



CONVENIOS ALA / 86 / 03 Y ALA / 87 / 23 - PERU Y BOLIVIA

**PLAN DIRECTOR GLOBAL BINACIONAL DE PROTECCION - PREVENCION DE  
INUNDACIONES Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS DEL LAGO  
TITICACA, RIO DESAGUADERO, LAGO POOPO Y LAGO SALAR DE COIPASA  
(SISTEMA T.D.P.S.)**

AUTORIDAD BINACIONAL LAGO TITICACA A.B.T.	
Nº Inv:	
Nº MFN:	1102
Nº Ejem:	
Adquirido por:	
Precio:	
Fecha:	14/03/87

**ESTUDIO DE CLIMATOLOGIA**

Julio 1993



CONVENIOS ALA / 86 / 03 Y ALA / 87 / 23 - PERU Y BOLIVIA

**PLAN DIRECTOR GLOBAL BINACIONAL DE PROTECCION - PREVENCION DE  
INUNDACIONES Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS DEL LAGO  
TITICACA, RIO DESAGUADERO, LAGO POOPO Y LAGO SALAR DE COIPASA  
(SISTEMA T.D.P.S.)**

AUTORIDAD EJECUTIVA DEL LAGO TITICACA	
Nº Inv:	
Nº MEN:	1102
Nº fjem:	
Adquirido por:	
Precio:	
Fecha:	14/03/87

**ESTUDIO DE CLIMATOLOGIA**

Julio 1993



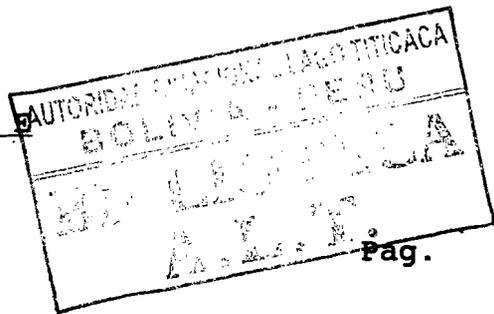
CONVENIOS ALA / 86 / 03 Y ALA / 87 / 23 - PERU Y BOLIVIA

**PLAN DIRECTOR GLOBAL BINACIONAL DE PROTECCION - PREVENCION DE  
INUNDACIONES Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS DEL LAGO  
TITICACA, RIO DESAGUADERO, LAGO POOPO Y LAGO SALAR DE COIPASA  
(SISTEMA T.D.P.S.)**

AUTORIDAD BINACIONAL LAGO TITICACA A.B.T.	
Nº Inv:	
Nº MFN:	1102
Nº Ejem:	
Adquirido por:	
Precio:	
Fecha:	14/03/87

**ESTUDIO DE CLIMATOLOGIA**

Julio 1993



## INTRODUCCION

0.	<u>AMBITO TERRITORIAL DEL ESTUDIO</u>	
1.	<u>GENERALIDADES</u>	1-1
2.	<u>CIRCULACION GENERAL DE LA ATMOSFERA</u>	2-1
2.1	LAS MASAS DE AIRE SOBRE AMERICA DEL SUR	2-1
2.2	LA OSCILACION Y LA VARIABILIDAD DE LA CIRCULACION ATMOSFERICA	2-2
2.2.1.	<u>Anomalia atmosférica: fenómeno de El Niño</u>	2-2
2.3.	LA CIRCULACION DE LAS MASAS DE AIRE SOBRE LA REGION ANDINA	2-4
3.	<u>EVALUACION METEOROLOGICA</u>	3-1
3.1	PRECIPITACION	3-1
3.1.1	<u>Introducción</u>	3-1
3.1.2	<u>Análisis de Consistencia y Homogeneidad de los registros</u>	3-2
3.1.2.1	Recopilación de datos	3-2
3.1.2.2	Contraste y Corrección	3-3
3.1.3	<u>Homogeneización de las series pluviométricas</u>	3-3
3.1.4	<u>Régimen de Precipitación Anual</u>	3-5
3.1.4.1	Número de días de precipitación	3-6
3.1.4.2	Años húmedos y secos	3-7
3.1.5	<u>Régimen de Precipitación Estacional</u>	3-8

3.1.6	<u>Análisis de precipitaciones extremas</u>	3-9
3.1.7	<u>Otras formas de Precipitación</u>	3-9
3.1.7.1	Número de días con granizo	3-9
3.1.7.2	Número de días con nieve	3-10
3.2	TEMPERATURA DEL AIRE	3-10
3.2.1	<u>Introducción</u>	3-10
3.2.2	<u>Régimen de Temperaturas Medias</u>	3-11
3.2.3	<u>Régimen de Temperaturas máximas promedio</u>	3-13
3.2.4	<u>Régimen de temperaturas mínimas promedio</u>	3-14
3.2.5	<u>Oscilación térmica</u>	3-15
3.2.6	<u>Análisis de las Heladas</u>	3-16
3.2.6.1	Origen de las Heladas	3-16
3.2.6.2	Días con heladas	3-17
3.2.6.3	Frecuencia de ocurrencia de heladas	3-18
3.2.6.4	Período libre de heladas	3-19
3.3	VIENTOS DE SUPERFICIE	3-20
3.3.1	<u>Introducción</u>	3-20
3.3.2	<u>Distribución de los Vientos</u>	3-21
3.4	HUMEDAD RELATIVA	3-24
3.5	PRESION ATMOSFERICA MEDIA	3-24
3.6	RADIACION E INSOLACION	3-24
3.6.1	<u>Introducción</u>	3-24
3.6.2	<u>Estimación de la Radiación Solar</u>	3-25
3.6.2.1	Correlación entre radiación global y duración de insolación	3-25
3.6.2.2	Balance radiativo de onda larga	3-26
3.6.3	<u>Radiación neta</u>	3-26

	Pag.	
3.7	EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (ETP)	3-27
3.7.1	<u>Introducción</u>	3-27
3.7.2	<u>Métodos</u>	3-28
3.7.2.1.	La fórmula de Thornthwaite	3-28
3.7.2.2.	La fórmula de Turc	3-28
3.7.2.3.	El método de Penman	3-29
3.7.3.	<u>Comparación de Fórmulas</u>	3-30
3.7.4.	<u>La fórmula de Penman y las medidas de la evaporación en un tanque tipo "A"</u>	3-31
3.7.5.	<u>Variaciones de la ETP en tiempo y espacio</u>	3-32
3.7.5.1.	Variación temporal	3-33
3.7.5.2.	Variación espacial	3-33
4.	<u>CARACTERISTICAS CLIMATICAS</u>	4-1
4.1	CLASIFICACION CLIMATICA	4-1
4.1.1	<u>Introducción</u>	4-1
4.1.2	<u>Sistema de clasificación</u>	4-1
4.1.3	<u>Descripción de los tipos de clima</u>	4-2
4.2	ANALISIS DE LA HELADA Y DE LA SEQUIA COMO FENOMENOS AGROCLIMATICOS	4-5
4.2.1	<u>Información utilizada</u>	4-5
4.2.2	<u>Estimación de índices para el análisis agroclimático</u>	4-6
4.2.3	<u>Descripción climática y sus posibilidades agrícolas</u>	4-7

APENDICE 1	Estaciones Meteorológicas
APENDICE 2	Contraste y corrección de las series pluviométricas históricas (Tomo I)
APENDICE 3	Contraste y corrección de las series pluviométricas históricas (Tomo II)
	Análisis de precipitaciones extremas Precipitaciones máximas en 24 horas
ANEXO I	Listado de series de datos temporales Precipitación mensual original
ANEXO II	Listado de series de datos temporales Precipitación mensual completada y corregida Período 1960 - 1991
ANEXO III	Listado de series de datos temporales Precipitación máxima diaria original
ANEXO IV	Listado de series de datos temporales Días de precipitación
ANEXO V	Listado de series de datos temporales Días de granizo
ANEXO VI	Listado de series de datos temporales Días de helada
ANEXO VII	Listado de series de datos temporales Horas de sol
ANEXO VIII	Listado de series de datos temporales Evaporación en tanque clase "A"
ANEXO IX	Listado de series de datos temporales Humedad relativa media
ANEXO X	Listado de series de datos temporales Nubosidad media
ANEXO XI	Presión atmosférica media
ANEXO XII	Temperatura media mensual
ANEXO XIII	Temperatura máxima media
ANEXO XIV	Temperatura máxima extrema
ANEXO XV	Temperatura mínima extrema

## CLIMATOLOGIA DEL SISTEMA T.D.P.S.

### INTRODUCCION

El presente informe forma parte de un estudio integral que tiene como meta final la elaboración de un Plan Director Global Binacional de protección y prevención de inundaciones y aprovechamiento de los recursos del Sistema T.D.P.S. (Lago Titicaca, río Desaguadero, Lago Poopó y Salares).

El objeto de este Estudio es presentar toda la problemática de la Climatología del área, así como emitir recomendaciones para un control futuro de datos meteorológicos e informaciones climáticas.

0. AMBITO TERRITORIAL DEL ESTUDIO

El área del Proyecto está representada por el sistema formado por las cuencas hidrográficas del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Lago Salar de Coipasa, lo que se ha convenido denominar Sistema T.D.P.S.

El sistema T.D.P.S. es una cuenca endorreica, cuya área se encuentra ubicada entre Perú, Bolivia y Chile, y está delimitada geográficamente (en forma aproximada) entre las coordenadas 14° 03', y 20° 00' de latitud Sur y entre 66° 21' y 71° 07' de longitud Oeste.

La superficie del Sistema T.D.P.S. es de 143.900 km<sup>2</sup>, y comprende la parte altiplánica de la subregión de Puno (en el Perú) y de los departamentos de La Paz y Oruro (en Bolivia). Las características geográficas de las cuencas que forman el sistema son las siguientes:

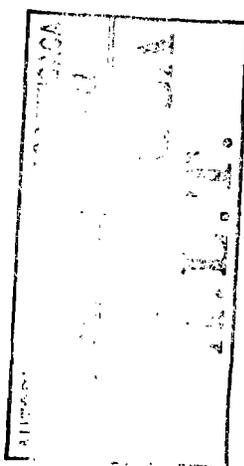
- Lago Titicaca:
  - . cuenca vertiente 56.270 Km<sup>2</sup>
  - . superficie media (del lago) 8.400 Km<sup>2</sup>
  - . nivel medio del lago 3.810 m.s.n.m.
  - . volumen medio 930.106 m<sup>3</sup>
  
- Río Desaguadero:
  - . cuenca vertiente 29.843 Km<sup>2</sup>
  - . longitud del cauce 398 Km
  - . pendiente media 0,45 ‰

A lo largo del río Desaguadero se identifican los siguientes trechos:

