%pcr

Precipitacion	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ²
400	-	-	-
500	450	1700	765
600	550	1200	660
600	600	200	120
		3100 x 10 ⁶ m ²	1545 x 10 ⁶ m ²

$\langle \bar{P} \rangle = 498.4$ mm

Volumen = $1545 \times 10^6 \text{ m}^3$ (1545 Hm³)

Evapotransp.	$\langle \overline{ETR} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
300	-	-	-
300	300	140	42
400	350	1310	458.5
500	450	700	315.0
500	500	950	475.0
		3100 x 10 ⁶ m ²	1290.5 x 10 ⁶ m ³

$$\langle \overline{ETR} \rangle = 416.3 \text{ mm}$$

Vol. medio $\overline{ETR} = 1290.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ (1290.5 Hm³)

ESCORRENTIA MEDIDA $236.08 \times 10^6 \text{ m}^3$

$$\text{Ecuacion de Balance } \bar{P} = \bar{R} + \overline{ETR} + n$$

$$498.4 = 76.2 + 416.3 + n$$

Discrepancia obtenida $n = 5.9 \text{ mm}$, representando 1.2%

Volumen de aporte considerado: $254.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ (254.5 Hm³)

Ceficiente de escurrimiento $C = 0.16$

6.1.4.- CUENCA DEL RIO HUAYCHO.-

Localizada entre los 15°08' y 15°40' de latitud Sud y 69° 32' y 69°10' de longitud Oeste, comprende 1010 Km², abarcando la rama más larga 70 Km

Precipitacion	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
500	-	-	-
600	550	270	148.5
700	650	430	279.5
800	750	220	165.0
1000	900	90	81.0
		1010 x 10 ⁶ m ²	674.0 x 10 ⁶ m ³

$$\langle \bar{P} \rangle = 667.3 \text{ mm}$$

Vol. medio $\bar{P} = 674.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ (674.0 Hm³)

Evapotransp.	$\langle \overline{ETR} \rangle$ media	Area x $10^6 m^2$	Volumen x $10^6 m^3$
300	-	-	-
400	350	120	42
500	450	550	247.5
600	550	340	187.0
		1010 x $10^6 m^2$	476.5 x $10^6 m^3$

$$\langle \overline{ETR} \rangle = 471.8 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \overline{ETR} = 476.5 \times 10^6 m^3 \quad (476.5 \text{ Hm}^3)$$

$$\begin{aligned} \text{Ecuación de Balance : } \bar{R} &= \bar{P} - \overline{ETR} \\ &= 674.0 - 476.5 \times 10^6 m^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen de aporte considerado: } R = 202.2 \times 10^6 m^3 \quad (202.2 \text{ Hm}^3)$$

$$\text{Ceficiente de escurrimiento } C = 0.29$$

6.1.5...-CUENCA ESCOMA - ACHACACHI.-

Localizada entre los $15^{\circ}40'$ y $15^{\circ}55'$ de latitud Sud y $69^{\circ}10'$ y $68^{\circ}42'$ de longitud Oeste, abarca 380 Km^2 , comprende todos los rios que drenan la región comprendida entre la - cuenca del río Suhez y del río Keka.

Precipitacion	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x $10^6 m^2$	Volumen x $10^6 m^3$
400	-	-	-
500	450	90	40.5
600	550	140	77.0
700	650	550	97.5
		380 x $10^6 m^2$	215.0 x $10^6 m^3$

$$\langle \bar{P} \rangle = 565.8 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \bar{P} = 215.0 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ (215.0 Hm}^3\text{)}$$

Evapotransp.	$\langle \overline{\text{ETR}} \rangle$ medio	Area x 10^6 m^2	Volumen x 10^6 m^3
400	-	-	-
500	450	380	171.0
		$380 \times 10^6 \text{ m}^2$	$171.0 \times 10^6 \text{ m}^3$

$$\langle \overline{\text{ETR}} \rangle = 450.0 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \overline{\text{ETR}} = 171.0 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ (171.0 Hm}^3\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{Ecuacion de Balance } \bar{R} &= \bar{P} - \overline{\text{ETR}} \\ &= 215 - 171 \text{ (x } 10^6 \text{ m}^3\text{)} \end{aligned}$$

$$\text{Volumen de aporte } \bar{R} = 44.0 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ (44.0 Hm}^3\text{)}$$

$$\text{Ceficiente de escurrimiento } C = 0.20$$

6.1.6.- CUENCA DEL RIO KEKA.-

Localizada entre los $15^{\circ}53'$ y $16^{\circ}13'$ de latitud Sud y $68^{\circ}20'$ y $68^{\circ}45'$ de longitud Oeste, abarca 1270 Km^2 , comprende sus principales tributarios el Chiar Joko, Kellucani y Jaillahuaya.

Precipitacion	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x 10^6 m^2	Volumen x 10^6 m^3
400	-	-	-
500	450	940	423
600	550	200	110
700	650	80	52
800	750	50	37.5
		$1270 \times 10^6 \text{ m}^2$	$622.5 \times 10^6 \text{ m}^3$

$$\langle \bar{P} \rangle = 490.2 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \bar{P} = 622.5 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (622.5 \text{ Hm}^3)$$

Evapotransp.	$\langle \overline{\text{ETR}} \rangle$ media	Area x 10^6 m^2	Volumen x 10^6 m^3
300	-	-	-
300	300	150	45.0
400	350	570	199.5
500	450	550	247.5
		1270 x 10^6 m^2	492 x 10^6 m^3

$$\langle \overline{\text{ETR}} \rangle = 387.4 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \overline{\text{ETR}} = 492.0 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (492.0 \text{ Hm}^3)$$

$$\text{ESCORRENTIA MEDIDA (de referencia): } 120 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Ecuación de Balance } \langle \bar{P} \rangle &= \langle \bar{R} \rangle + \langle \overline{\text{ETR}} \rangle + n \\ 490.2 &= 94.5 + 387.4 + n \end{aligned}$$

Discrepancia obtenida $\eta = 8.3 \text{ mm}$, representando el 1.7%

$$\text{Volumen de aporte considerado: } 130.5 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (130.5 \text{ Hm}^3)$$

$$\text{Ceficiente de escurrimiento } C = 0.21$$

6.1.7.- CUENCA TIQUINA - ACHACACHI.-

Localizada entre los $16^{\circ}0'$ y $16^{\circ}11'$ de latitud Sud y $68^{\circ}40'$ y $68^{\circ}55'$ de longitud Oeste, abarca 550 Km^2 , comprende todos los rios que drenan la región ubicada entre el estrecho de Tiquina y la cuenca del río Keka.

Precipitación	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x $10^6 m^2$	Volumen x $10^6 m^3$
400	-	-	-
500	450	20	9.0
600	550	70	38.5
700	650	130	84.5
800	750	220	165.0
1000	900	110	99.0
		550 x $10^6 m^2$	396.0 x $10^6 m^3$

$$\langle \bar{P} \rangle = 720.0 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } P = 396.0 \times 10^6 m^3 \text{ (} 396.0 \text{ Hm}^3 \text{)}$$

Evapotransp.	$\langle \overline{ETR} \rangle$ media	Area x $10^6 m^2$	Volumen x $10^6 m^3$
400	-	-	-
500	450	150	67.5
600	550	400	220.0
		550 x $10^6 m^2$	287.5 x $10^6 m^3$

$$\langle \overline{ETR} \rangle = 522.7 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } ETR = 287.5 \times 10^6 m^3 \text{ (} 287.5 \text{ Hm}^3 \text{)}$$

$$\text{Ecuación de Balance: } \bar{R} = \bar{P} - \overline{ETR}$$

$$396.0 - 287.5 \text{ (} \times 10^6 m^3 \text{)}$$

$$\text{Volumen de aporte: } \bar{R} = 108.5 \times 10^6 m^3 \text{ (} 108.5 \text{ Hm}^3 \text{)}$$

$$\text{Coeficiente de escurrimiento } C = 0.27$$

6.1.8.- CUENCA DEL RIO KOLLUCACHI (BATALLAS).-

Localizada entre los 16°05' y 16°20' de latitud Sud y 68° 18' y 68°38' de longitud Oeste, abarca 400 Km².

Precipitacion	$\langle \bar{P} \rangle$, media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
400	-	-	-
500	450	20	9.0
600	550	20	11.0
700	650	70	45.5
800	750	290	217.5

400 x 10⁶m² 283.0 x 10⁶m³

$$\langle \bar{P} \rangle = 707.5 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \bar{P} = 283.0 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (283.0 \text{ Hm}^3)$$

Evapotransp.	$\langle \overline{ETR} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
300	-	-	-
300	300	320	6.0
400	350	100	35.0
500	450	280	126.0

400 x 10⁶m² 167.0 x 10⁶m³

$$\langle \overline{ETR} \rangle = 417.5 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \overline{ETR} = 167.0 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (167.0 \text{ Hm}^3)$$

$$\begin{aligned} \text{Ecuación de Balance: } \quad \bar{R} &= \bar{P} - \overline{ETR} \\ &= 283 - 167 \quad (\times 10^6 \text{ m}^3) \end{aligned}$$

$$\text{Volumen de aporte } \quad \bar{R} = 116 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (116 \text{ Hm}^3)$$

$$\text{Coeficiente de escurrimiento } \quad C = 0.41$$

6.1.9.- CUENCA DEL RIO SEHUENCA (PUCARANI).-

Localizada entre los 16°08' y 16°27' de latitud Sud y 68°08' y 68°45' de longitud Oeste, abarca 360 Km².

Precipitacion	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
400	-	-	-
500	450	10	4.5
600	550	50	27.5
700	650	70	45.5
800	750	200	130.0
1000	900	30	22.5

360 x 10⁶m² 230.0 x 10⁶m³

$$\langle \bar{P} \rangle = 638.9 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \bar{P} = 230 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (230 \text{ Hm}^3)$$

Evapotransp.	$\langle \overline{\text{ETR}} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
300	-	-	-
300	300	20	6.0
400	350	90	31.5
500	450	110	49.5
600	550	140	77.0

360 x 10⁶m² 164.0 x 10⁶m³

$$\langle \overline{\text{ETR}} \rangle = 455.6 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \overline{\text{ETR}} = 164 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (164 \text{ Hm}^3)$$

$$\text{Ecuacion de Balance: } \bar{R} = \bar{P} - \overline{\text{ETR}}$$

$$= 230 - 164$$

$$\text{Volumen de aporte } R = 66 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (66 \text{ Hm}^3)$$

$$\text{Coeficiente de escurrimiento } c = 0.29$$

6.1.10.- CUENCA DEL RIO CATARI.-

Localizada entre los 16°10' 17°07' de latitud Sud y 68°05' y 68°45' de longitud Oeste, abarca 3360 Km², comprende sus tributarios Pallina, Colorado, Seco, Pampasi y Achicala, - la mayoría intermitentes.

Precipitación	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
400	-	-	-
500	450	310	148.5
600	550	640	467.5
700	650	1000	702.0
800	750	1410	825.0
		3360 x 10 ⁶ m ²	2143.0 x 10 ⁶ m ³

$$\langle \bar{P} \rangle = 637.8 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \bar{P} = 2143 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (2143 \text{ Hm}^3)$$

Evapotransp.	$\overline{\text{ETR}}$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
300	-	-	-
300	300	20	6
400	350	300	105
500	450	1280	576
600	550	1660	913
		3360 x 10 ⁶ m ²	1600 x 10 ⁶ m ³

$$\langle \overline{\text{ETR}} \rangle = 476.2 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \overline{\text{ETR}} = 1600 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (1600 \text{ Hm}^3)$$

$$\begin{aligned} \text{Ecuación de Balance: } \bar{R} &= \bar{P} - \overline{\text{ETR}} \\ &= 2143 - 1600 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen de aporte } \bar{R} = 543 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (543 \text{ Hm}^3)$$

$$\text{Coeficiente de escurrimiento } C = 0.25$$

6.1.11.- CUENCA DEL RIO TIAHUANACU (GUAQUI).-

Localizada entre 16°25' y 16°40' de latitud Sud y 68°27' y 68°50' de longitud Oeste, abarca 910 Km² comprende sus tributarios Chilla y Guaquira de tipo intermitente.