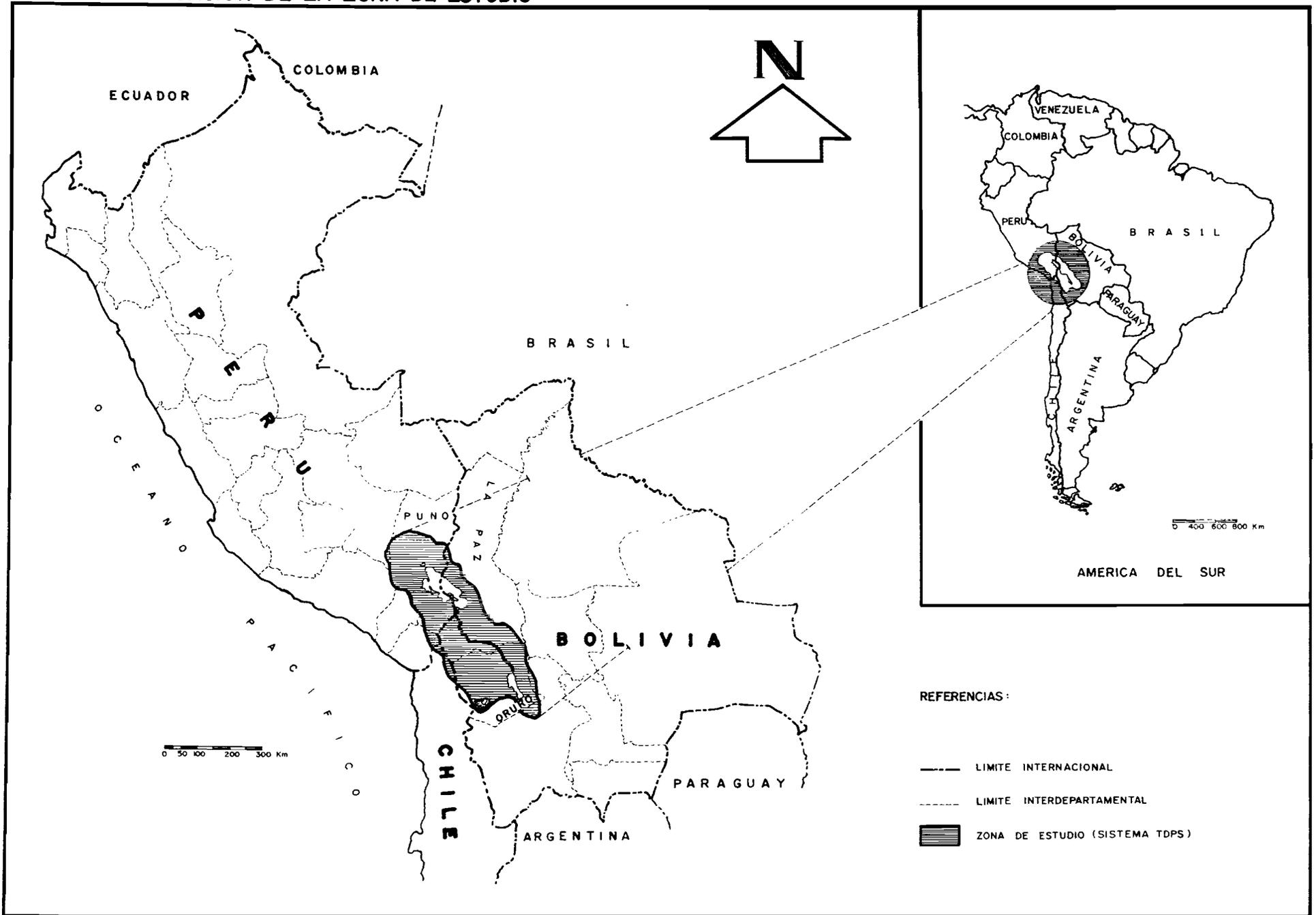
- . Del Km 0 al Km 63: Llanuras anchas (del Puente Internacional a Nazacara);
- . Del Km 63 al Km 226: Zona montañosa (de Nazacara a Chilahuala);
- . Del Km 226 al Km 398: Llanuras de inundación (de Chilahuala al lago Poopó).

- Lago Poopó:
  - . cuenca vertiente 24.829 Km<sup>2</sup>  
(intermedia) (+5.000 Km<sup>2</sup> del Desaguadero),

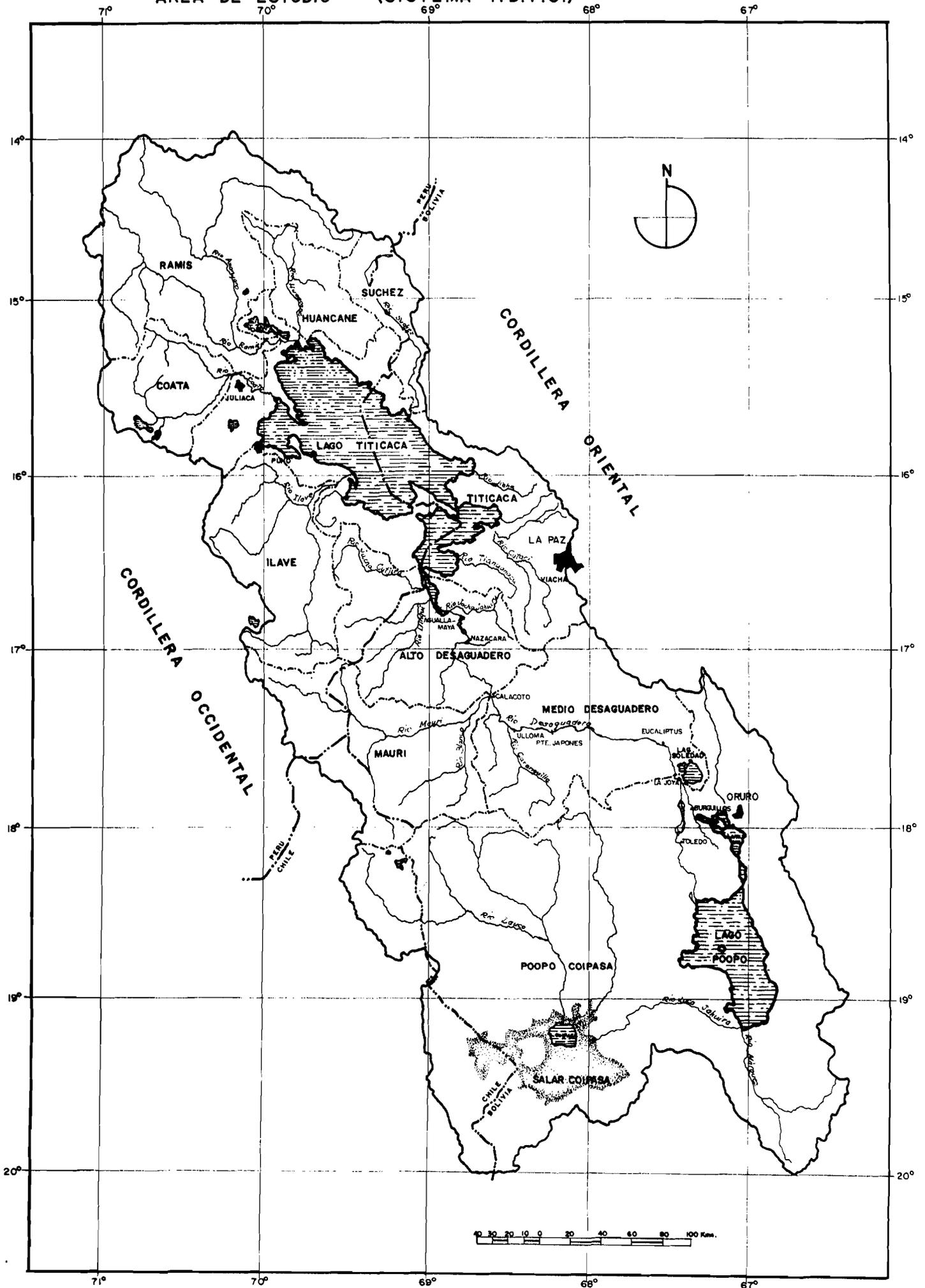
CLIMATOLOGIA



# UBICACION DE LA ZONA DE ESTUDIO



AREA DE ESTUDIO (SISTEMA T.D.P.S.)



- . superficie media (del lago )  
en 1991 3.191 Km<sup>2</sup>
- . nivel medio del lago 3.686 msnm
- Río Laca Jahuirá, que conecta el Lago Poopó con el Salar de Coipasa:
  - . longitud de cauce 130 Km
  - . pendiente media 0,2 ‰
- Salar de Coipasa:
  - . cuenca vertiente (intermedia) 32.958 Km<sup>2</sup>
  - . superficie media (del lago) 2.225 Km<sup>2</sup>, y
  - . nivel medio del lago 3.657 msnm

Por medio de la quebrada Negrojahuirá, de alrededor de 20 Km de largo, el Salar de Coipasa se conecta al Salar de Uyuni, el cual tiene una cuenca vertiente (intermedia) de 60.000 Km<sup>2</sup> y una superficie media de 12.000 Km<sup>2</sup>. El nivel medio del Salar de Uyuni es de 3.653 m.s.n.m..

La pluviometría media anual de la zona varía de 800 mm/año en el Lago Titicaca a menos de 300 mm/año en el Salar de Coipasa.

La densidad de la población rural en la parte norte de la región del Proyecto, es relativamente alta, sobre todo a orillas del Lago Titicaca (llegando hasta 190 hab/km<sup>2</sup>) así como también en las cercanías del curso de agua del eje norte-sur, constituido por el río Desaguadero.

En las zonas cercanas a las orillas del Lago Titicaca y del Desaguadero, la población vive principalmente de la agricultura, mientras que en las zonas más alejadas se dedican mayormente a la ganadería por ser zonas con predominancia de pastos naturales y no ser apropiadas para cultivos por los riesgos inherentes al clima (ocurrencia de sequías, heladas, y bajas temperaturas).

De las zonas sobrepobladas y de las zonas alejadas y áridas existe un fuerte flujo migratorio hacia las ciudades, zonas tropicales, y valles templados.

Las condiciones climáticas irregulares, unidas a la gran altitud en que se encuentra la región (entre 3.700 m.s.n.m. y 4.200 m.s.n.m.), determinan que los resultados productivos del sector sean de bajo rendimiento y muy inestables, lo que vuelve estremadamente difíciles las condiciones de vida de la población.

#### CLIMATOLOGIA

1.-

## GENERALIDADES

La inclinación de la superficie de la tierra del área en estudio en relación al sol, permite hacer una primera definición absoluta y astronómica del clima, es decir, una clasificación climática en función de las coordenadas geográficas, (latitud y longitud). Una segunda clasificación se daría por la localización de las estaciones de observación, es decir en función de las condiciones geográficas afines: altitud, topografía y orientación, cercanías al lago, etc.

Pero es evidente que la situación y configuración geográfica no determinan ellos solos el clima, por lo que es necesario además, tener en cuenta el comportamiento de la atmósfera y la circulación de las masas de aire por encima de la región para comprender mejor la variación temporal y espacial de los distintos parámetros climáticos.

Es en este sentido, el presente estudio climático, se ha iniciado con un análisis de la circulación atmosférica: la oscilación del anticiclón del pacífico (ACP), del anticiclón del Atlántico (ACA), de la zona de convergencia intertropical (ZCIT), masas de aire frío de origen polar, etc., para luego continuar en los capítulos siguientes, con el estudio analítico y descriptivo de las distintas variables climáticas: precipitación, temperatura, radiación solar, viento; sobre la base de los datos registrados en las estaciones meteorológicas operantes en el área de estudio. Cada una de estas variables se plasmarán en mapas de isolíneas, con el fin de conocer su distribución espacial en la región.

Finalmente, el resultado de los anteriores elementos contribuirán al análisis y determinación de la evapotranspiración potencial y caracterización climática dentro el sistema T.D.P.S.

## 2.- CIRCULACION GENERAL DE LA ATMOSFERA

### 2.1. LAS MASAS DE AIRE SOBRE AMERICA DEL SUR

La circulación general de la atmósfera en el continente, básicamente está determinada por los tres sistemas semipermanentes de alta presión que lo rodean (Fig. 2.1.1): las del Atlántico y Pacífico Sur, con una circulación anticiclónica (contraria a las agujas del reloj), la alta del Atlántico Norte con una circulación también anticiclónica (mismo sentido de las agujas del reloj) y por una zona de depresión denominada zona de convergencia intertropical (ZCIT) que está situada entre los dos núcleos de alta presión.

La ZCIT se desplaza durante el año, colocándose más o menos en el lugar que recibe más radiación solar.

La diferencia de presión entre los sistemas de alta presión y la ZCIT, produce un movimiento superficial de aire desde los trópicos hacia el Ecuador. El movimiento de rotación de la tierra, desvía este flujo hacia la izquierda y da origen a los vientos Alisios que soplan del sector Sur-Este en nuestro Continente.

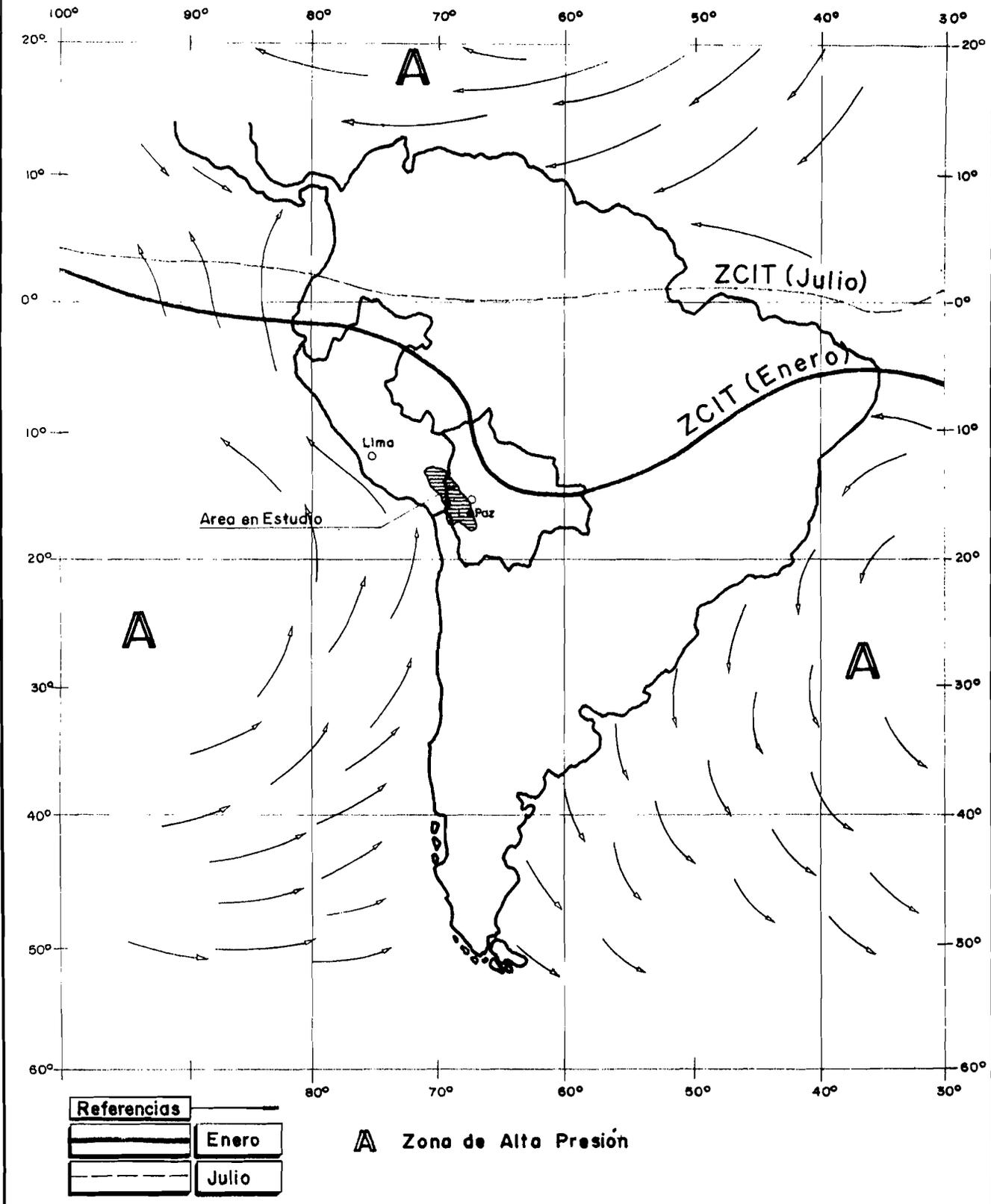
Durante los meses del verano (Fig. 2.1.2), los anticiclones semipermanentes situados en los océanos, canalizan la circulación de masas de aire al centro del continente y el extremo sur es influenciado por la zona de baja presión circunpolar.

Debido al fuerte calentamiento terrestre, se produce una depresión térmica, que obliga a la zona de convergencia intertropical a descender aproximadamente hasta el paralelo 15° a lo largo de la longitud 60° oeste. Esta situación provoca fuertes movimientos convectivos y, añadiendo la fuerte humedad producida por la evaporación del lago Titicaca, da como resultado la formación de grandes cúmulus y cumulonimbos sobre la región. En consecuencia llueve en todo el sistema.

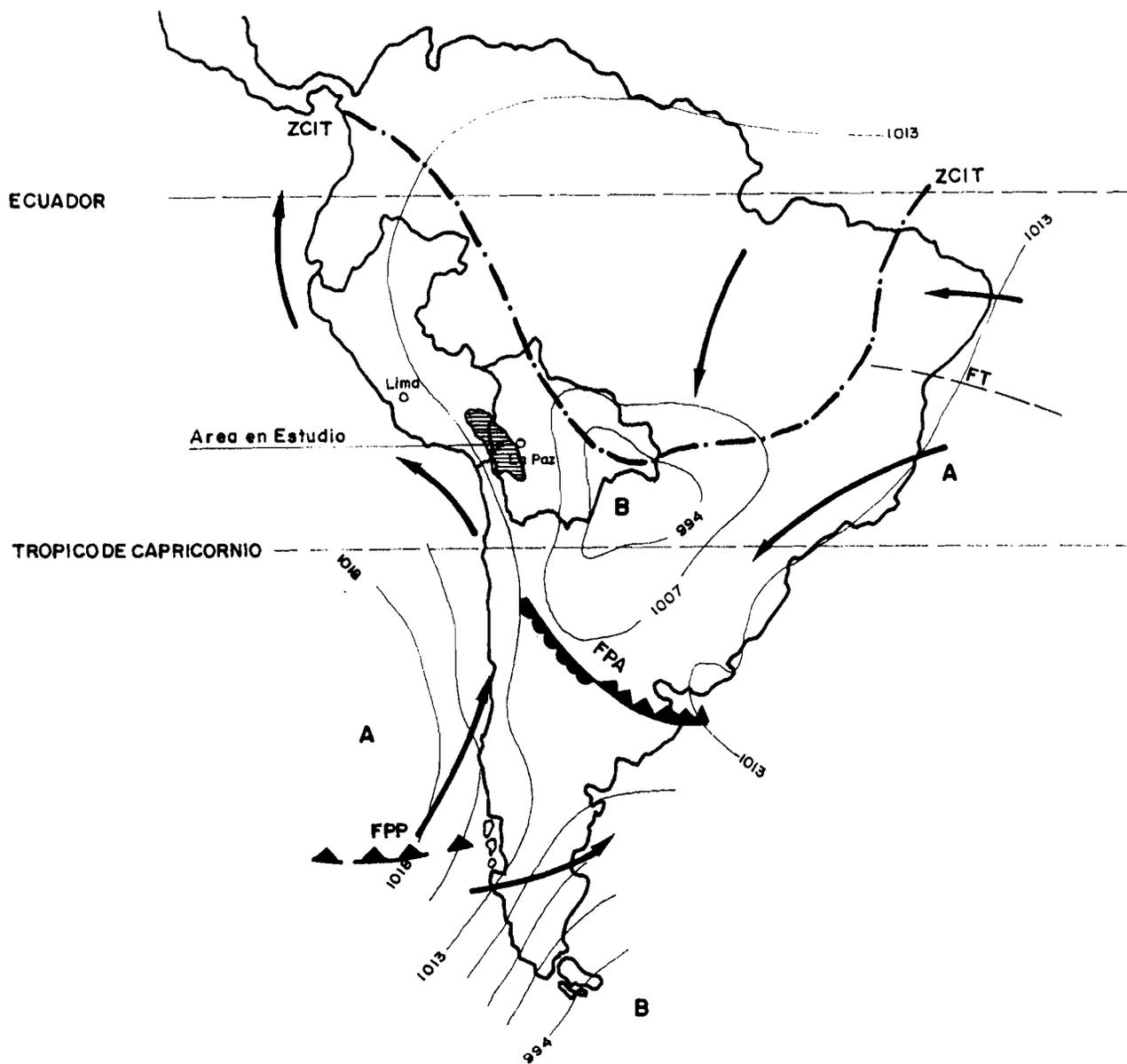
Durante el invierno, la ZCIT se desplaza hacia el Norte (Fig. 2.1.3); es decir que llueve al norte del Ecuador y se produce la Estación seca en Perú y Bolivia.

En el Hemisferio Sur, los dos anticiclones están mucho más desarrollados y crean un fuerte gradiente de presión en el continente, produciéndose fuertes vientos del sur, en particular a lo largo de la costa del Pacífico.