Precipitación	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
600	-	-	-
600	600	50	30
700	650	660	429
800	750	200	150
		910 x 10 ⁶ m ²	609 x 10 ⁶ m ³

$$\langle \bar{P} \rangle = 669.2 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \bar{P} = 609 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ (} 609 \text{ Hm}^3 \text{)}$$

Evapotransp.	$\langle \overline{ETR} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
400	-	-	-
500	450	240	108
600	550	670	368.5
		910 x 10 ⁶ m ²	476.5 x 10 ⁶ m ³

$$\langle \overline{ETR} \rangle = 523.6 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \overline{ETR} = 476.5 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ (} 476.5 \text{ Hm}^3 \text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{Ecuación de Balance: } \bar{R} &= \bar{P} - \overline{ETR} \\ &= 609 - 476.5 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen de aporte } \bar{R} = 132.5 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ (} 132.5 \text{ Hm}^3 \text{)}$$

$$\text{Coeficiente de escurrimiento } C = 0.22$$

6.1.12.- CUENCA CAPIA.-

Localizada entre los 16°03' y 16°33' de latitud Sud y 68° 50' y 69°20' de longitud Oeste, abarca 1160 Km², comprende los rios que drenan el cerro Capia y la península de Copacabana.

Precipitacion	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
700	-	-	-
800	750	870	652.5
800	800	20	16.0
1000	900	270	243.0
		1160 x 10 ⁶ m ²	911.5 x 10 ⁶ m ³

$$\langle \bar{P} \rangle = 785.8 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \bar{P} = 911.5 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ (} 911.5 \text{ Hm}^3 \text{)}$$

Evapotransp.	$\langle \overline{ETR} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
500	-	-	-
600	550	1160	638
		1160 x 10 ⁶ m ²	638 x 10 ⁶ m ³

$$\langle \overline{ETR} \rangle = 550.0 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \overline{ETR} = 638 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ (} 638 \text{ Hm}^3 \text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{Ecuacion de Balance: } \bar{R} &= \bar{P} - \overline{ETR} \\ &= 911.5 - 638.5 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen de aporte } \bar{R} = 273.5 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ (} 273.5 \text{ Hm}^3 \text{)}$$

$$\text{Coeficiente de escurrimiento } C = 0.30$$

6.1.13.- CUENCA JILATA.-

Localizada entre los 16° 07' y 16° 27' de latitud Sud y 69° 20' y 69° 53' de longitud Oeste, abarca 760 Km², - comprende los rios que drenan el cerro Jilata, ademas de los rios Japo, Collini y Camillaque (75 Km. de largo)

Precipitación	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
700	-	-	-
800	750	600	450
1000	900	160	144

760 x 10⁶m² 594 x 10⁶m³

$$\langle \bar{P} \rangle = 781.6 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } P = 594 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (594 \text{ Hm}^3)$$

Evapotransp.	$\langle \overline{\text{ETR}} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
400	-	-	-
500	450	310	139.5
600	550	450	247.5

760 x 10⁶m² 387 x 10⁶m³

$$\langle \overline{\text{ETR}} \rangle = 509.2 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \overline{\text{ETR}} = 387 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (387 \text{ Hm}^3)$$

$$\begin{aligned} \text{Ecuación de Balance: } \quad \bar{R} &= \bar{P} && - && \overline{\text{ETR}} \\ &= 594 && - && 387 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen de aporte } \quad \bar{R} = 207 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (207 \text{ Hm}^3)$$

$$\text{Coeficiente de escurrimiento } \quad C = 0.35$$

6.1.14.- CUENCA DEL RIO ILAVE.-

Localizada entre los 15° 50' y 17° 08' de latitud Sud y 69° 27' y 70° 21' de longitud Oeste, abarca 7900 Km², - comprende las subcuencas del Huenque y del Grande. La rama más larga, Huenque-Ilave tiene una longitud de 138 Km. a nivel del Ilave, que se encuentra a 24 Km. de su desembocadura con un declive medio del 0.91 %.

Precipitación	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
400	-	-	-
500	450	2300	1035.0
600	550	2450	1347.5
700	650	1650	1072.5
800	750	1300	975.0
900	850	200	170.0

7900 x 10⁶m² 4600 x 10⁶m³

$\langle \bar{P} \rangle = 582.3 \text{ mm}$

Vol. medio \bar{P} 4600 x 10⁶m³ (4600 Hm³)

Evapotransp.	$\langle \bar{ETR} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
300	-	-	-
400	350	2550	892.5
500	450	4750	2137.5
600	550	600	330

7900 x 10⁶m² 3360 x 10⁶m³

$\langle \bar{ETR} \rangle = 425.3 \text{ mm}$

Vol. medio \bar{ETR} 3360 x 10⁶m³ (3360 Hm³)

ESCORRENTIA MEDIDA 1179.66 x 10⁶m³

Ecuacion de Balance $\langle \bar{P} \rangle = \langle \bar{R} \rangle + \langle \bar{ETR} \rangle + n$

582.3 = 149.3 + 425.3 + n

Discrepancia obtenida n = -7.7 mm representando 1.3%

Volumen de aporte considerado: 1240 x 10⁶m³ (1240 Hm³)

Coefficiente de escurrimiento C = 0.27

6.1.15.- CUENCA ILAVE - UMayo.-

Localizada entre los 15°45' y 16° de latitud Sud y 70°10' de longitud Oeste, abarca 630 Km², comprende los rios ubicados entre las cuencas del Ilave y del Umayo.

Precipitación	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x10 ⁶ m ²	Volumen x10 ⁶ m ³
700	-	-	-
800	750	370	277.5
1000	900	260	234.0
		630 x10 ⁶ m ²	511.5 x10 ⁶ m ³

$\langle \bar{P} \rangle = 811.9$ mm
 Vol. medio $\langle \bar{P} \rangle = 511.5 \times 10^6$ m³ (511.5 Hm³)

Evapotrans.	ETR media	Area x10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
400	-	-	-
500	450	140	63.0
600	550	490	269.5
		630 x10 ⁶ m ²	332.5 x10 ⁶ m ³

$\langle \bar{ETR} \rangle = 527.8$ mm
 Vol. medio $\bar{ETR} = 332.5 \times 10^6$ m³ (332.5 Hm³)

Ecuacion de Balance: $\bar{R} = P - ETR$
 $= 511.5 - 332.5$

Volumen de aporte: $\bar{R} = 179 \times 10^6$ m³ (179 Hm³)

Coefficiente de escurrimiento C = 0.35

6.1.16.- CUENCA LAGUNA UMayO.-

Localizada entre los 15°18' Y 16°02' de latitud Sud y 70° Y 70°30' de longitud Oeste, abarca 1950 Km², comprende la Laguna Umayo y el río Ilpa.

Precipitacion	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x10 ⁶ m ²	Volumen x10 ⁶ m ³
500	-	-	-
600	550	170	93.5
700	650	1670	1085.5
800	750	110	82.5
		1950 x10 ⁶ m ²	1261.5 x10 ⁶ m ³

$$\langle \bar{P} \rangle = 646.9 \text{ mm}$$

$$\text{Vol; medio } \bar{P} = 1261.5 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (1261.5 \text{ Hm}^3)$$

EVAPOTRANS.	$\langle \overline{ETR} \rangle$ media	Area x10 ⁶ m ²	Volumen x10 ⁶ m ³
400	-	-	-
500	450	900	405.0
600	550	1050	577.5
		1950 x10 ⁶ m ²	982.5 x10 ⁶

$$\langle \overline{ETR} \rangle = 503.8 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \overline{ETR} = 982.5 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Ecuacion de Balance. } \bar{R} &= \bar{P} - \overline{ETR} \\ &= 1261.5 - 982.5 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen de Aporte } \bar{R} = 285 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (285 \text{ Hm}^3)$$

$$\text{Coeficiente de Escurrimiento: } C = 0,22$$

6.1.18.- CUENCA DEL RIO COATA.-

Localizada entre los 15°07' y 15°55' de latitud Sud y 69° 55' y 71°01' de longitud Oeste, abarca 4820 Km², comprende las subcuencas del Cabanillas y la del río Lampa. El curso principal: Verde-Cabanillas-Coata tiene una longitud de 180 Km de largo y un declive medio de 0.56%

PRECIPITACION	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x10 ⁶ m ²	Volumen x10 ⁶ m ³
600	-	-	-
600	600	190	114
700	650	1740	1131
800	750	1790	1342.5
900	850	880	748.0
900	900	220	198.0
		4820 x 10 ⁶ m ²	3533.5 x10 ⁶ m ³

$$\langle \bar{P} \rangle = 733.1 \text{ mm}$$

$$\text{Vol; medio } \bar{P} = 3533.5 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (3533.5 \text{ Hm}^3)$$

EVAPOTRANS.	$\langle \overline{\text{ETR}} \rangle$ media	Area x10 ⁶ m ²	Volumen x10 ⁶ m ³
400	-	-	-
400	400	30	12
500	450	4470	2011.5
600	550	320	176.0
		4820 x10 ⁶ m ²	2199.5 x10 ⁶ m ³

$$\langle \overline{\text{ETR}} \rangle = 456.3 \text{ mm}$$

$$\text{Vol; medio } \overline{\text{ETR}} = 2199.5 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (2199.5 \text{ Hm}^3)$$

$$\text{ESORRENTIA MEDIDA : } 1568.824 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (1568.824 \text{ Hm}^3)$$

$$\begin{array}{rccccccc} \text{Ecuación de Balance:} & \bar{P} & \cdot & \bar{R} & + & \overline{\text{ETR}} & + & n \\ & 733.1 & \cdot & 325.5 & + & 456.3 & + & n \end{array}$$

Discrepancia obtenida $n = -48.7$ mm, representando el 6.6%

Volumen considerado : $1334 \times 10^6 \text{ m}^3$ (1334 Hm³)

Coefficiente de escurrimiento: $C = 0.38$

6.1.19.- CUENCA LAGUNA DE ARAPA.-

Localizada entre los 14° 58' y 15° 15' de latitud Sud, y 69° 50' y 70° 10' de longitud Oeste, abarca 680 Km², Desde el punto de vista hidrológico viene a constituir una cuenca Areíca, ya que en épocas de lluvia por el aumento del volumen y nivel de las aguas del río Ramis, una parte desagua en la laguna, por un arroyo que queda a 9 Km. de la estación de aforo; en época de estiaje esta comunicación es nula debido a la disminución del nivel del río; por otro lado se debe suponer la comunicación y circulación de aguas subterráneas por la poca diferencia de niveles de las aguas de la laguna y el río, que permite que el nivel de las aguas de la laguna se mantengan casi siempre permanentes.

a) Area de drenaje:

Precipitación	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x 10^6 m^2	Volumen x 10^6 m^3
700	-	-	-
700	700	280	196
800	750	200	150
1000	900	50	45
		530 x 10^6 m^2	391 x 10^6 m^3

$$\langle \bar{P} \rangle = 737.7 \text{ mm.}$$

$$\text{Vol. medio } \bar{P} = 391 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (391 \text{ Hm}^3)$$

Evapotrans. $\langle \overline{ETR} \rangle$ media	Area x 10^6 m^2	Volumen x 10^6 m^3
400	-	-
500	450	40.5
600	550	242.0
530 x 10^6 m^2		282.5 x 10^6 m^3

$$\langle \overline{ETR} \rangle = 533.0 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \overline{ETR} = 282.5 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (282.5 \text{ Hm}^3)$$

$$\begin{aligned} \text{Ecuacion de Balance} \quad \bar{R} &= \bar{P} - \overline{ETR} \\ &= 391.0 - 282.5 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen de aporte:} \quad \bar{R} = 108.5 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (108.5 \text{ Hm}^3)$$

$$\text{Coeficiente de escurrimiento} \quad C = 0.28$$

b) Area de la laguna

Precipitación $\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x 10^6 m^2	Volumen x 10^6 m^3
700	-	-
800	130	97.5
1000	20	18.0
150 x 10^6 m^2		115.5 x 10^6 m^3

$$\langle \bar{P} \rangle = 770.0 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \bar{P} = 115.5 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (115.5 \text{ Hm}^3)$$