**POSICION MEDIA DE LA ZCIT EN ENERO y JULIO**



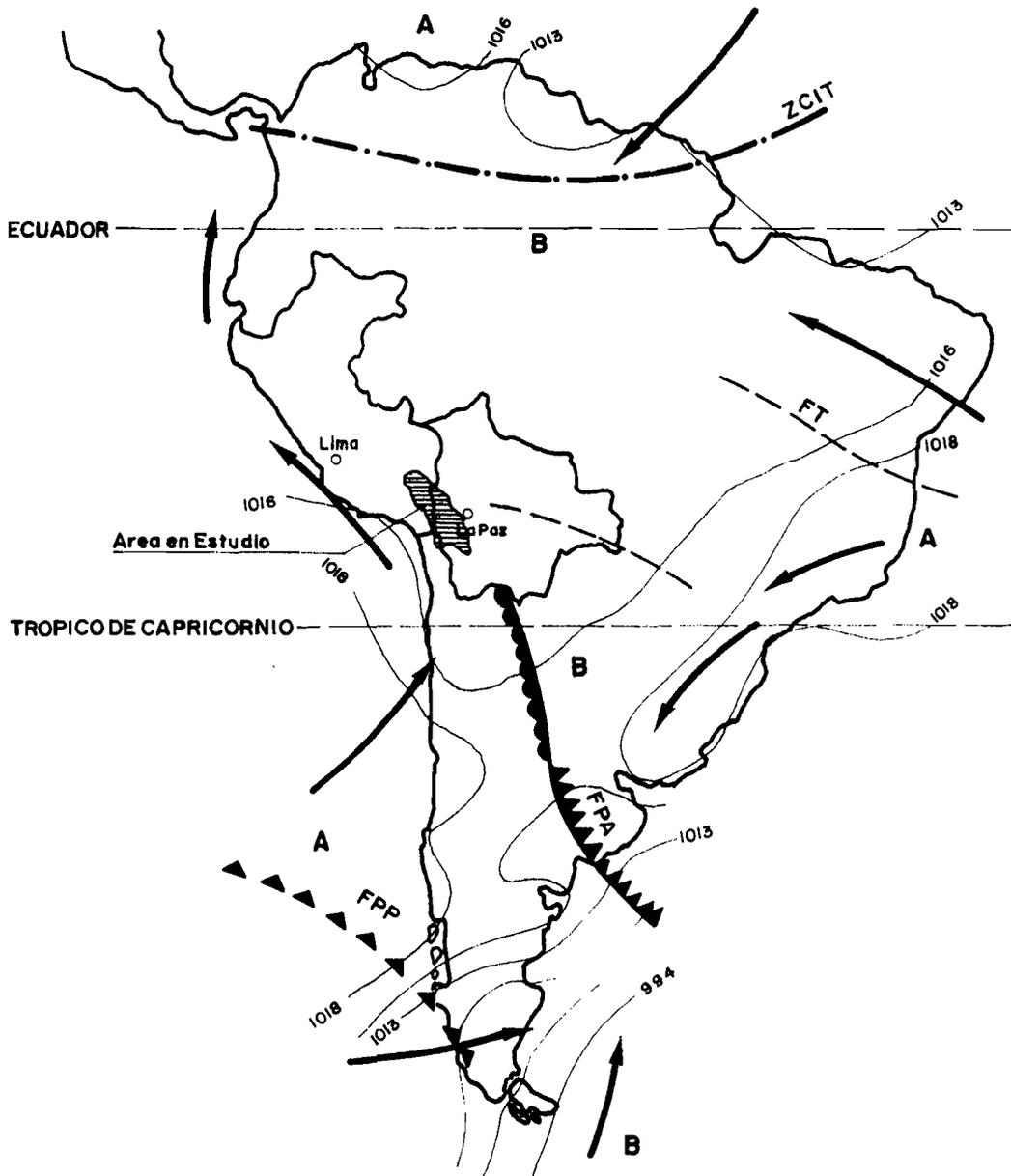
**CIRCULACION GENERAL DE LAS MASAS DE AIRE  
EN AMERICA DEL SUR  
(SITUACION ATMOSFERICA EN VERANO)**



**REFERENCIAS**

	ISOBARA EN mb
ZCIT:	ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL
FPA :	FRENTE POLAR DEL ATLANTICO
FPP:	FRENTE POLAR DEL PACIFICO
FT :	FRENTE TROPICAL
A :	ZONA DE ALTA PRESION
B :	ZONA DE BAJA PRESION

**CIRCULACION GENERAL DE LAS MASAS DE AIRE  
EN AMERICA DEL SUR  
(SITUACION ATMOSFERICA EN INVIERNO)**



**REFERENCIAS**

~1016~	ISOBARA EN mb
ZCIT:	ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL
FPA :	FRENTE POLAR DEL ATLANTICO
FPP :	FRENTE POLAR DEL PACIFICO
FT :	FRENTE TROPICAL
A :	ZONA DE ALTA PRESION
B :	ZONA DE BAJA PRESION

Al final de la estación de invierno, el frente polar antártico inicia su repliegue hacia el sur de la Argentina, mientras que el ciclón Ecuatorial avanza hacia el centro del Continente llevando consigo una gran masa de aire caliente y húmedo. En estas circunstancias se inician las lluvias, las cuales alcanzan su máxima intensidad en el verano.

La circulación de la atmósfera explica el régimen anual de las lluvias, y también explica, en parte, la distribución espacial de las lluvias en la región.

La parte norte del Sistema T.D.P.S. más afectada por la ZCIT, es la que recibe más lluvia, o sea que existe en la cuenca un gradiente norte-sur de precipitaciones pero también existe otro gradiente este-oeste, con menos lluvias en el altiplano que en los llanos amazónicos, debido a que la cordillera Oriental, resguarda la zona altiplánica de los vientos húmedos, y también porque la capacidad higrométrica del altiplano (aire frío) es menor a la de los llanos (aire caliente)

## **2.2. LA OSCILACION Y LA VARIABILIDAD DE LA CIRCULACION ATMOSFERICA**

En el capítulo 2.1 se describió y analizó el sistema climático, diremos normal, del Sistema T.D.P.S. el cual es caracterizado por la circulación de masas de aire que actúan en América del Sur.

La oscilación y la variabilidad de estas masas de aire es y ha sido objeto de estudio de muchos investigadores. Se sabe que la dinámica del sistema atmosférico depende de las condiciones físicas de los océanos y de los continentes. Toda variación de estas condiciones se refleja en la circulación atmosférica. El estudio de la influencia de "El Niño", en la oscilación de masas de aire del hemisferio sur (ENSO), es un buen ejemplo de la interacción de estos sistemas.

### **2.2.1. Anomalía atmosférica: fenómeno de El Niño**

Se suele designar como "El Niño", a una extensión anormal y prolongada hacia el sur (por encima de los 2° de latitud sur) de una corriente marina cálida, cuyo desplazamiento anual comienza en diciembre en la época de Navidad, de ahí el nombre de "El Niño".

Actualmente, se admite, que las perturbaciones en las cuales está directamente implicado "El Niño" se deben estudiar a escala planetaria.

Esquemáticamente se tiene que, la circulación oceánica normal hace pasar las aguas cálidas tropicales del Pacífico, situadas entre el Ecuador y el sur del Perú, hacia Australia.

Esta circulación de este a oeste produce un ascenso de las aguas frías más profundas del sur. Este largo viaje del agua está estrechamente relacionada con la circulación atmosférica, que es igualmente perturbada cuando El Niño aparece.

Es importante notar que esta anomalía climática tiene dos "dimensiones": una oceánica, con el estancamiento de aguas cálidas al este del Pacífico, sobre América Latina, la otra atmosférica, con una perturbación del régimen de los alisios, que bajan demasiado, y en ciertos casos hasta llega a invertirse y establecerse al oeste (en lugar del sud-este). Es decir, durante el período de "El Niño" el "Índice de Oscilación Sur" (IOS) baja, y el anticiclón de Pascua disminuye provocando un debilitamiento del alisio del sudeste y de los afloramientos fríos del océano, lo que recalienta las aguas frías de la corriente de Humboldt y, por retroacción positiva, debilita aún más las altas presiones. Paralelamente, la zona de convergencia intertropical (ZCIT) migra hacia los 5°-10°S produciendo una masa de aire ecuatorial húmeda e inestable, que ocasiona lluvias sobre los desiertos al norte del Perú.

Sin embargo, todavía se está lejos de llegar a un consenso sobre el origen del debilitamiento del anticiclón de Pascua y del relajamiento de los alisios del sudeste y se complica aún más el estudio, debido a que las apariciones de dicha anomalía no obedecen a un ciclo fijo, ya que es aperiódico al no tener una frecuencia relevante.

Es muy probable que sea el fenómeno de El Niño, el motivo por el cual se produjeron las sequías de 1942-1943 y 1982-1983 en la región Andina, y también de las graves inundaciones que se produjeron durante los mismos períodos al sur de Bolivia y al nor-este de la Argentina.

En 1984, 1985 y 1986, el sistema TDPS soporta un período de fuertes lluvias. En este período, el nivel del lago Titicaca se eleva a más de 2 metros de su nivel normal, valores hasta la fecha jamás registra-

dos, lo que ocasionó la ruina de la estación portuaria de Guaqui, en Bolivia, y graves inundaciones a lo largo del río Desaguadero llegando incluso hasta la ciudad de Oruro.

### **2.3. LA CIRCULACION DE LAS MASAS DE AIRE SOBRE LA REGION ANDINA**

Antes de analizar las masas de aire que circulan la región, será hecha una síntesis geográfica.

El sistema T.D.P.S. está limitado por las cadenas montañosas de los Andes y se la puede dividir en 3 regiones morfoestructurales diferentes:

- 1.- La región de la Cordillera Occidental que está formada por la cadena de los Andes Occidentales, con una altura media de 4800 m (El Sajama tiene 6542 m.). Esta cadena es esencialmente volcánica y hace de frontera entre Bolivia y Perú con Chile.
- 2.- La región de la Cordillera Oriental está formada por la cadena de los Andes Orientales, con una altura media de 5000 m. (El Illampu tiene 6421 m.). Esta región es de cadenas transversales con valles muy profundos.
- 3.- La Región Inter-Andina está formada por el Altiplano, rodeada por las dos cordilleras, con una altitud media de 4000 m.s.n.m. y donde los elementos hidrológicos más importantes son el lago Titicaca y el lago Poopó, unidos por el río Desaguadero; más al sur, se encuentran los Salares de Coipasa y Uyuni.

El año se divide en cuatro estaciones astronómicas en función de la actividad atmosférica y de la circulación de masas de aire, no obstante desde el punto de vista climatológico, la región tiene una estación húmeda (Nov. a Marzo), otra seca (Junio a Agosto) y dos períodos de transición (Sept - Oct y Abril - Mayo).

En verano (De Nov. a Feb.), el viento dominante de altura (500 mb) viene del Sur-Este. Al inicio del mes de Marzo, la entrada del otoño es marcado por un cambio brusco de dirección: El viento sopla del Nor-Este hasta el mes de Mayo, de Junio a Agosto, el viento es del Oeste, mientras que en la Primavera (Sept. a Octubre) el viento toma una componente Nor-Oeste.

Otro aspecto localizado sobre el norte del sistema es la anomalía depresionaria provocada por el fuerte calentamiento del suelo árido. En efecto, la altitud media es en torno a 4000 m.s.n.m. y la presión media es de 624 mb. Esta situación provoca fuertes movimientos convectivos, a la que se añade la humedad producida por la evaporación del Lago Titicaca, da como resultado la formación de grandes cúmulus y cumulonimbos sobre la región.

Del lado oriental de los Andes, los vientos orográficos producen igualmente situaciones convectivas que, mezcladas a las masas de aire caliente y húmedo, se introducen por el Norte y Nor-Oeste produciendo así lluvias intensas sobre toda la región oriental de los Andes y las tierras bajas cerca del macizo.

En el mes de abril, al nivel del suelo, se observa todavía cierta inestabilidad atmosférica, pero las masas de aire del noroeste más secas y frías dan un cielo claro y azul, típico de "Otoño del Altiplano", la circulación del noreste persiste en altitud.

En Agosto la atmósfera es seca y fría a nivel del suelo, el cielo está sin nubes (a excepción cuando hay una introducción del frente polar del Pacífico).

En Octubre (Primavera), la situación atmosférica es parecida al mes de abril; pero se observa una capa húmeda entre la superficie y los 450 mb.

### **3.- EVALUACION METEOROLOGICA**

#### **3.1. PRECIPITACION**

##### **3.1.1. Introducción**

La precipitación es una de las variables climáticas más importantes que influyen en la producción agrícola, puesto que la precipitación pluvial es, normalmente, la única fuente de humedad proporcionada al suelo.