Evaporación $\langle \bar{E} \rangle$ media	Area x 10^6 m^2	Volumen x 10^6 m^3
500	-	-
600	150	75.0
150 x 10^6 m^2		75.0 x 10^6 m^3

$$\langle \bar{E} \rangle = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \bar{E} = 75 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (75.0 \text{ Hm}^3)$$

Ecuación de Balance:

$$\bar{P}_L = \bar{R}_L + \bar{E}_L + f$$

$$115.5 = 108.5 + 75.0 + f$$

f = infiltración o aporte a la napa subterránea
la cual llega como aporte al lago.

$$f = 149 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (149 \text{ Hm}^3)$$

6.2.- BALANCE HIDRICO DEL LAGO TITICACA.-

En este capítulo se desarrolla el Balance del Lago propiamente dicho, considerado como la unidad más importante, objeto de este estudio; El Lago Titicaca se encuentra localizada entre los 14°59' y 15°40' de latitud Sud y 68°34' y 70°04' de longitud Oeste, abarca un área media en el período de estudio de 8692.7 Km², considerándose un volumen de embalse de 8692.7 x 10⁹ m³ (total)

Precipitación	$\langle \bar{P} \rangle$ media	Area x 10 ⁶ m ²	Volumen x 10 ⁶ m ³
500	-	-	-
600	550	190	104.5
700	650	300	195.0
800	750	1090	817.5
1000	900	2680	2412.0
1200	1100	3120	3432.0
1200	1200	1120	1344.0
		8500 x 10 ⁶ m ²	8305.0 x 10 ⁶ m ³

$$\langle \bar{P} \rangle = 977 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \bar{P} = 8305.0 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad (8305.0 \text{ Hm}^3)$$

Evaporación	$\langle \bar{E} \rangle$ media	Area x $10^6 m^2$	Volumen x $10^6 m^3$
1200	-	-	-
1300	1250	250	312.5
1400	1350	710	958.5
1500	1450	1150	1667.5
1600	1550	930	1441.5
1700	1650	860	1419.0
1800	1750	1280	2240.0
1900	1850	3020	5587.0
1900	1900	300	570.0
		8500 x $10^6 m^2$	14196.0 x $10^6 m^3$

$$\langle \bar{E} \rangle = 1670 \text{ mm}$$

$$\text{Vol. medio } \bar{E} = 14196.0 \times 10^6 m^3 \quad (14196.0 \text{ Hm}^3)$$

$$\text{VOLUMEN AFLUENTE AL LAGO: } 8857.5 \times 10^6 m^3 \quad (8857.5 \text{ Hm}^3)$$

$$\text{VOLUMEN EFLUENTE (DESAGUADERO): } 390.5 \times 10^6 m^3 \quad (390.5 \text{ Hm}^3)$$

$$\text{VOLUMEN DE INFILTRACION: } 1659.72 \times 10^6 m^3 \quad (1659.7 \text{ Hm}^3)$$

$$\text{VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO: } 799.7 \times 10^6 m^3 \quad (799.7 \text{ Hm}^3)$$

ECUACION DE BALANCE:

$$\bar{V}_{\text{afl}} + \bar{V}_{\text{prec.}} = \bar{V}_{\text{efl}} + \bar{V}_{\text{evap.}} + \bar{V}_{\text{infil.}} + \bar{V}_{\text{alm.}} + n$$

$$8857.5 + 8305.0 = 390.5 + 14196.0 + 1659.72 + 799.7 + n$$

VALOR DE DISCREPANCIA: $n = 13.4 \text{ mm}$

Puesto que el parametro mas conflictivo es el de evaporacion se deducira del Balance:

$$\text{VOLUMEN MEDIO DE EVAPORACION: } 14312.58 \times 10^6 m^3$$

7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

- Por las razones expuestas en el capítulo 2.1 el estudio fué llevado a efecto, considerando el año calendario durante el período 1968-1982
- La metodología seguida fué recomendada por la "Guía metodológica para la elaboración del Balance Hídrico de América del Sur", la cual por sus características y funcionalidad se adapta a la cuenca en estudio.
- El área total de la cuenca del Lago Titicaca se determinó en 52980 Km^2 de los cuales la superficie de agua representa un 16.3%. De la cuenca de drenaje (44330 Km^2) corresponde al sector boliviano un 20%.
- La precipitación es el parámetro con mayor número de registros, sin llegar a cubrir la densidad óptima de la red. De su análisis se pudo determinar en general la uniformidad de los registros, siendo casos excepcionales, como las estaciones: Guaqui, Ilave y Crucero donde se presentan coeficientes de ajuste alto, en el análisis de consistencia por el método C.D.A.

Del mapa de isoyetas, se observa la gran influencia de la superficie del Lago, la que define a la cuenca como una zona de características propias de precipitación en la región aledaña al Lago.

La precipitación media del total de la cuenca es de 706 mm, correspondiendo a la cuenca de drenaje una precipitación promedio anual de 654.8 mm y sobre el Lago una lámina precipitación promedio de 999.2 mm.

Las precipitaciones de la cuenca son de tipo convectivo, producidas por un fenómeno local. El Lago forma corrientes ascendentes calientes y húmedas, dichas corrientes aumentan la humedad ambiente, formando nubes en mayor cantidad y por consiguiente precipitaciones.

- En cuanto a la temperatura, la elaboración del mapa de isoterms ha sido dificultoso puesto que no se encontró un perfil termométrico representativo, siendo además una muestra representativa del efecto termoregulador del Lago. De sus registros se pudo determinar que no es representativo de una región si no más bien, es una característica puntual. Estando las estaciones de registro ubicadas en núcleos habitados, estos se encuentran generalmente ubicados al abrigo del intemperismo de su medio ambiente, por lo tanto los registros son representativos tan solo de esa ubicación.

Ha sido notoria la falta de conocimiento de la distribución espacial de la temperatura sobre la superficie del Lago en sí, por la falta de estaciones termométricas en sus islas.

Del mapa de isoterms se puede deducir sin embargo una zona climática en la ribera del Lago y del área circundante, con una temperatura promedio anual de 32°C. Una zona intermedia entre los 8° y 6° C y una zona climática alta generalmente sobre los 4000 msnm con una temperatura ambiente promedio anual de 6 a 0°C.

- La evaporación es el parámetro más importante dentro del Balance Hídrico puesto que representa el 83.8% de pérdida que sufre el Lago, lo que nos determina una lámina promedio de 1708 mm de evaporación.

Sin embargo es el parámetro menos cuantificado, tanto por la baja densidad de estaciones existentes, como por la ubicación de las mismas. Se cuenta con doce estaciones evaporimétricas en los alrededores del Lago, de las cuales cinco poseen registro completo (68-82). Para la elaboración de la distribución espacial de la evaporación se amplió el número de la información a 19 estaciones, por el método de Avellán, considerándose sin embargo a estos últimos como información referencial.

TABLA 7.1

PAISES: BCLIVIA - PERU BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA ENDORREICA DEL LAGO TITICACA

SUB CUENCA	AREA DE DRENAJE Km ²	PRECIPITACION		EVAPOTRANSPIRAC. REAL ETR		ESCCURRENTIA				COEF. DE ESCURRIM. R/P
		mm.	Km ³	mm.	K m. ³	\bar{R} 1/s Km ²	\bar{P}_S mm.	\bar{E}_T Km ³	\bar{m}/sg m/sg	
04 BUAYCHO	1010	667.3	0.674	471.8	0.476	6.35	200.2	0.202	6.41	0.29
06 Escoma-ACHACACHI	380	565.8	0.215	450.0	0.171	3.67	115.8	0.044	1.40	0.20
07 Tiquina-Achacachi	550	720.0	0.396	522.7	0.288	6.26	197.3	0.109	3.44	0.27
08 Kollucachi	400	707.5	0.283	417.5	0.167	9.20	290.0	0.116	3.68	0.41
09 Sehuenca	360	638.9	0.230	455.6	0.164	5.81	183.3	0.066	2.09	0.29
10 Catari	3360	637.8	2.143	476.2	1.600	5.12	161.6	0.543	17.22	0.25
11 Tiahuanacu	910	669.2	0.609	523.6	0.477	4.62	523.6	0.133	4.20	0.22
12 Capia	1160	785.8	0.912	550.0	0.638	7.48	235.8	0.274	8.67	0.30
13 Jilata	760	781.6	0.594	509.2	0.387	8.64	272.4	0.207	6.56	0.35
15 Ilave-Umayo	630	811.9	0.512	527.8	0.333	9.01	284.1	0.179	5.68	0.35
16 Laguna Umayo	1950	646.9	1.262	503.8	0.983	4.63	146.2	0.285	9.04	0.22
17 Capachica	280	851.8	0.239	550.0	0.154	9.57	301.8	0.085	2.68	0.35
19 Laguna Arapa	530	737.7	0.391	533.0	0.283	6.49	204.7	0.109	3.44	0.28

Debido a la falta de información de heliógrafos en lo referente al número de horas de brillo solar, con aproximaciones hasta la décima, humedad relativa media y de la medición de la velocidad media diaria del viento, no ha sido posible la utilización del método de Penman.

- Evapotranspiración real, para su determinación se siguieron distintos procedimientos entre ellos la fórmula de Turc, basada en la superposición de los mapas de isoyetas e isoterma, sin embargo efectuado un primer Balance en las subcuencas en las cuales se tienen todos los parámetros cuantificados, se pudo detectar que este procedimiento no es el más adecuado para la región, puesto que los valores obtenidos subestiman en un 30% los valores de ETR que eran deducidos por el Balance.

En cuanto al método de Penman solamente en tres estaciones era factible su uso: Puno, Ilave y Yunguyo, en cuanto a los valores obtenidos se pudo notar la semejanza -- con los valores obtenidos por el método de Thorntwaite y Mather.

De los planos de isolíneas de evapotranspiración Real se pueden determinar tres zonas características: alrededor y a lo largo de toda la parte media central de la Cuenca con un ETR promedio de 500 mm, una zona intermedia de 400 mm de ETR promedio anual y una zona sobre los 4500 msnm con un ETR promedio anual de 300 mm.

- Escorrentía, en cuanto a la información se pudo determinar la deficiencia en la cantidad de estaciones pluviométricas. Puesto que tan solo las estaciones de Coata, Desaguadero, Huancané, Ramis e Ilave poseen lecturas pluviométricas con un periodo de registro largo, en tanto que sobre el Keka y el Suhez si bien tienen los aforos respectivos, no son lo suficientemente continuos para garantizar su confiabilidad (estabilización de la Estación).

TABLA 7.2

PAISES: BOLIVIA - PERU BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA ENDORREICA DEL LAGO TITICACA

SUB CUENCA	AREA DE DRENAJE Km ²	PRECIPITACION P		ESCORRENTIA R			EVAPOTRANSPIRACION REAL ETR		DISCREPANCIA ?			COEF. DE ESCURRIM.
		mm.	Km ³	l/s/Km ²	mm.	Km ³	mm.	Km ³	mm.	Km ³	%	R/P
01 Ramis	14960	686.2	10.265	4.44	140.0	2.095	495.4	7.411	50.8	0.760	7.4	0.28
02 Huancane	4110	623.7	2.564	4.52	142.6	0.586	463.4	1.905	17.7	0.073	2.8	0.26
03 Suhez	3100	498.4	1.545	2.41	76.2	0.236	416.3	1.291	5.9	0.019	1.2	0.16
06 Keka	1270	490.2	0.623	3.00	94.5	0.120	387.4	0.492	8.4	0.011	1.7	0.21
14 Ilave	7900	582.3	4.600	4.74	149.3	1.180	425.3	3.360	-7.7	0.060	1.3	0.27
18 Coata	4820	733.1	3.533	10.32	325.5	1.569	456.3	2.200	-48.7	0.235	6/6	0.38

BALANCE HIDRICO DEL LAGO TITICACA

AREA Km ²	PRECIPITACION P		AFLUENTE AFL		INFILTRACION INF		EFLUENTE EFL		ALMACENAMIENTO ALM		EVAPORACION E		DISCREPANCIA ?		
	mm.	Km ³	mm.	Km ³	mm.	Km ³	mm.	Km ³	mm.	Km ³	mm.	Km ³	mm.	Km ³	%
8692.7	999.2	8.685	1019.0	8.858	190.9	1.660	44.9	0.391	92.0	0.800	1707.9	14.846	-17.5	0.152	1.8

TABLA 7.3

- Las aportaciones superficiales y sub superficiales poseen una incidencia del 50.5% del total de los aportes del Lago, representando un volumen de $8858 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Una numeración por orden de importancia según su grado de aporte y en relación al país, se tiene:

<u>PERU</u>		<u>BOLIVIA</u>	
Ramis	23.7%		
Coata	17.7%		
Ilave	13.3%		
Huancane	6.6%		
		Catari	6.1%
Umayo	3.2%		
Capia	3.1%		
		Suchez	2.7%
Huaycho	2.3%		
Jilata	2.3%		
Ilave-Umayo	2.0%		
		Keka	1.4%
		Kollucachi	1.3%
		Tic.-Achac.	1.2%
Laguna Arapa	1.2%		
Capachica	1.0%		
		Sehuenca	0.7%
		Esc.-Achac.	0.5%
	<hr/>		<hr/>
	76.4%		23.6%
	$(6767 \times 10^6 \text{ m}^3)$		$(2090 \times 10^6 \text{ m}^3)$

Respecto a los planes de utilización de las aguas del Lago Titicaca más específicamente, a sus tributarios, el Ramis, Coata e Ilave en su conjunto representan el 55% del volumen de aporte superficial al Lago. La utilización del total de su volumen de aporte determinaría grandes trastornos en la ecología y el medio ambiente de la cuenca en general.

- En cuanto a la batimetría se puede deducir la sencibilidad del Lago pequeño en cualquier futuro proyecto de aprovechamiento o alteración del sistema Hídrico del Lago. Puesto que por su baja profundidad se hace frágil a cualquier cambio.

Llama la atención en cuanto a los registros de variaciones de nivel por su poca información, siendo la más representativa la Estación Puno en el Lago mayor y la Estación Guaquí en el Lago menor.

Es de suma importancia el conocimiento de la relación exacta de niveles del Lago - Área del espejo de agua. Niveles - del Lago - Volumen. Puesto que es vital el conocimiento de la superficie evaporante para la determinación de la precipitación, causa que este efecto produce.

- De las curvas de fluctuaciones de niveles del Lago se puede observar una tendencia general de subida del nivel, lo que nos determina un constante almacenamiento anual que aporta al volumen del Lago. Representándonos el 4.6% del volumen de entrada determinando una lámina promedio anual de 92 mm.

El volumen de infiltración cuantificado, mediante el Balance de Cloro, efectuado por Carmouze y Aquize nos determinó para el periodo 1968 - 1982 un volumen de $1660 \times 10^6 \text{ m}^3$ representando el 9.5% de los aportes al Lago formando una lámina promedio de 191 mm.

- En cuanto al volumen efluente, por el río Desaguadero, se pudo determinar su record de registro 56 - 80 presentando una anomalía de tres meses durante tres años se determinó que el Desaguadero cumplió el papel de afluente, sin embargo por la poca trascendencia consideramos el Desaguadero como el efluente del Lago.

El volumen medio de pérdidas por el Desaguadero es de $391 \times 10^6 \text{ m}^3$ lo que nos representa un 2.2% de aporte al Lago con un caudal medio anual $12.38 \text{ m}^3/\text{seg}$.

- En general se pudo cuantificar todas las variables intervinientes del Balance del Lago en base a una información confiable y actualizada de sus componentes. Además de permitir

nos la identificación de las necesidades y deficiencias de la red de estaciones. Es pues el primer paso para conocer y establecer un modelo que permita determinar el grado de interdependencia de los parámetros entre si, puesto que su elaboración es esencial para una futura utilización de las aguas del Lago o de sus tributarios .

- De las conclusiones del proyecto se recomienda en primer lugar la necesaria coordinación y uniformación en cuanto a las redes hidrométricas y al intercambio de la información para una identificación conjunta de las diferentes ideas de aprovechamiento hidrometeorológico, que redundará en el desarrollo y aprovechamiento de Bolivia y Peru.
- La conformación de un organismo que tenga la finalidad de la recopilación de antecedentes, estudios, informes y resoluciones relativos a el Lago o en general a la Cuenca endorreica en su conjunto, organismo tal que haciendo una evaluación de la información obtenida pueda realizar estudios más discretizados en el tiempo con vistas al conocimiento del comportamiento estacional
- Es de suma importancia la capacitación de todo el personal encargado en la obtención y procesamiento de la información puesto que por más de la existencia de una alta densidad o sofisticación de la red estacional, no trascendería sin el factor humano.
- Además se debe institucionalizar los servicios regionales de inspección, calibración y ajuste periódico de los instrumentos.
- En cuanto al tipo de estaciones las más recomendables son las de transmisión en tiempo real (automáticas) para un manejo adecuado y un óptimo aprovechamiento de la Cuenca.
- Puntualmente en el sector Boliviano es imprescindible la implementación de las estaciones localizadas en las regio-

nes de Puerto Acosta, Escoma, Ancoraimes y Chahuaya por la proximidad de la cordillera al Lago.

- Es de suma importancia el estudio específico del parámetro de evaporación por lo cual se recomienda la instalación o equipamiento de estaciones evaporimétricas localizandolas en las islas más importantes y al contorno del Lago. Se debe realizar estudios especificas en cuanto a la adaptabilidad de fórmulas y metodologias para las condiciones del medio.
- En cuanto a fluvimetria se recomiendan la prosecución de los aforos de los ríos que aportan sus aguas al Lago, en especial en el sector Peruano donde se tiene entendido que se esta dejando de ejercer un control de caudales desde el año 1980. En cuanto al sector Boliviano es imprescindible la elaboración de aforo y determinación de secciones para la utilización de las lecturas limnimétricas existentes.
- Se recomienda además la elaboración de Balances hídricos periodicos que complementen este proyecto para darle carácter de estudio final.
- La información batimétrica disponible data del año 1976 por lo que se recomienda la actualización del mismo para observar los cambios en el lecho producidos en el tiempo y poder de esa manera tener una idea aproximada del grado de degradación de las cuencas de aporte.
- Para desarrollar un estudio global de la precipitación convectiva se deberá contar con radares que permitan cuantificar en forma más exacta el volumen de precipitación sobre el Lago.

APENDICE A

A.1 ANALISIS DE LA CONSISTENCIA DE UN REGISTRO PLUVIOMETRICO Y AJUSTE DE LAS ESTADISTICAS.

El primer paso que debe realizarse al efectuar la evaluación espacial de la precipitación es verificar que el período de la estadística pluviométrica que se va a utilizar es consistente, o sea, que la estación haya sido observada durante dicho período de la misma forma, con el mismo criterio y que su instalación no haya sufrido variaciones de ningún tipo.

Para esta verificación se recomienda que el método de la curva doble acumuladas o de doble acumulación (CDA).

Este método debe ser aplicado en toda región con precipitación homogénea, es decir que tiene un régimen pluviométrico semejante. Basicamente consiste en calcular un patrón de precipitaciones anuales (PPA) como el promedio de las precipitaciones anuales de un conjunto de estadísticas pluviométricas que se consideran zonas mejores y mas largas de la región. Este PPA se acumula año a año obteniéndose una serie de valores anuales acumulados. Comparando con este PPA acumulado las precipitaciones anuales acumuladas de una estación X y llevando los pares de valores (PPA, P_X) a un gráfico, los puntos que daran alineados si la estación X ha sido bien observada lo que indicaría que su estadística es consistente. Si se produce un quiebre a partir de un determinado año, la estadística de la estación X no es consistente y debe corregirse.

Para el cálculo del patrón de precipitaciones anuales (PPA) la metodología a seguir es la siguiente:

- a) Entre todas las estadísticas de la región se seleccionan aquellas que tienen un registro más largo y que se consideran mejor observadas, aplicándole a cada una el método de las CDA, como se indica a continuación.
- b) Para cada año se calcula el promedio de las precipitaciones anuales de cada estación, o sea:

siendo:
$$PPA = \frac{1}{N} \sum P_x$$

PPA = Patrón de precipitaciones de un año

P_x = Precipitación anual de la estación X

N = Número de estaciones

- c) Posteriormente los valores anuales de PPA y de las estaciones se acumulan cronológicamente, a partir del año más antiguo o más nuevo, obteniéndose el siguiente cuadro.

Año	P_1	P_2	---	P_N	PPA	P_1	P_2	---	P_N	PPA

- d) En un gráfico se lleva en el eje de abscisas los valores de $\sum PPA$ y en el de ordenadas los de $\sum P_i$ de la estación X (Fig. A 1-1)
- e) Si los puntos presentan una sola tendencia, o sea se puede trazar por ellos una recta sin quiebres, quiere decir

que la estadística de la estación X es consistente

- f) Si los puntos presentan numerosos quiebres o mucha dispersión, la estadística no es consistente y se elimina del PPA.
- g) Con las estadísticas seleccionadas se calcula un nuevo PPA y se repite el proceso a partir de b).
- h) Si una estadística presenta varias tendencias, o sea, tiene varios quiebres, en general se supone que el último período es el mejor observado, ya que la técnica de observación y los instrumentos deben mejorar con el tiempo, o bien que representa la tendencia actual y futura, por lo tanto es la válida, caso de la Figura A 1-2 Sin embargo, deberá analizarse cada caso por separado, pues ocurre que en algunas estaciones el último período no es representativo por descalibración del instrumento o problemas de observación.

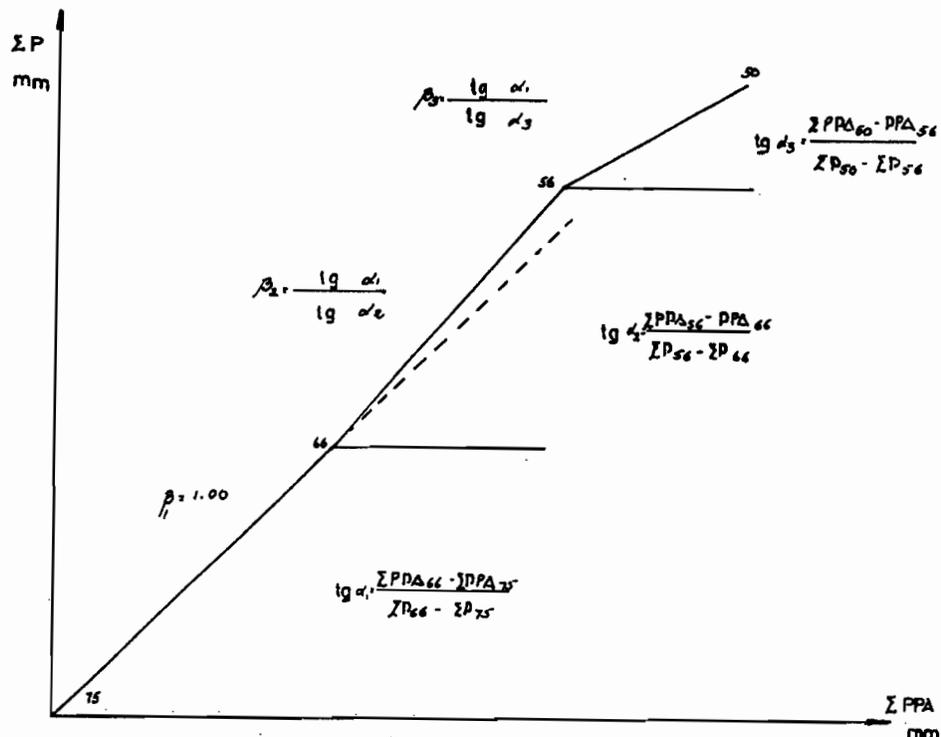


Fig. A 1-2 Curva doble acumulada

- i) Las precipitaciones de los períodos que tienen diferente pendiente que la del último período, se ajustan multiplicándolas por el factor

$$\beta_i = \frac{t_g \alpha_1}{t_g \alpha_i}$$

- j) Con las estadísticas ajustadas se repite el proceso b) - e), para asegurarse que los ajustes han sido bien efectuados, con lo cual se acepta como bueno este PPA.

Para la verificación de la consistencia de las estadísticas pluviométricas de una región meteorológicamente homogénea, se compara cada una de ellas, por el método de las CDA con el PPA, ajustándose aquellas que no sean consistentes.