El régimen anual de lluvias en el sistema TDPS es variable debido a diferentes factores: a su latitud geográfica (al norte con precipitaciones totales moderadas, disminuyendo hacia el sur con características de clima semidesértico a desértico). A su longitud (Las condiciones orográficas condicionan de manera diferente. Al este la cordillera oriental tiene un efecto de barrera, en cambio al oeste la cordillera occidental causa un aumento de la precipitación puesto que produce la descarga del resto de humedad que pasa la barrera oriental, más la humedad generada por el Lago Titicaca).

La altitud también tiene su influencia en la precipitación (no sólo en cuanto a la cantidad de precipitación, menor influencia al este que al oeste, sino en cuanto a que se produzca en forma líquida o sólida). Finalmente la influencia de la proximidad al lago Titicaca (el lago es una fuente de humedad extraordinaria a alturas en que las masas de aire no reciben normalmente ningún nuevo aporte).

La variabilidad estacional, es decir, el cambio regular entre la época seca (invierno) y la época de lluvias (verano) tiene como principal factor, el fuerte calentamiento terrestre que produce una depresión térmica, lo que obliga a la zona de convergencia intertropical a descender aproximadamente hasta el paralelo 15° S. Otro factor que produce precipitaciones es la invasión de masas frías de aire polar marítimas, que pasan por los Andes en el Sur de Chile y después con dirección al Norte llegan hasta Bolivia.

La época seca se produce a causa de la dislocación al norte de la zona de convergencia intertropical, que ocasiona a comienzos de Abril un movimiento de aire, caracterizado por su capa estable y por su gran sequedad. Las raras precipitaciones del invierno dependen de la penetración de masas polares marítimas;

estas precipitaciones de aire frío influyen en la estabilidad de las capas y en el aumento de la humedad del aire. Si estas entradas de aire frío se producen en cortos intervalos llega a tal grado la inestabilidad del aire que también en la época seca pueden ocurrir aguaceros sobre la región.

Para el estudio, en primer lugar serán tratados los datos básicos y su generalización. Después se evaluarán las cantidades anuales de precipitación, su distribución y su variación. Luego se estudiará el régimen de precipitación estacional. Finalmente se definirá la distribución areal de días con granizo y días con nieve en todo el sistema TDPS.

### **3.1.2. Análisis de Consistencia y Homogeneidad de los Registros**

#### **3.1.2.1. Recopilación de Datos**

Dentro del área del proyecto, 142 200 Km<sup>2</sup>, se estudian 137 estaciones meteorológicas, pero se toman en cuenta 114 estaciones para el trazado de las Isoyetas, en función de la confiabilidad y longitud de sus registros (véase tabla N° 3.1.1). La distribución geográfica de las estaciones seleccionadas determina: 52 estaciones en territorio peruano y 62 estaciones en territorio boliviano.

La corrección de los datos históricos fue laboriosa, puesto que la información pluviométrica primitiva del sistema TDPS, contiene las siguientes deficiencias:

a) En los datos naturales de campo u observados:

- Errores en los instrumentos de medición por falta de calibración y mala ubicación de los mismos.
- Bajo nivel de capacitación de los observadores y falta de motivación y responsabilidad de estos, debido principalmente a los salarios bajos que perciben.

b) En los datos corregidos

- Datos que se obtuvieron después de haber sido sometidos a un tratamiento especial por el personal de los organismos encargados de recolección de los mismos (SENAMHI Perú y Bolivia), trabajo que no fue correctamente ejecutado.

TABLA N° 3.1.1 :

**PRECIPITACION MEDIA MENSUAL COMPLETADA Y CORREGIDA**  
**PERIODO: 1960 - 1990**

COD.	ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO
704	JULIACA	131	104	93	43	10	5	2	6	23	39	59	84	599
708	PUNO	149	139	133	52	10	4	2	10	28	43	54	94	717
761	LLALLY (*)	173	143	124	45	9	3	2	10	23	41	68	117	758
762	PAMPAHUTA	175	144	135	47	13	3	3	7	17	38	68	123	771
763	LAGUNILLAS	163	139	114	41	9	3	2	7	13	27	51	97	667
764	CHUQUIBAMBILLA	148	104	109	55	9	3	1	4	24	43	65	101	666
776	AYAVIRI	145	113	102	55	10	3	2	10	20	46	74	109	688
778	PROGRESO	126	97	104	47	11	2	2	5	27	40	69	82	623
779	LAMPA	152	124	102	55	8	4	1	9	27	48	70	110	710
780	CABANILLAS	142	128	110	38	8	3	1	6	19	32	54	84	635
781	AZANGARO (*)	117	93	83	54	8	4	2	7	29	37	64	89	587
782	ISLA LOS UROS	149	138	127	52	15	3	3	11	25	35	52	97	707
783	ARAPA	138	109	120	56	13	5	3	12	31	48	67	98	700
784	SALCEDO	167	155	133	48	10	4	3	9	30	38	59	97	753
785	MUNANI	134	106	79	47	7	3	3	6	31	40	65	100	620
786	HUANCANE	146	112	102	45	13	4	4	9	36	41	71	104	686
787	HUARAYA-MOHO	211	146	128	64	26	8	7	15	53	56	74	140	929
788	CAPACHICA	174	157	137	53	15	4	4	7	32	39	68	117	808
878	MAZO CRUZ	141	120	99	22	5	2	2	8	11	21	38	79	549
879	ILAVE	158	144	111	46	11	6	4	12	39	35	60	89	715
880	JULI	182	171	139	57	16	6	4	13	38	41	72	123	862
881	PIZACOMA	164	144	111	40	10	3	2	8	15	20	51	106	672
882	YUNGUYO	192	152	125	52	22	10	4	15	41	42	67	129	850
883	DESAGUADERO(PERU)	184	136	117	41	10	6	5	13	27	33	60	107	741
888	ILLPA	147	140	125	49	5	4	3	7	33	34	50	83	680
4380	COLINI (*)	170	149	140	44	11	3	0	5	17	31	61	100	732
7331	ATECATE (*)	206	155	156	58	7	1	1	11	17	23	48	128	811
7401	QUILLISANI (*)	175	171	144	56	13	4	4	14	25	39	76	124	843
7402	SANTA ROSA	206	176	159	78	11	5	3	18	53	62	130	154	1056
7403	JARPANA (*)	166	154	145	47	12	4	3	7	21	30	65	104	759
7404	NUNOA	144	136	117	36	14	3	5	8	25	55	69	102	715
7406	ANTAUTA (*)	108	97	117	38	19	6	5	18	46	54	65	91	663
7407	ORURILLO	152	111	111	58	16	4	3	6	31	40	68	105	706
7408	PARATIA	218	201	161	50	16	6	5	15	23	50	84	149	978
7410	PUCARA	154	133	114	54	9	3	3	8	31	57	73	123	762
7411	MANAZO (*)	177	145	111	34	10	4	1	4	19	27	49	102	685
7412	UMAYO	151	132	114	45	8	3	2	4	18	31	51	90	648
7413	TARACO (PERU)	137	101	90	45	6	5	2	7	28	35	63	93	613
7414	PUTINA	153	108	94	52	12	4	5	7	35	47	75	103	694
7415	CRUCERO	178	154	139	74	16	7	6	11	44	60	93	154	935
7416	ISLA TAQUILE	297	244	219	102	37	17	9	18	81	74	94	186	1380
7419	ANANEA	130	103	97	48	22	7	6	15	34	46	60	99	666
7421	COJATA	151	122	105	61	16	7	6	14	40	56	67	107	753
7425	CONIMA	216	160	139	83	13	8	7	12	40	56	62	122	917
7426	SANTA LUCIA	134	122	113	31	9	3	2	7	16	27	50	87	610
8316	LARAQUERI	174	154	124	44	11	5	4	9	27	34	60	111	757
8320	VILACOTA	135	118	95	11	1	2	1	5	4	12	25	59	468
8326	CAPAZO	150	137	103	15	4	3	1	4	4	19	29	80	549
8327	CHALLAPALCA	102	90	74	11	3	4	0	6	1	9	28	59	386
8328	PAUCARANI	105	95	64	12	3	4	3	5	6	9	24	58	388
8329	CHILLIGUA	159	126	102	28	8	3	3	9	19	27	43	90	616
8330	CHUAPALCA	116	93	63	10	2	1	0	4	2	8	29	53	382

Continua...

TABLA N° 3.1.1 :

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL COMPLETADA Y CORREGIDA  
PERIODO: 1960 - 1990

COD.	ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO
ABA	ABAROA (*)	93	74	50	9	2	2	0	5	2	7	23	40	306
ACH	ACHIRI	132	99	82	25	1	4	2	7	12	21	43	85	513
AND	ANDAMARCA	79	38	24	1	1	0	0	1	7	12	9	23	195
AYO	AYO AYO	100	64	54	21	7	3	5	11	25	25	27	61	403
BER	BERENGUELA	131	113	78	19	1	1	2	5	9	11	40	68	477
CAL	CALACOTO	107	77	51	17	3	3	1	7	9	13	28	61	379
CAM	CALAMARCA	88	69	48	25	8	1	5	12	23	25	31	62	396
CAR	CARACOLLO	97	85	64	16	2	0	5	10	27	20	34	80	439
CCH	CONCHAMARCA	107	85	65	38	16	15	13	24	35	39	48	75	561
CHA	CHAHUAYA	152	107	93	15	23	8	4	18	38	38	54	120	670
CHC	CHACALTAYA (*)	125	91	66	24	16	4	5	17	35	54	60	91	587
CHR	CHARANA	99	76	54	12	2	2	1	7	3	11	21	41	328
CHV	CHUNAVI ALTO	144	115	110	47	31	13	18	24	53	53	66	108	780
CNI	CONIRI	137	95	77	39	14	5	6	7	28	27	53	81	569
COI	COIPASA	63	58	46	2	0	0	0	1	2	7	6	30	214
COL	COLLANA	129	96	71	32	10	4	7	10	34	36	56	79	564
COM	COMANCHE	135	103	74	30	6	5	5	9	26	24	46	83	545
COP	COPACABANA	203	147	116	65	23	11	7	14	45	44	71	119	865
COR	CORQUE	162	80	81	12	1	0	2	4	16	10	27	57	449
COS	COSAPA	120	92	62	6	1	0	0	2	3	10	32	56	385
CRP	CORPAPUTO	143	106	86	41	19	10	7	11	30	35	54	105	647
ELA	EL ALTO LA PAZ	137	101	76	32	14	6	6	15	36	37	52	101	612
ELB	EL BELEM	96	77	61	26	19	7	6	11	24	47	42	83	500
ESC	ESCOMA (*)	112	86	80	49	22	4	6	14	34	30	37	73	546
EUC	EUCALIPTUS (*)	102	71	56	11	3	1	2	9	26	18	30	66	395
GUA	GUAQUI (*)	169	135	109	35	17	4	11	13	41	46	71	101	753
HUA	HUACHACALLA	135	102	76	9	1	0	0	1	4	15	25	75	442
HUA	HUATAJATA	176	130	96	53	13	7	9	14	43	46	67	134	789
HUR	HUARINA COTA COTA	131	91	82	42	12	7	6	10	28	40	53	95	597
ICH	ICHUCOTA	148	120	88	41	19	10	8	14	30	37	65	106	687
IRP	IRPA CHICO	115	81	66	26	15	4	3	11	25	27	37	68	478
JES	JESUS DE MACHACA (*)	168	100	93	36	10	3	4	7	21	30	51	104	626
NAZ	NAZACARA	142	88	60	26	3	2	2	9	15	19	35	73	474
ORI	ORINOCA	123	74	46	7	0	0	3	10	11	12	20	62	366
ORU	ORURO	89	80	54	17	4	3	3	11	22	15	27	54	381
PAT	PATACAMAYA	101	69	51	20	9	4	4	12	26	21	31	61	409
PAZ	PAZNA	121	126	94	17	3	1	2	12	24	21	30	85	538
PEN	PENAS	147	98	98	39	17	5	7	12	33	56	66	109	686
PIL	PILLAPI	152	116	109	43	13	6	8	13	44	36	62	107	708
PUA	PUERTO ACOSTA	178	132	88	54	24	8	6	13	50	48	55	111	768
QUI	QUILLACAS	98	47	44	2	2	1	1	6	13	7	17	39	276
SAC	SACABAYA	58	45	39	4	0	2	0	0	1	6	11	26	193
SAJ	SAJAMA (*)	108	80	49	2	1	0	0	0	1	9	20	57	327
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	92	69	35	3	1	0	0	1	2	2	5	25	235
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	131	116	83	20	1	4	1	3	9	8	37	65	478
SAN	SAN ANDRES DE MACHACA	142	90	93	37	4	4	4	6	18	22	52	97	569
SHU	SANTIAGO DE HUATA	131	86	49	35	26	12	5	19	30	45	57	104	599
SIC	SICASICA	95	71	50	18	6	3	2	9	19	20	36	55	383
SJA	SAN JOSE ALTO	90	77	42	19	3	2	1	6	8	10	23	51	333
SJK	SAN JOSE DE KALA	121	109	51	9	0	2	2	4	14	9	15	58	396
SMA	SAN MARTIN	104	60	46	4	0	0	0	2	8	8	15	34	281
SOL	ISLA DEL SOL	181	129	121	60	9	5	10	16	48	47	63	110	799
SUC	SUCHEZ	116	96	91	42	12	4	2	8	25	42	55	84	577
TAC	TACAGUA	99	81	62	11	3	1	1	6	18	14	31	67	395
TAM	TAMBILLO	132	89	79	35	14	5	6	10	40	41	61	94	608
TAR	TARACO (BOL.)	169	134	111	49	18	7	8	15	39	42	62	110	763
TIA	TIAHUANACU	138	103	88	43	16	4	8	14	39	39	63	91	648
TOD	TODOS SANTOS	80	84	44	5	0	1	0	0	3	9	14	38	280
TUR	TURCO	147	110	103	10	1	0	0	8	6	10	25	70	489
ULL	ULLOMA (*)	107	73	62	11	2	0	0	4	7	14	25	58	365
UMA	UMALA	106	85	57	23	5	1	2	7	16	13	30	68	414
VIA	VIACHA	118	85	62	36	16	3	5	10	28	32	46	80	521