Al decidir aplicar este método, deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones de orden práctico:

- Cuando a una estadística larga le falten algunos valores intermedios, con el fin de no desecharla y aplicarle este método, se sugiere rellenarla de acuerdo a lo indicado en el Apéndice A-2.
- el cambio de pendiente debe estar bien definido y determinado, al menos, por un período de 5 años consecutivos ya que generalmente los puntos presentan suaves ondulaciones respecto a la tendencia media, debido a las dispersiones lógicas que se producen en este tipo de observaciones.
- en zonas montañosas este método puede utilizarse con cautela, por la gran influencia que ejerce el efecto orográfico, basándose en investigaciones previas.

A.2. ESTUDIO ESTADISTICO, AMPLIACION Y RELLENO DE LAS SERIES PLUVIOMETRICAS.

De acuerdo a los datos disponibles, se determinaron los siguientes parámetros estadísticos que caracterizan una serie

- Sea \bar{X} el valor medio o promedio aritmético de una serie de N mediciones, (realizadas en iguales condiciones).
Donde \bar{X} es el valor más probable, es decir es el valor que más se acerca al valor verdadero de la magnitud X que se está midiendo.
- Sea $\sqrt{\quad}$ "desviación típica" que nos determina las fluctuaciones de las observaciones en torno al valor central, y viene dada por:

$$\sqrt{\frac{(X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

Para series ≥ 30 años

$$\sqrt{\frac{(X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$$

Para series < 30 años

donde:

X_i = valores de la serie de datos

N = número total de datos

- Sea E error del valor medio, donde:

$$E = \frac{\sqrt{\quad}}{\sqrt{N-1}}$$

para series ≥ 30 años

$$E = \frac{\sqrt{\quad}}{\sqrt{N}}$$

para series < 30 años

En realidad, el valor E no es el error máximo que se po -

dría cometer, sino que tiene una interpretación probabilística; es decir, al medir la magnitud X, hay una probabilidad de 0.67 de que el valor obtenido se encuentre en el intervalo

$$\bar{X}-E \leq X_i \leq \bar{X}+E$$

- Sea Cv coeficiente de variación, el cual nos traduce la dispersión de las observaciones, pudiendo ser traducido como:

$$Cv = \frac{\sqrt{V}}{\bar{X}}$$

Con la finalidad que en el Balance Hidrico intervenga el mayor número de registros pluviométricos, para la ampliación de las estadísticas incompletas dentro del período considerado se procedió, en base a los valores primitivos y ajustados de las estaciones de más largo período de registro a la correlación lineal anual y posterior regresión de los datos faltantes.

Para la correlación lineal se entiende que la suma de cuadrados de distancias a la recta de correlacion sea minima, siendo la ecuacion de correlacion:

$$Y - \bar{Y} = m (X - \bar{X})$$

$$\text{con: } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} ; \quad \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N}$$

$$\sqrt{XY} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{N}$$

Como el coeficiente de correlacion r se tiene $r = \frac{\sqrt{XY}}{\sqrt{V_x} \sqrt{V_y}}$

Con la ecuacion caracteristica:

$$\lambda^2 - m \lambda (\sqrt{V_x}^2 + \sqrt{V_y}^2 + m^2 (\sqrt{V_x}^2 \sqrt{V_y}^2 - \sqrt{XY}^2)) = 0$$

$$\text{con } m = \frac{n \lambda_2 - \sqrt{x^2}}{\sqrt{xy}} = \frac{\sqrt{xy}}{n \lambda_1 - \sqrt{y^2}} \quad \lambda_2 > \lambda_1 > 0$$

Será más fuerte la correlación entre las variables, cuando menor sea la distribución de la masa muestral y en forma de eclipse achatada en torno a la dirección de la mínima varianza recidual. En caso que toda la masa muestral este sobre la recta de regresión relativa a las variables normalizadas, la relación entre ambas variables es máxima y el coeficiente de correlacion vale:

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 = +1$$

determinando la maxima correlacion posible

Por lo contrario si toda la masa se distribuye a lo largo de $Y = -X$ a valores altos de una variable le corresponde valores inferiores a la media en la otra y viceversa; decimos entonces que la correlación es negativa. El máximo de la misma se da cuando toda la masa está en coincidencia con la recta $Y = -X$, valiendo el coeficiente de correlacion.

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i (-x_i) = -1$$

Si la distribución de la masa de probabilidad en torno a la media es diferente, es decir si a valores altos, bajos o medios la masa se situa en forma homogénea alrededor de la media y los productos XY tienen igual probabilidad de ser positivos o negativos, su suma sera nula y por lo tanto

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i = 0$$

De lo que se deduce que el coeficiente de correlación -- (Pearson) esta definido en el intervalo $(-1, +1)$ dado el grado de relación existente entre ambas variables.

A.3 EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACIÓN.-

Tomando en cuenta los siguientes conceptos:

Evaporación (E)

Es la cantidad de agua que debido a un proceso se transforma en vapor. Al tratar la evaporación se considerará la que se produce desde una superficie libre de agua, como lagos, embalses y pantanos.

Transpiración (T)

Es la cantidad de agua que por un proceso biológico es devuelta a la atmósfera por las plantas a través de las hojas y agua que las raíces extraen del suelo para el desarrollo y vida de los vegetales.

Evapotranspiración (ET)

Es la suma de la cantidad de agua que pasa a la atmósfera por los procesos de evaporación del agua interceptada por el suelo y de la transpiración de las plantas.

Poder evaporante de la atmósfera

Es la evaporación que se produce cuando la posibilidad del proceso es permanente, o sea, depende de las condiciones meteorológicas existentes.

Evapotranspiración potencial (ETP)

Es la cantidad de agua que si estuviera disponible, sería evapotranspirada desde una superficie dada.

Evapotranspiración real (ETR)

Es la cantidad de agua que realmente pasa a la atmósfera por el proceso de evapotranspiración. Su valor máximo sería la evapotranspiración potencial.

Para el Balance Hídrico de la Cuenca endorreica del Lago Titicaca se estimarán la evaporación del Lago y la evapotranspiración real en la Cuenca de drenaje.

FORMULA DE THORNTHWAITE Y MATHER (1955)

Consiste en calcular para cada mes la evapotranspiración potencial y a partir de su suma calcular el valor anual. Tiene la ventaja de utilizar en sus cálculos dos factores: la temperatura media mensual y la latitud, que implícitamente introduce la duración teórica de la insolación y tiene como desventaja no tomar en cuenta la humedad del aire.

Para aplicar la fórmula se siguen los siguientes pasos:

- a) Calcular mes a mes un índice termico "i" a partir de la expresión:

$$i = \left(\frac{\theta}{5} \right)^{1,514}$$

siendo:

θ = Temperatura media mensual en °C

En el cuadro A.3.1, se presentan los índices de i

- b) Sumar los 12 índices termicos i, para obtener un índice anual, cuya expresión es:

$$I = \sum_{1}^{12} i$$

- c) La evapotranspiración potencial no corregida de cada mes está dada por la expresión

$$ETP'_m = c \theta^a$$

donde los coeficientes "c" y "a" son los mismos para cada mes y vienen dados en función del índice anual I por las expresiones:

0	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
0	-	-	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
1	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23
2	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,42	0,44
3	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58	0,61	0,63	0,66	0,69
4	0,71	0,74	0,77	0,80	0,82	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97
5	1,00	1,03	1,06	1,09	1,12	1,16	1,19	1,22	1,25	1,29
6	1,32	1,35	1,39	1,42	1,45	1,49	1,52	1,56	1,59	1,63
7	1,66	1,70	1,74	1,77	1,81	1,85	1,89	1,92	1,96	2,00
8	2,04	2,08	2,12	2,15	2,19	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39
9	2,44	2,48	2,52	2,56	2,60	2,64	2,69	2,73	2,77	2,81
10	2,86	2,90	2,94	2,99	3,03	3,08	3,12	3,16	3,21	3,25
11	3,30	3,34	3,39	3,44	3,48	3,53	3,58	3,62	3,67	3,72
12	3,76	3,81	3,86	3,91	3,96	4,00	4,05	4,10	4,15	4,20
13	4,25	4,30	4,35	4,40	4,45	4,50	4,55	4,60	4,65	4,70
14	4,75	4,81	4,86	4,91	4,96	5,01	5,06	5,12	5,17	5,22
15	5,23	5,33	5,38	5,44	5,49	5,55	5,60	5,65	5,71	5,76
16	5,82	5,87	5,93	5,98	6,04	6,10	6,15	6,21	6,26	6,32
17	6,38	6,44	6,49	6,55	6,61	6,66	6,71	6,78	6,84	6,90
18	6,95	7,01	7,07	7,13	7,19	7,25	7,31	7,37	7,43	7,49
19	7,55	7,61	7,67	7,73	7,79	7,85	7,91	7,97	8,03	8,10
20	8,16	8,22	8,28	8,34	8,41	8,47	8,53	8,59	8,66	8,72
21	8,78	8,85	8,91	8,97	9,04	9,10	9,17	9,23	9,29	9,36
22	9,42	9,49	9,55	9,62	9,68	9,75	9,82	9,88	9,95	10,01
23	10,08	10,15	10,21	10,28	10,35	10,41	10,48	10,55	10,62	10,68
24	10,75	10,82	10,89	10,95	11,02	11,09	11,16	11,23	11,30	11,37
25	11,44	11,50	11,57	11,64	11,71	11,78	11,85	11,92	11,99	12,06
26	12,13	12,21	12,28	12,35	12,42	12,49	12,56	12,63	12,70	12,78
27	12,85	12,92	12,99	13,07	13,14	13,21	13,28	13,36	13,43	13,50
28	13,58	13,65	13,72	13,80	13,87	13,94	14,04	14,09	14,17	14,24
29	14,32	14,39	14,47	14,54	14,62	14,69	14,77	14,84	14,92	14,99
30	15,07	15,15	15,22	15,30	15,38	15,45	15,53	15,61	15,68	15,77
31	15,84	15,92	15,99	16,07	16,15	16,23	16,30	16,38	16,46	16,54
32	16,62	16,70	16,78	16,85	16,93	17,01	17,09	17,17	17,25	17,33
33	17,41	17,49	17,57	17,65	17,73	17,81	17,89	17,97	18,05	18,13
34	18,22	18,30	18,38	18,46	18,54	18,62	18,70	18,79	18,87	18,95
35	19,03	19,11	19,20	19,28	19,36	19,45	19,53	19,61	19,69	19,78
36	19,86	19,95	20,03	20,11	20,20	20,28	20,36	20,45	20,53	20,62
37	20,70	20,79	20,87	20,96	21,04	21,13	21,21	21,30	21,38	21,47
38	21,56	21,64	21,73	21,81	21,90	21,99	22,07	22,16	22,25	22,33
39	22,42	22,51	22,59	22,68	22,77	22,86	22,95	23,03	23,12	23,21
40	23,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Cuadro A.3.1 Indices de calor i

$$a = 675 \times 10^{-9} T^3 - 771 \times 10^{-7} T^2 + 1,79 \times 10^{-2} T + 0,492$$

$$c = 1,6 \left(\frac{10}{I} \right)^a$$

- d) Para obtener los valores corregidos de la evapotranspiración se afectan los valores mensuales ETP'_m por un coeficiente de corrección K , que tiene en cuenta la latitud, o sea, la duración de la insolación teórica y del número de días de cada mes

$$\text{Para cada mes tendremos que: } ETP_m = K ETP'_m$$

En el Cuadro A.3.2 se incluyen los valores K .

- e) La evapotranspiración anual será igual a la suma de los valores mensuales, o sea:

$$ETP = \sum_{1}^{12} ETP_m$$

Para obtener la evapotranspiración real (ETR), que servirá para calcular el balance hídrico, se establecen ciertas hipótesis, basadas en efectuar el balance mes a mes.

Las hipótesis son:

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

$$ETR = ETP_m$$

$$AH = P_m - ETP_m$$

El excedente AH se almacena como humedad del suelo aumentando ésta hasta la saturación del suelo, que Thornthwaite considero 100mm, cifra que debe adaptarse a cada caso en particular.