(F) Estacion fuera del sistema TDPS

(\*) Estacion clausurada

Estos defectos y la detección de numerosos errores en las series a nivel mensual, permitió inferir que los datos existentes no son confiables en un grado difícil de precisar. Es por ello que se impuso una minuciosa revisión de los datos diarios antes de su procesamiento, corrigiéndose y descartándose aquella información de dudosa calidad.

La información meteorológica utilizada se adjunta en los apéndices I y II "Listado de series de datos temporales"

### **3.1.2.2 Contraste y Corrección**

En la selección de estaciones para realizar el contraste, no se utilizaron las recomendaciones dadas por la O.M.M., puesto que la región no valdría establecer estaciones patrones promedio porque se omitirían las características microclimáticas de cada localidad. Por lo expuesto y para detectar anomalías naturales que pudieran presentarse, se contrastaron una a una las estaciones correspondientes a un mismo grupo y también con otras de otros grupos especificados en el anexo de dobles acumulaciones.

Los criterios que se utilizaron para el diagnóstico de errores fueron los siguientes:

Criterios tradicionales, es decir, localización de anomalías regionales mediante dobles masas o contrastes a nivel mensual (numérico o gráfico), admisión de una variabilidad mensual distinta dependiendo del grupo que se trate, también se admitieron cambios de tendencia en años especiales, por ejemplo variaciones de niveles del lago Titicaca. Finalmente se tomó como error sistemático a un régimen correcto pero con magnitud errónea (anomalías en el número de días de lluvia o en la precipitación máxima diaria), etc.

La selección de los grupos, los criterios de identificación de errores, la identificación de anomalías naturales, así como comentarios particulares de cada grupo y de cada estación que lo compone, se presenta en los apéndices 2 y 3.

### **3.1.3. Homogeneización de las series pluviométricas**

Dada la disparidad de los períodos de registro de las distintas estaciones, y en aras a poder uniformizar el análisis estadístico de las precipitaciones en el

sistema TDPS, se ha procedido al completado de las series mediante el modelo estocástico Moss-III.

Dicho modelo es una versión modificada por el Texas Water Development Board del programa HEC-4 desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers. Básicamente se trata de una herramienta matemática que utiliza técnicas de regresión múltiple multivariada para el completado de datos ausentes en series mensuales. Para facilitar la consistencia de los resultados el programa trabaja con variables transformadas. Las transformaciones aplicadas son:

- . Suma de un pequeño incremento a los datos de cada mes para evitar los logaritmos de valores nulos.
- . Cálculo de logaritmo de cada valor más el incremento correspondiente.
- . Aplicación de una transformación de Pearson tipo III para eliminar la asimetría y obtener variables distribuidas según una ley normal.

Con los valores normalizados el programa calcula las matrices de correlación entre las distintas estaciones para el mismo mes y para meses consecutivos. En base a dichas matrices y previa resolución de los sistemas de ecuaciones planteados se obtienen los algoritmos de completado para cada una de las estaciones, cuya expresión es:

$$K_{1km} = \sum_{1-1}^{k-1} B_1 \cdot K_{1km} + \sum_{1-k}^n B_1 \cdot K_{1-1km} + Z_{1k} (1 - R_{1k}^2)^{0.5}$$

- donde:
- $K_{1km}$  = valores normalizados de la variable
  - $B_1$  = Coeficientes de la ecuación de regresión
  - $R_{1k}$  = Coeficiente de correlación múltiple
  - $Z_{1k}$  = Valor aleatorio de una distribución normal tipificada
  - $I$  = número del mes
  - $k$  = número de la estación
  - $m$  = número del año
  - $n$  = número de las estaciones

La aplicación de este tipo de técnicas de análisis ha de realizarse con mayor precaución cuanto más incompletas son las series originales, ya que pueden presentarse problemas de inconsistencia en las matrices utilizadas. Por ello, el proceso de completado de las series pluviométricas del sistema TDPS se ha realizado de forma progresiva, requiriendo un total de 40 pasos. Estos han sido organizados de forma a rellenar en primer lugar las estaciones básicas entendiendo como tales aquellas con mayor volumen de información original y continuando con el proceso incorporando las otras series en orden creciente de datos ausentes. Los resultados obtenidos han sido verificados mediante dobles acumulaciones para detectar la posible ocurrencia de valores anómalos.

Las series así obtenidas tienen una duración de 31 años, y cubren el período comprendido entre Enero de 1960 y Diciembre de 1990. Sólo existen 18 excepciones a esta regla, que se refieren a sendas estaciones ubicadas en el sector meridional del sistema TDPS, todas ellas menos una dentro de la zona hidrológica 10 (Poopó-Salares).

En este sector los períodos de registro son muy reducidos por lo que ha sido necesario limitar el alcance del proceso de completado. Así, en tres estaciones (Eucaliptus, Salinas de Garci Mendoza y Tacagua) las series finales son de 26 años (1960-1985), mientras que en las quince restantes (Andamarca, Caracollo, Coipasa, Corque, Cosapa, Huachacalla, Orinoca, Pazña, Quillacas, Sacabaya, Sajama, San José de Kala, San Martín, Todos Santos y Turco) sólo se han podido completar 10 años (1976-1985). En este último caso, conviene llamar la atención sobre la escasa fiabilidad de los resultados, que han de ser considerados con cautela dada la insuficiente base estadística en que se sustentan.

#### **3.1.4. Régimen de Precipitación anual**

En la elaboración del mapa de la precipitación media anual se han utilizado las medias de las precipitaciones totales del período 1960-1990, procurando salvar las lagunas que se han presentado en zonas de datos escasos con la ayuda de la orografía (sobre la base de las curvas de nivel) y el conocimiento de los desplazamientos de frentes y masas de aire sobre el sistema. Geográficamente la

distribución de la precipitación dentro del sistema TDPS está afectada por factores como la altitud, relieve, latitud, longitud y proximidad al lago Titicaca, influyendo generalmente en forma simultánea.

En el plano N° 1 de distribución anual de la precipitación, se observa que, los valores de precipitación en el sistema varía de 200 a 1400 mm. Los valores más altos se registran en el lago Titicaca con valores que varían de 800 a 1400 mm. La alta radiación, vientos generalmente mas fuertes que a niveles más bajos, originan una intensa evaporación del lago, favoreciendo la formación de masas nubosas que precipitarán en el propio lago o en zonas cercanas, luego, en el Nor-Este del sistema (cabeceras de la cuenca del río Ramis y cuenca del río Coata). También se registran valores altos entre 800 a 1000 mm. (Puede observarse que en la zona al este del lago, La cordillera oriental presenta, desde el nevado del Illampu hasta el nevado del Sunchulli en el extremo del nudo de Apolobamba, una pronunciada disminución en su altura que permite un mayor pasaje de masas tropicales portadoras de más humedad hacia el noroeste cuando su desplazamiento es desde el Este o Sureste). Conforme se aleja del Lago Titicaca, los volúmenes de precipitación van disminuyendo progresivamente desde Nuñoa al Norte, hasta aproximadamente la zona de Jesús de Machaca al Sur (la precipitación anual se encuentra entre 800 y 600 mm). Esta disminución de precipitación ocurre a medida que se aleja del Lago en dirección Sur confirmando que el sector de menor precipitación se encuentra en la parte sur del Sistema, zona de Sacabaya y Salar de Coipasa, con registros próximos a 200 mm. (ver plano N° 1)

Si bien los volúmenes totales del promedio anual, dan una buena visión de la distribución areal de la precipitación, hay que tener en cuenta que para las actividades agrícolas se hace necesario conocer la variación de la precipitación en forma estacional.

En el capítulo 3.1.5. se presenta el régimen de precipitación estacional en el sistema TDPS.

#### **3.1.4.1 Número de días de Precipitación**

En el sistema T.D.P.S el número más alto de días de lluvia, para todo el año, se da en las zonas de Quillisani y Paratia (cabeceras de la cuenca del río Coata - plano N° 2), con 151 y 131 días de lluvia respectivamente, es decir que durante el verano (Nov.-Feb.), prácticamente llueve todos los días, pero, si comparamos estos valores con los valores de precipita-

ción media anual, se advierte que el máximo no se registra en esta zona, por lo que se deduce que sus intensidades, son algo inferiores en relación, por ejemplo, a la zona del lago Titicaca. En segundo lugar las máximas de días de precipitación se da en las cabeceras de la cuenca del río Ramis y sector del lago Titicaca, con registros que se encuentran entre 120 a 140 días de lluvia. Posteriormente, y tal como sucede con la distribución anual de la precipitación, se observa que, conforme nos alejamos del lago Titicaca, el número de días de precipitación va disminuyendo paulatinamente, así tenemos que desde la orilla sur del lago Titicaca hasta las cercanías de Calacoto las isolíneas se encuentran entre 80 a 100 días de lluvia (Ver plano N° 2). Esta disminución de días de lluvia se hace aún más notoria conforme va aumentando la latitud hasta llegar a un mínimo en el extremo sur del sistema (Salar de Coipasa) con registros inferiores a 40 días de lluvia por año.

#### **3.1.4.2. Años Húmedos y Secos**

Los años más lluviosos en el período de estudio fueron 1984, 1985 y 1986, ocasionando consecuentemente el aumento del nivel del espejo de agua del Lago Titicaca y por ende se produjeron inundaciones que afectaron las poblaciones ribereñas.

Para el análisis del año húmedo se eligió el año 1985 por la disponibilidad de registros en la mayor parte de las estaciones dentro el sistema.

El plano de isoyetas para el año 1985, confirma que la región del Lago Titicaca es la más lluviosa, registrándose un máximo atípico en la Isla Taquile con 3612 mm; en relación a los pluviómetros de las zonas ribereñas al lago, con valores próximos a los 1200 mm. En el plano N° 3 se puede advertir un alargamiento de la zona pluviosa hacia el oeste (sector de Quillisani e inclusive hasta Ayaviri) a diferencia de las precipitaciones promedio (período 1960-1990) que muestran a la cabecera del Ramis (Sector de Santa Rosa hasta Crucero) como zonas de elevada precipitación anual. Conforme descendemos hacia el sur, se puede advertir que, las precipitaciones para este año (1985) tienen similar comportamiento a las precipitaciones medias y sus volúmenes de precipitación no difieren significativamente de los valores medios.

En lo que respecta a períodos secos, el año 1983 se presenta como el menos lluvioso, registrándose en

el conjunto del sistema una precipitación inferior al 50% del promedio (período 1960-1990), la cual dio como consecuencia una sequía que afectó toda la actividad agrícola. Al analizar los antecedentes históricos disponibles, el año 1983 resultó ser uno de los más críticos, provocando pérdidas económicas muy fuertes.

El plano N° 4, muestra una distribución espacial de la precipitación similar a la precipitación media, variando simplemente en los volúmenes precipitados.

En la zona más húmeda del sistema, ubicada en el lago Titicaca, la precipitación para el año 1983 alcanza el 75% del promedio para el período considerado, conforme avanzamos hacia el sur la pluviosidad desciende bruscamente en el sector de Calacoto con el 50% del promedio y más al sur los valores son extremos, así por ejemplo, para San Martín y Salinas de Garci Mendoza la precipitación registrada es de 47 y 48 mm, respectivamente es decir, que en este sector la precipitación para el año 1983 es inferior a 20% del valor medio anual.

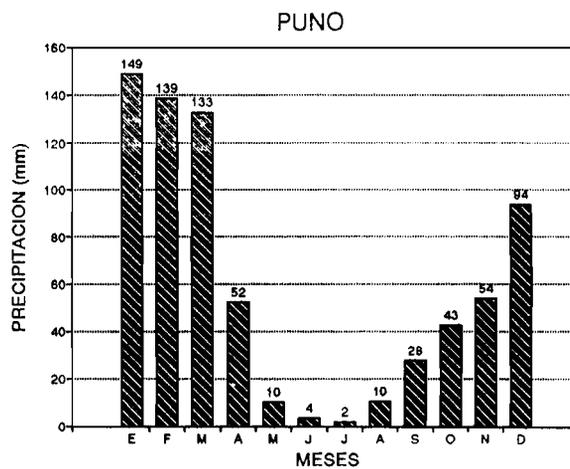
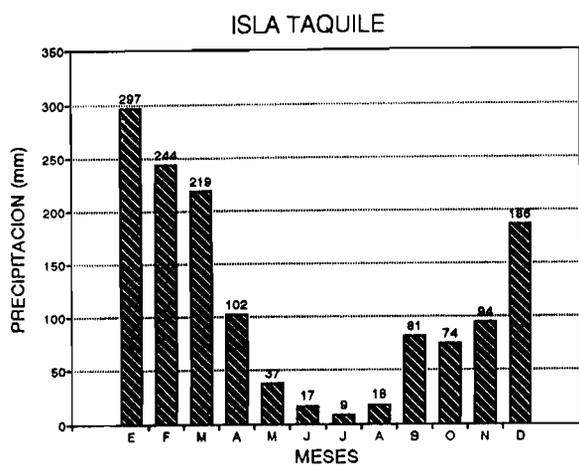
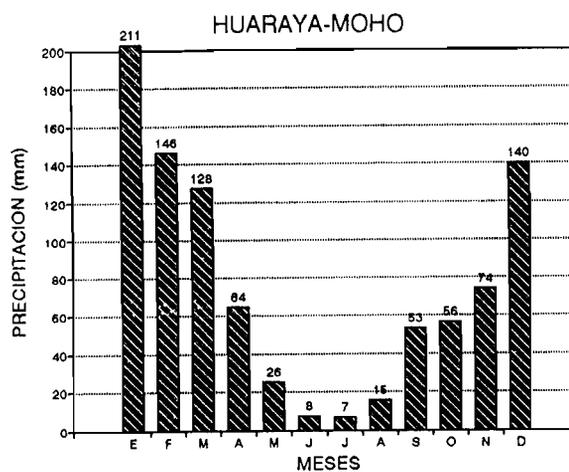
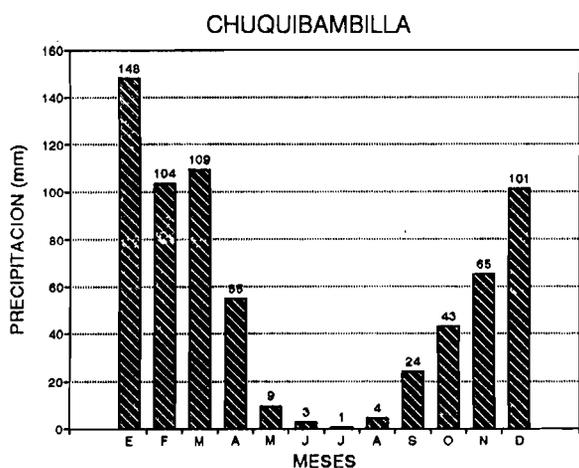
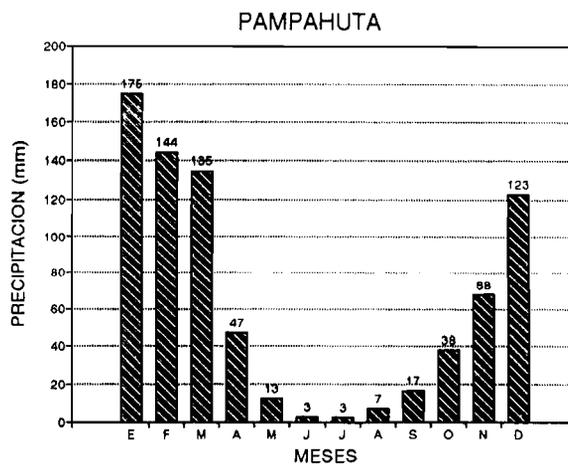
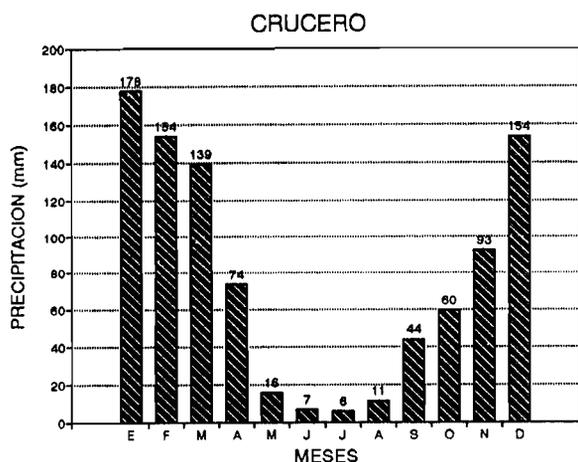
### **3.1.5. Régimen de Precipitación Estacional**

Las características estacionales del clima en el sistema TDPS se manifiestan principalmente en la variación del régimen de las precipitaciones. Se sabe que los cultivos no sólo son afectados por la poca precipitación total anual, sino también por su irregular distribución a lo largo del año.

En la Fig. 3.1.1 se ha dibujado para una serie de estaciones la distribución mensual de la precipitación con el fin de presentar sus características en todo el sistema. Fácil es apreciar el carácter eminentemente estacional de la misma y en todo el sistema se presentan dos períodos, uno más lluvioso, localizado en el verano (Debido al descenso de la zona de convergencia intertropical), y otro con precipitaciones menores en el invierno (La dislocación hacia el norte de la zona de convergencia intertropical ocasiona un movimiento de aire muy seco y estable).

En toda la región y tal como se ha dicho, el carácter estacional de las precipitaciones es evidente y con el objeto de valorar cuantitativamente esta característica se han calculado con respecto al total anual los porcentajes de la precipitación mensual (Ver tabla 3.1.2)

Fig. N° 3.1.1 : REGIMEN DE DISTRIBUCION TOTAL MENSUAL DE LAS PRECIPITACIONES  
PERIODO : 1960 - 1990



Continua...