LATITUD		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
HEM. NORTE	50°	0,74	0,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,35	1,06	0,92	0,76	0,70
	45°	0,80	0,80	1,02	1,13	1,28	1,29	1,31	1,21	1,04	0,94	0,79	0,75
	40°	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
	35°	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
	30°	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
	25°	0,93	0,89	1,03	1,06	1,15	1,14	1,17	1,12	1,02	0,99	0,91	0,91
	20°	0,95	0,90	1,03	1,05	1,13	1,11	1,14	1,11	1,02	1,00	0,93	0,94
	15°	0,97	0,91	1,03	1,04	1,11	1,08	1,12	1,08	1,02	1,01	0,95	0,97
	10°	0,98	0,91	1,03	1,03	1,08	1,06	1,08	1,07	1,02	1,02	0,98	0,99
	5°	1,00	0,93	1,03	1,02	1,06	1,03	1,06	1,05	1,01	1,03	0,99	1,02
0°	1,02	0,94	1,04	1,01	1,01	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	
HEM. SUR	5°	1,04	0,95	1,04	1,00	1,02	0,99	1,02	1,03	1,00	1,05	1,03	1,06
	10°	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10
	15°	1,12	0,98	1,05	0,98	0,98	0,94	0,97	1,00	1,00	1,07	1,07	1,12
	20°	1,14	1,00	1,05	0,97	0,96	0,91	0,95	0,99	1,00	1,08	1,09	1,15
	25°	1,17	1,01	1,05	0,96	0,94	0,88	0,93	0,98	1,00	1,10	1,11	1,18
	30°	1,20	1,03	1,06	0,95	0,92	0,85	0,90	0,96	1,00	1,12	1,14	1,21
	35°	1,23	1,04	1,06	0,94	0,89	0,82	0,87	0,94	1,00	1,13	1,17	1,25
	40°	1,27	1,06	1,07	0,93	0,86	0,78	0,84	0,92	1,00	1,15	1,20	1,29
	45°	1,31	1,10	1,07	0,91	0,81	0,71	0,78	0,90	0,99	1,17	1,26	1,36
	50°	1,37	1,12	1,08	0,89	0,77	0,67	0,74	0,88	0,99	1,19	1,29	1,41

Cuadro A.3.2 Duración media de las horas de sol expresada en unidades de 30 días con 12 horas de sol cada una.

El excedente de los 100mm, o sea $H - 100$, esta disponible para el escurrimiento y alimentacion subterránea.

b) Si la precipitación P_m es inferior a ETP_m , la evapotranspiracion real (ETR) es la suma de P_m y de parte o toda la reserva de agua del suelo, suponiendo

i) si la reserva de humedad del suelo es grande entonces:

$$ETR_m = ETP_m$$

y las reservas del suelo se reducen en

$$H = ETP_m - P_m$$

ii) si la reserva de humedad del suelo es insuficiente para satisfacer la ETP, entonces la ETR sera menor a ésta e igual a P_m mas la humedad disponible AH, o sea:

$$ETR_m = P_m + AH$$

A.4 BALANCES HIDRICOS SEGUN LOS ANTECEDENTES EXISTENTES

La forma como se calculará el balance hídrico de una cuenca dependerá de los antecedentes existentes o sea de los controles que en ella se efectuen.

El panorama que generalmente se presenta es que una cuenca sea controlada fluviométricamente y pluviométricamente.

Siendo la escorrentía el componente que se mide con más precisión para el cálculo del balance hídrico se podrán subdividir las cuencas en dos clases: las que tienen control fluviométrico y las que no lo tienen. Cada una de ellas se subdividirá según tenga o no controles que midan los otros parámetros.

En resumen se tiene:

- i) Cuencas con control fluviométrico
 - cuencas con antecedentes de R, P y ETR
 - cuencas con antecedentes de R y P
 - cuencas con antecedentes de R solamente
- ii) Cuencas sin control fluviométrico
 - cuencas con antecedentes de P y ETR
 - cuencas con antecedentes de P solamente
- iii) Cuencas sin antecedentes de R, P y ETR

Además de estos casos se analizan cuencas con parte importante de su area cubierta por las aguas.

1.- Cuencas con control fluviométrico

Se consideran cuencas con control fluviométrico aquellas en las cuales se puede determinar, R, utilizando estadísticas observadas o ampliadas.

- 1.1 Cuencas con antecedentes de escorrentia, precipitacion y evapotranspiracion real

Al calcular separadamente cada uno de los parámetros P, R y ETR se tendrá la ecuación

$$P = R + ETR + n \text{ en mm}$$

Los valores de P y ETR se obtendrán a partir de los mapas de isoyetas y de isolíneas de evapotranspiración real. Así:

$$R = (P - ETR) + n$$

De acuerdo a lo expresado anteriormente el valor de R es el más confiable, luego no se corregirá y por lo tanto el término correctivo deberá repartirse entre P y ETR, lo que equivale a modificar el trazado de los mapas de isoyetas, de isotermas y de isolíneas de evapotranspiración. Esta corrección se efectuará después de una detallada investigación de los posibles factores no considerados.

En las zonas planas y donde el valor P se puede suponer no está afectado por condiciones meteorológicas particulares se podrá calcular un ETR como

$$ETR_c = P - R$$

Denominando ETR_m a la evapotranspiración real obtenida a partir del mapa de isolíneas se tendrá que:

$$ETR_c - ETR_m = n$$

si n es pequeño se modifica el mapa de isolíneas de ETR y si es grande se revisa el trazado de los mapas de isolíneas de P, R y ETR.

En las zonas montañosas frecuentemente ocurre que

$$R > P$$

lo que indica que P está subestimado, debido, generalmente a que el efecto orográfico es superior a lo supuesto.

En este caso aparece como mas conveniente estimar el parámetro ETR y calcular P, en forma aproximada, como

$$P = R + ETR \quad (1)$$

El estimar ETR se justifica porque la función $ETR = (P, \theta)$ varia poco al modificar θ en un valor $A\theta$, y el valor θ se puede estimar sin gran error. El problema queda reducido a calcular P por aproximaciones sucesivas de forma que se cumpla la ecuación (1), lo que -- obliga a modificar paulatinamente el trazado de las isoyetas.

1.2 Cuencas con antecedentes de escorrentia y precipitación

Se presenta en cuencas donde no existen antecedentes de temperatura para realizar el trazado del mapa de isothermas que permita trazar el de isoíneas de evapotranspiración.

En este caso se calculará un

$$ETR_c = P - R$$

este valor de ETR debe ser compatible con R, P y una temperatura θ que debe estimarse de acuerdo al conocimiento que se tenga de la cuenca.

Denominando ETR_t a la evapotranspiración calculada utilizando una formula teórica, se tendrá que:

$$ETR_c = ETR_t \pm A$$

Si $A = 0$ se adoptará ETR_c como valor real.

Si $A \neq 0$, o ETR es negativo, se adoptará un criterio análogo al caso de la zona montañosa del punto anterior.

1.3 Cuencas con antecedentes de escorrentía solamente

En este caso se tiene que:

$$R = P - ETR \quad (2)$$

siendo P y ETR incognitas.

Para resolverlo es recomendable estimar el parámetro θ y calcular el valor de ETR y P de forma que sean compatibles con la ecuación (2) y con θ .

2.- Cuencas sin control fluviométrico

Son cuencas en las cuales no se puede calcular en forma directa el parametro R.

Se pueden presentar dos casos.

2.1 Cuencas con antecedentes de precipitación y evapotranspiración real

En este caso se tendra que:

$$R = P - ETR$$

Ahora bien, como la estimación de P y ETR puede estar afecta de errores, especialmente en las zonas montanosas, es conveniente comparar el valor de R con el de cuencas cercanas o análogas para verificar que su valor sea logicc.

2.2 Cuencas con antecedentes de precipitación solamente

Se puede operar de dos formas:

- en el caso que pueda estimarse el valor de θ por analogía con cuencas cercanas se calcularía ETR presentandose el caso anterior
- Se considerará que en la cuenca en estudio existe una relación R - (P) análoga a la obtenida en cuencas --

cercanas que tengan características fisiográficas parecidas. En este caso el trazado de las isolíneas se ra aproximado pero verificandose que:

$$P = R + ETR$$

y cuidando que en los mapas de isolíneas éstas se --
unan con las isolíneas analogas de cuencas vecinas.

3.- Cuencas sin antecedentes de escorrentía, precipitación y evapotranspiración real

Para solucionar este caso es conveniente conocer, aunque sea en forma aproximada, las características fisiográficas de la cuenca y tener una idea de su climatología de forma que pueda determinarse su similitud con cuencas --
cercanas o analogas, aunque sea en forma aproximada.

La forma de estimar los parametros que intervienen en el balance hídrico pueden ser varios, todos ellos afectos a errores dificiles de cuantificar.

Una posibilidad seria estimar los valores de P, R y ETR iguales a los de una cuenca conocida y que se supone si-
milar, siendo dificil el trazado de los mapas de isolí--
neas.

Para determinar la similitud de cuencas deben considerar
se aspectos fisiográficos tales como: orografía, geolo--
gía suelos vegetación; aspectos hidrográficos como densi
dad de la red de drenajes y régimen de los rios; aspec--
tos morfométricos tales como area de drenaje y pendiente;
ubicación geográfica, latitud, longitud y altitud; y --
otras características que se consideran utiles.

También son de gran utilidad las técnicas de interpreta-
ción de fotografías aéreas, imagenes de radar y de saté-
lites

En el caso del radar, cuando esta calibrado para una zona o cuenca, sirve con gran éxito para otras cuencas que se encuentran en su area de cobertura.

En el caso del satélite, aun cuando no se ha empleado -- completamente para fines de balance hídrico, se tiene un potencial indiscutible por su cobertura (un satélite cubre toda la América del Sur), especialmente para estas cuencas sin antecedentes. Análogamente, el uso de sensores remotos se presenta como un medio de gran potencial en la estimación de precipitaciones, sobre todo en sistemas de nubes convectivas, en los cuales ya ha sido utilizado. También puede calcularse con una precisión adecuada en los casos considerados en esta Guía, la radiación incidente. Otra información que pueden proporcionar los satélites es la temperatura de la superficie terrestre -- asi como información de gran interés para el cálculo del balance hídrico aerológico, por ejemplo, los radiosondeos. Estas informaciones, integradas a las mencionadas anteriormente, pueden contribuir a la elaboración de balances hídricos en estas cuencas sin antecedentes e --- igualmente a cuencas que tengan necesidad de otras fuentes de datos.

En algunos países se ha aplicado el método de L.R. Holdrige (ONERN 1980) que es un método indirecto basado en definir satélicamente en mapas de escala 1:200.000 areas homogéneas. De esta forma se puede obtener una primera estimación de la escorrentía en cuencas no controladas -- aplicandoles el mismo coeficiente de escorrentía, K, obtenido en cuencas con antecedentes en la que se ha calculado la relación $\bar{E} = K\bar{P}$.

Otro método que puede ser utilizado es dibujar un mapa en el que la cuenca en estudio se encuentre rodeada de -- cuencas en las que se ha efectuado el balance hídrico y

por lo tanto se ha realizado en ellas el trazado de las isolíneas de P, R y ETR. En este caso se podrían unir las isolíneas de las cuencas estudiadas a través de la cuenca en estudio verificando la relación.

$$P = R + ETR$$

El trazado de las isolíneas se podrá realizar con más exactitud cuanto mejor sea el conocimiento de las características de la cuenca o región de acuerdo a la experiencia y conocimiento de ella.

4.- Cuencas con parte importante de su area cubierta por las aguas

En aquellas cuencas que poseen una gran superficie cubierta por las aguas de un embalse, lago o pantano, el balance hídrico puede quedar falseado si no se consideran separadamente la superficie no inundada y de la inundada.

Separando ambas se tiene que:

$$A_T = A_S + A_L$$

siendo:

A_T = Area total de la cuenca

A_S = Area de suelo no inundada

A_L = Area del lago, embalse o pantano

Se considerará que no hay aportes de cuencas vecinas y la regulación es cero.

Efectuando el balance hídrico en volumen se tendrá que:

$$P_S A_S + P_L A_L = V_D + ETR_S A_S + E_L A_L$$

siendo:

V_D = Volumen de agua que escurre superficialmente fuera de la cuenca

E_L = Evaporación desde el espejo de agua

B I B L I O G R A F I A

- "GEOLOGIA DE BOLIVIA"
Ahfeld - Branisa
245 p. Edit. Don Bosco
- "GEOLOGIA DE LA REGION NORTE DEL LAGO TITICACA"
Salomon Rivas
86 p. Servicio Geologico de Bolivia
- "GEOLOGY OF THE LAKE TITICACA REGION PERU AND BOLIVIA"
Newell N. D. --
Geol. Soc Am. Memoir 36
- "CIRCULACION DE MATERIA A TRAVES DEL SISTEMA FLUVIOLACUSTRE DEL ALTIPLANO"
Carmouze, Arce y Ochoa
ORSTOM ser Géol. vol IX, nº 1 1978
- "DIDROLOGIA DE LA CUENCA DEL RIO RAMIS"
Churata Salluca y Mamani Poma
Tesis UNTA, Puno Peru 143 p.
- "CARACTERIZACION HIDROLOGICA DE LA CUENCA DEL RIO YOTA"
Quispe Zapala y Anrique Amichu
Tesis UNTA, Puno Peru 143 p.
- "CARACTERIZACION HIDROLOGICA DE LA CUENCA DEL RIO ILAVE"
Tejada Carr
Tesis UNTA, Puno Peru 143 p.
- "GUTA METODOLOGICA PARA LA DETERMINACION DEL BALANCE HIDRICO DE AMBAS CUENCA"
Unesco - Puno

- "PERFIL ESQUEMATICO DEL CLIMA Y DE LA HIDROLOGIA EN BOLIVIA"
Garcia y Virapelta
- "GEOGRAFIA Y RECURSOS NATURALES DE BOLIVIA"
Ismael Montes de Oca
La Paz - 1982
- "MAPA ECOLOGICO DE BOLIVIA"
(memoria explicativa) Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios.
- "LISTA DE FAROS Y SENALES NAUTICAS"
Peru - Bolivia Hidronav
1° Edicion 1981
- "ESTUDIO DE LOS RECURSOS HIDRICOS DE MAULE ALTO"
L E N D E S A
Marzo 1973
- "TRATAMIENTO DE LA INFORMACION DE REDES PLUVIOMETRICAS PARA FINES HIDROLOGICOS"
Omar Abel Lucero
INCYTH
- "INGENIERIA DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS"
Linsley, R y J. Franzini
Edit. Continental S.A. 486 p.
- "HIDROLOGIA SUBTERRANEA"
E. Custodio - M. Llamas

M A P A S

La cartografía base utilizada para la confección de los distintos mapas, fué la carta preliminar de escala 1 : 1'000 000 del Instituto Geográfico Militar de Bolivia, además para la región del Perú en el sector Nor-Oeste, las cartas publicadas por Usaf Aeronautical Chart and Information Center.

Los mapas de isolíneas de los parámetros estudiados y el de curvas de nivel se efectuaron a escala 1:1'000 000, se incluyen los siguientes mapas:

Mapa # 1.- Hidrográfico, división de unidades hidrológicas y caudales específicos.

Mapa # 2.- Curvas de nivel y ubicación de estaciones.
Se dibujaron las curvas de nivel con intervalos de 100, 250 y 500 metros.

Mapa # 3.- Isoyetas medias anuales.

Se incluyen las isoyetas medias anuales promedio del periodo 1963-1982 de: 500, 600, 700, 800, 1000 y 1200 mm de precipitación.

Se presenta además, las estaciones pluviométricas estudiadas con su respectiva precipitación promedio anual, dibujándose histograma de la variación mensual de la precipitación promedio comenzando en el mes de enero.

Mapa # 4.- Isotermas medias anuales.

Se incluye isothermas de 02, 32, 72, 82 y 92 °C.

Se presenta además, las estaciones pluviométricas utilizadas con su respectiva temperatura media promedio anual, dibujándose histogramas de temperatura mensual, comenzando en enero.

Mapa # 5.- Isolíneas de Evapotranspiración Real.

Se incluyen las isolíneas medias anuales promedio de Evapotranspiración real del período 1968-1992 de: 300, 400 y 500 mm de ETR. Se presenta además, las estaciones utilizadas para su determinación con su respectiva ETR promedio anual, dibujándose histogramas de la variación mensual de ETR promedio, comenzando en el mes de enero.

REPÚBLICA DE BOLIVIA

SENANHI

PHICAB

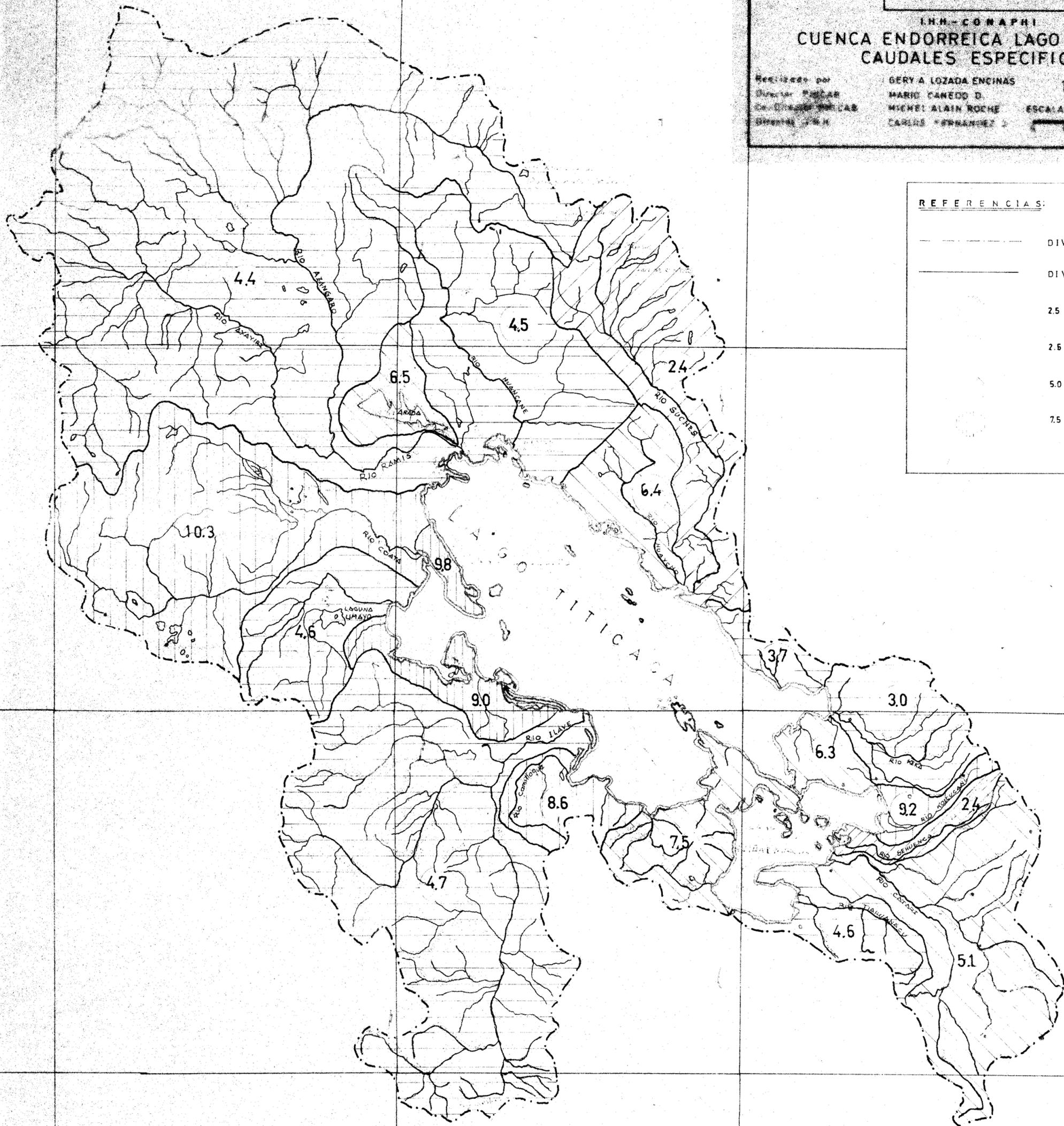
ORSTOM

INH-COMAFI
CUENCA ENDORREICA LAGO TITICACA
CAUDALES ESPECIFICOS

Realizado por: GERY A LOZADA ENCINAS 1968-1982
Director: PASCAR MARI CANEDO D.
Co-ordinador: MICHEL ALAIN ROCHE ESCALA: 1:500 000
Dibujante: CARLOS FERNANDEZ

REFERENCIAS:

- DIVISION DE CUENCA
- DIVISION DE SUBCUENCA
- 2.5 \leq q
- 2.5 \wedge q \leq 5.0
- 5.0 \wedge q \leq 7.5
- 7.5 \leq q (l/s/Km²)



BOLIVIA

SENAMHI

PHICAB

ORSTOM

I.H.H. - CONAPHI

CUENCA ENDORREICA LAGO TITICACA TOPOGRAFIA Y RED DE ESTACIONES

Realizado por

GERY A. LOZADA ENCINAS

1968 - 1982

Director PHICAB

MARIO CANEDO D.

Co-Director PHICAB

MICHEL ALAIN ROCHE

ESCALA: 1: 1.000.000

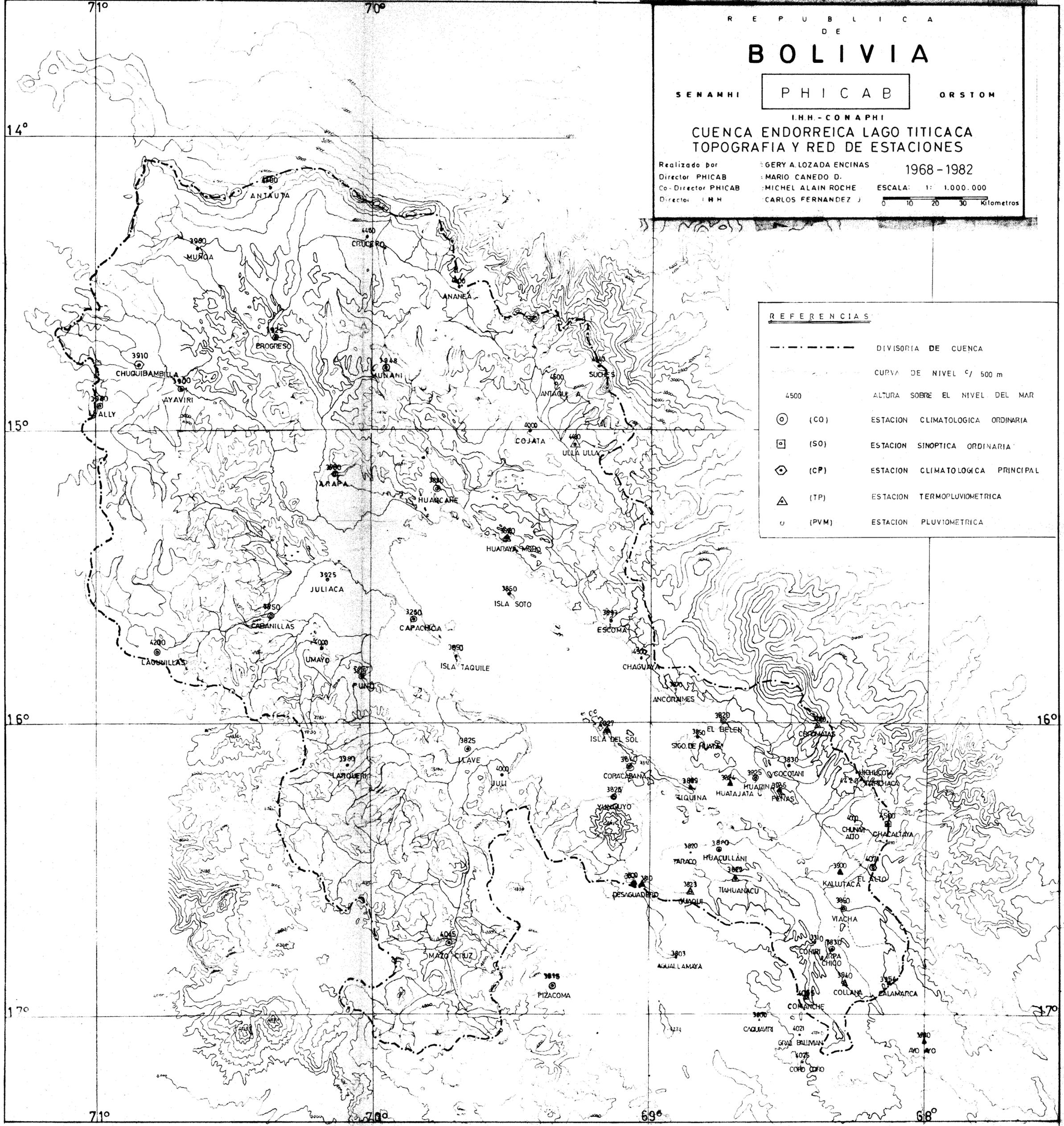
Director I.H.H.

CARLOS FERNANDEZ J

0 10 20 30 Kilometros

REFERENCIAS

---	DIVISORIA DE CUENCA
—	CURVA DE NIVEL 500 m
4500	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR
⊙ (CO)	ESTACION CLIMATOLOGICA ORDINARIA
⊠ (SO)	ESTACION SINOPTICA ORDINARIA
⊙ (CP)	ESTACION CLIMATOLOGICA PRINCIPAL
△ (TP)	ESTACION TERMOPLUVIOMETRICA
○ (PVM)	ESTACION PLUVIOMETRICA



BOLIVIA

SENAMHI

PHICAB

ORSTOM

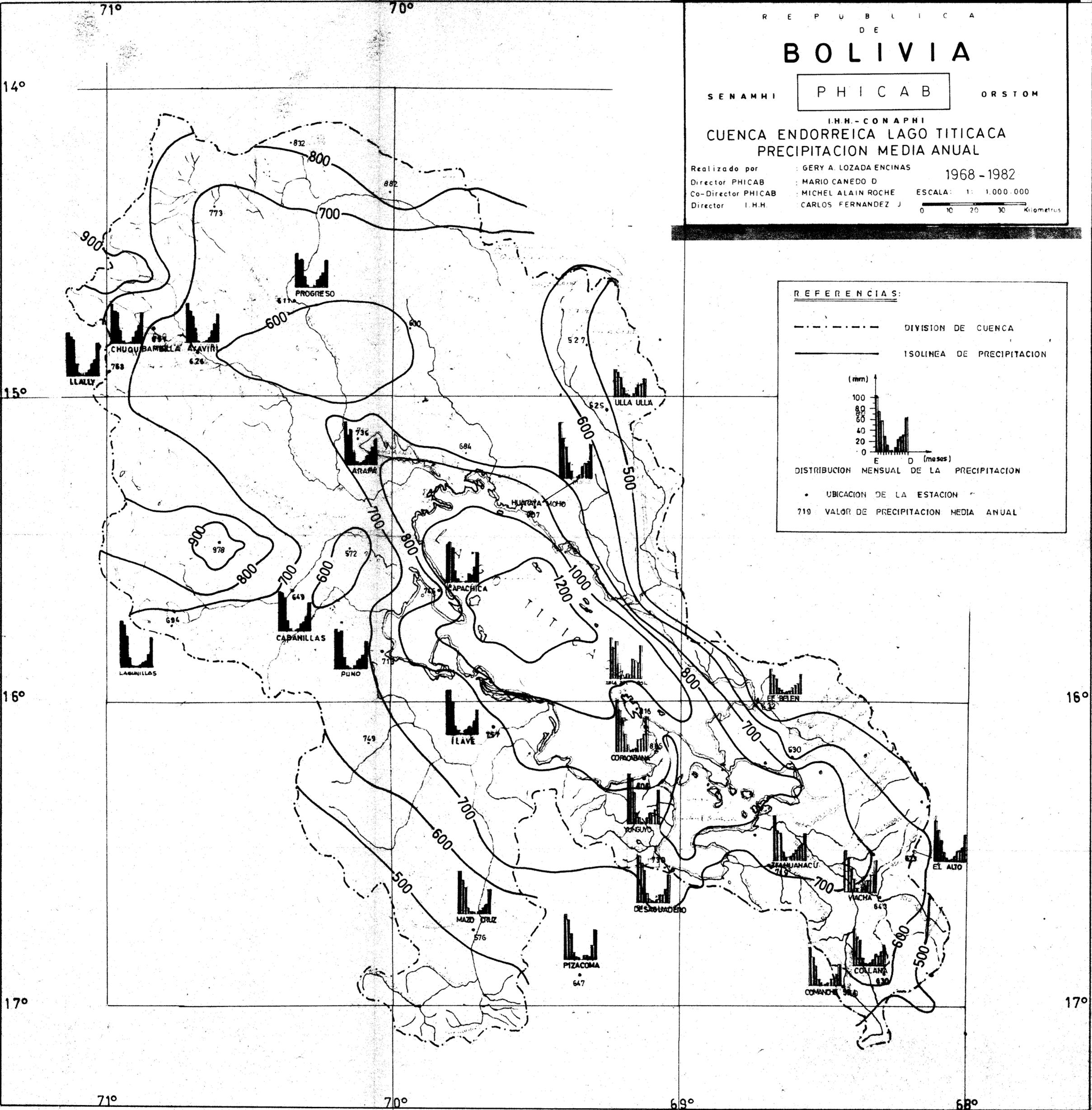
I.H.H. - CONAPHI

CUENCA ENDORREICA LAGO TITICACA PRECIPITACION MEDIA ANUAL

Realizado por : GERY A. LOZADA ENCINAS 1968 - 1982
 Director PHICAB : MARIO CANEDO D
 Co-Director PHICAB : MICHEL ALAIN ROCHE ESCALA: 1: 1.000.000
 Director I.H.H. : CARLOS FERNANDEZ J

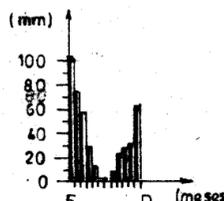
ESCALA: 1: 1.000.000

0 10 20 30 Kilometros



REFERENCIAS:

- DIVISION DE CUENCA
- ISOLINEA DE PRECIPITACION



DISTRIBUCION MENSUAL DE LA PRECIPITACION

• UBICACION DE LA ESTACION

710 VALOR DE PRECIPITACION MEDIA ANUAL

BOLIVIA

SENAMMI

PHICAB

ORSTOM

IHH-CONAPHI

CUENCA ENDORREICA LAGO TITICACA TEMPERATURA MEDIA ANUAL

Realizado por: GERY A LOZADA ENCINAS 1968-1982

Director PHICAB: MARIO CANEDO D.

Co-Director PHICAB: MICHEL ALAIN ROCHE

Director IHH: CARLOS FERNANDEZ J.

ESCALA 1:1 000 000

0 10 20 30 Kilometros

14°

15°

16°

17°

71°

70°

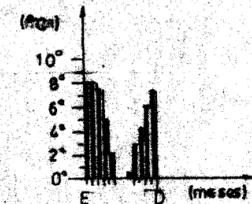
69°

68°



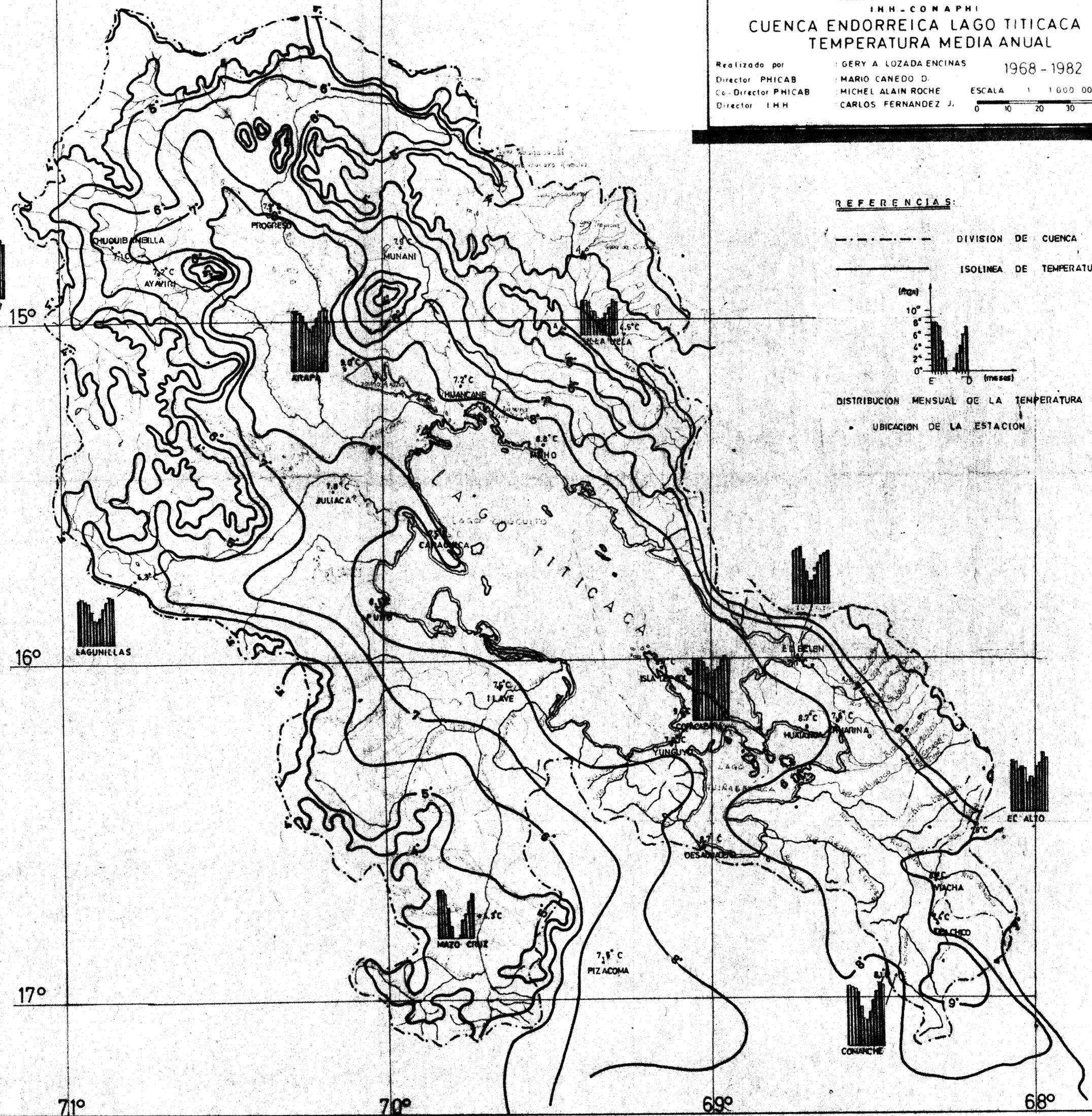
REFERENCIAS:

- - - - - DIVISION DE CUENCA
- ISOLINEA DE TEMPERATURA



DISTRIBUCION MENSUAL DE LA TEMPERATURA

• UBICACION DE LA ESTACION



BOLIVIA

SENAMHI

PHICAB

ORSTOM

I.H.H. - CONAFI

CUENCA ENDORREICA LAGO TITICACA EVAPOTRANSPIRACION REAL MEDIA ANUAL

Realizado por

GERY A. LOZADA ENCINAS

1968 - 1982

Director PHICAB

MARIO CANEDO D.

Co-Director PHICAB

MICHEL ALAIN ROCHE

ESCALA: 1: 1.000.000

Director I.H.H.

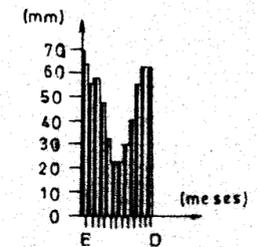
CARLOS FERNANDEZ J.

0 10 20 30 Kilometros

REFERENCIAS:

- DIVISION DE CUENCA
- ISOLINEA DE E.T.R.
- - - ISOLINEA DE EVAPORACION

DISTRIBUCION MENSUAL DE LA E.T.R.



- UBICACION DE ESTACION
- 57 VALOR E.T.R. MEDIA ANUAL