Fig. N° 3.1.1 : REGIMEN DE DISTRIBUCION TOTAL MENSUAL DE LAS PRECIPITACIONES  
PERIODO : 1960 - 1990

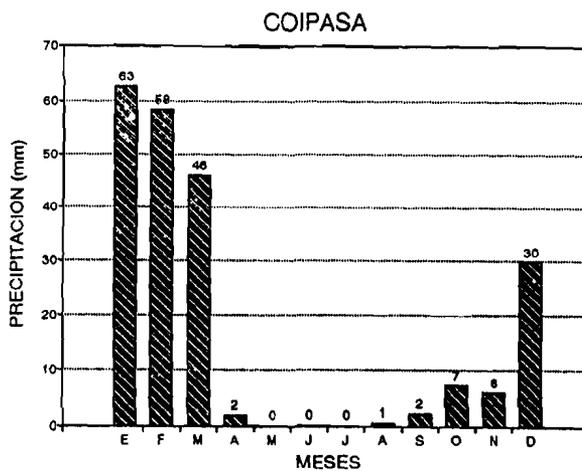
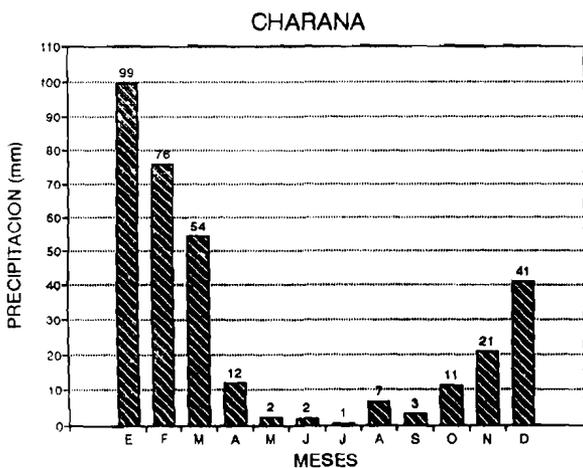
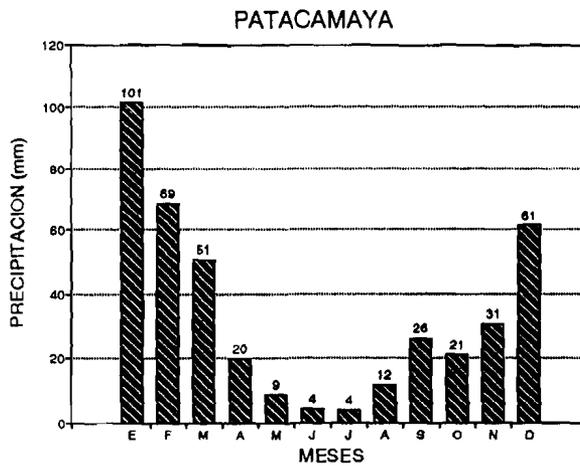
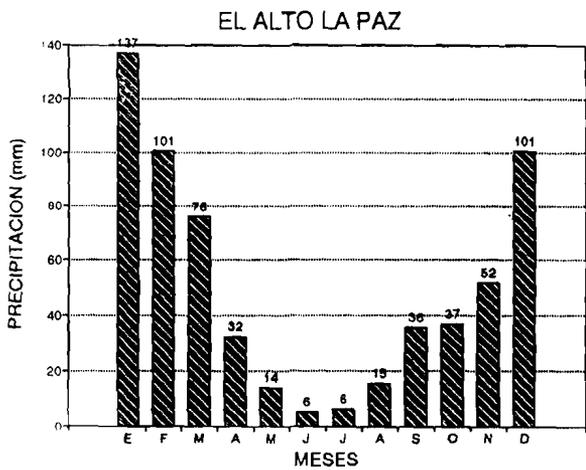
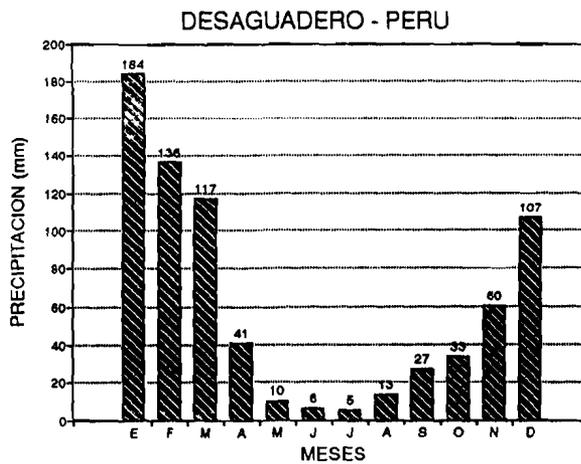
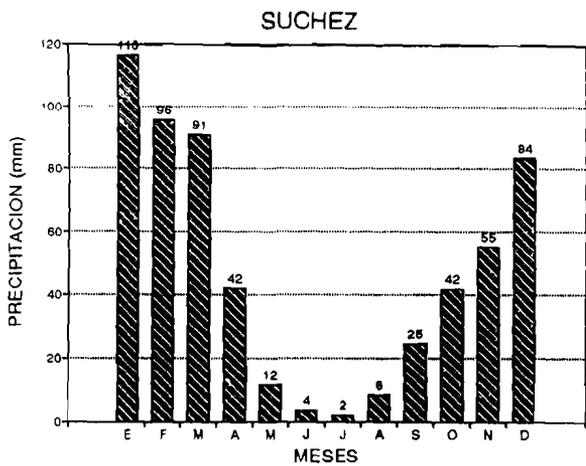


TABLA N° 3.1.2 : PRECIPITACION MENSUAL EXPRESADA EN PORCIENTOS DEL TOTAL ANUAL  
PERIODO: 1960 - 1990

COD.	ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO
704	JULIACA	22	17	16	7	2	1	0	1	4	7	10	14	599
708	PUNO	21	19	19	7	1	1	0	1	4	6	8	13	717
761	LLALLY (*)	23	19	16	6	1	0	0	1	3	5	9	16	758
762	PAMPAHUTA	23	19	17	6	2	0	0	1	2	5	9	16	771
763	LAGUNILLAS	24	21	17	6	1	0	0	1	2	4	8	15	667
764	CHUQUIBAMBILLA	22	16	16	8	1	0	0	1	4	6	10	15	666
776	AYAVIRI	21	16	15	8	1	0	0	2	3	7	11	16	688
778	PROGRESO	20	16	17	8	2	0	0	1	4	6	11	15	623
779	LAMPA	21	17	14	8	1	1	0	1	4	7	10	16	710
780	CABANILLAS	22	20	17	6	1	0	0	1	3	5	9	15	635
781	AZANGARO (*)	20	16	14	9	1	1	0	1	5	6	11	15	587
782	ISLA LOS UROS	21	19	18	7	2	0	0	2	3	5	7	14	707
783	ARAPA	20	16	17	8	2	1	0	2	4	7	10	14	700
784	SALCEDO	22	21	18	6	1	1	0	1	4	5	8	13	753
785	MUNANI	22	17	13	8	1	0	0	1	5	6	11	16	620
786	HUANCANE	21	16	15	7	2	1	1	1	5	6	10	15	686
787	HUARAYA-MOHO	23	16	14	7	3	1	1	2	6	6	8	15	929
788	CAPACHICA	22	19	17	7	2	1	0	1	4	5	8	14	808
878	MAZO CRUZ	26	22	18	4	1	0	0	2	2	4	7	14	549
879	ILAVE	22	20	15	6	2	1	1	2	5	5	8	13	715
880	JULI	21	20	16	7	2	1	0	1	4	5	8	14	862
881	PIZACOMA	24	21	16	6	1	0	0	1	2	3	8	16	672
882	YUNGUYO	23	18	15	6	3	1	1	2	5	5	8	15	850
883	DESAGUADERO (PERU)	25	18	16	6	1	1	1	2	4	5	8	14	741
888	ILLPA	22	21	18	7	1	1	0	1	5	5	7	12	680
4380	COLINI (*)	23	20	19	6	1	0	0	1	2	4	8	14	732
7331	ATECATE (*)	25	19	19	7	1	0	0	1	2	3	6	16	811
7401	QUILLISANI (*)	21	20	17	7	2	0	0	2	3	5	9	15	843
7402	SANTA ROSA	20	17	15	7	1	0	0	2	5	6	12	15	1056
7403	JARPANA (*)	22	20	19	6	2	0	0	1	3	4	9	14	759
7404	NUNOA	20	19	16	5	2	0	1	1	3	8	10	14	715
7406	ANTAUTA (*)	16	15	18	6	3	1	1	3	7	8	10	14	663
7407	ORURILLO	22	16	16	8	2	1	0	1	4	6	10	15	706
7408	PARATIA	22	21	17	5	2	1	1	2	2	5	9	15	978
7410	PUCARA	20	17	15	7	1	0	0	1	4	7	10	16	762
7411	MANAZO (*)	26	21	16	5	2	1	0	1	3	4	7	15	685
7412	UMAYO	23	20	18	7	1	0	0	1	3	5	8	14	648
7413	TARACO (PERU)	22	16	15	7	1	1	0	1	5	6	10	15	613
7414	PUTINA	22	16	13	8	2	1	1	1	5	7	11	15	694
7415	CRUCERO	19	16	15	8	2	1	1	1	5	6	10	16	935
7416	ISLA TAQUILE	22	18	16	7	3	1	1	1	6	5	7	14	1380
7419	ANANEA	20	15	15	7	3	1	1	2	5	7	9	15	666
7421	COJATA	20	16	14	8	2	1	1	2	5	7	9	14	753
7425	CONIMA	24	17	15	9	1	1	1	1	4	6	7	13	917
7426	SANTA LUCIA	22	20	19	5	1	0	0	1	3	4	8	16	610
8316	LARAQUERI	23	20	16	6	1	1	1	1	4	5	8	15	757
8320	VILACOTA	29	25	20	2	0	0	0	1	1	3	5	13	468
8326	CAPAZO	27	25	19	3	1	0	0	1	1	3	5	14	549
8327	CHALLAPALCA	26	23	19	3	1	1	0	2	0	2	7	15	386
8328	PAUCARANI	27	24	17	3	1	1	1	1	2	2	6	15	388
8329	CHILLIGUA	26	20	17	5	1	0	0	1	3	4	7	15	616
8330	CHUAPALCA	30	24	17	3	0	0	0	1	1	2	8	14	382

Continua...

TABLA N° 3.1.2 : PRECIPITACION MENSUAL EXPRESADA EN PORCIENTOS DEL TOTAL ANUAL  
PERIODO: 1960 - 1990

COD.	ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO
ABA	ABAROA (*)	30	24	16	3	1	1	0	1	1	2	7	13	306
ACH	ACHIRI	26	19	16	5	0	1	0	1	2	4	8	17	513
AND	ANDAMARCA	41	19	12	0	0	0	0	1	4	6	4	12	195
AYO	AYO AYO	25	16	13	5	2	1	1	3	6	6	7	15	403
BER	BERENGUELA	28	24	16	4	0	0	0	1	2	2	8	14	477
CAL	CALACOTO	28	20	14	4	1	1	0	2	2	4	7	16	379
CAM	CALAMARCA	22	17	12	6	2	0	1	3	6	6	8	16	396
CAR	CARACOLLO	22	19	15	4	0	0	1	2	6	5	8	18	439
CCH	CONCHAMARCA	19	15	12	7	3	3	2	4	6	7	9	13	561
CHA	CHAHUAYA	23	16	14	2	3	1	1	3	6	6	8	18	670
CHC	CHACALTAYA (*)	21	16	11	4	3	1	1	3	6	9	10	15	587
CHR	CHARANA	30	23	17	4	1	1	0	2	1	3	6	12	328
CHV	CHUNAVI ALTO	18	15	14	6	4	2	2	3	7	7	8	14	780
CNI	CONIRI	24	17	13	7	2	1	1	1	5	5	9	14	569
COI	COIPASA	29	27	21	1	0	0	0	0	1	3	3	14	214
COL	COLLANA	23	17	13	6	2	1	1	2	6	6	10	14	564
COM	COMANCHE	25	19	14	5	1	1	1	2	5	4	8	15	545
COP	COPACABANA	23	17	13	7	3	1	1	2	5	5	8	14	865
COR	CORQUE	36	18	18	3	0	0	0	1	3	2	6	13	449
COS	COSAPA	31	24	16	1	0	0	0	1	1	3	8	14	385
CRP	CORPAPUTO	22	16	13	6	3	2	1	2	5	5	8	16	647
ELA	EL ALTO LA PAZ	22	16	12	5	2	1	1	3	6	6	8	16	612
ELB	EL BELEM	19	16	12	5	4	1	1	2	5	9	8	17	500
ESC	ESCOMA (*)	21	16	15	9	4	1	1	3	6	5	7	13	546
EUC	EUCALIPTUS (*)	26	18	14	3	1	0	1	2	7	5	8	17	395
GUA	GUAQUI (*)	22	18	14	5	2	1	2	2	5	6	9	13	753
HUA	HUACHACALLA	30	23	17	2	0	0	0	0	1	3	6	17	442
HUAT	HUATAJATA	22	17	12	7	2	1	1	2	5	6	9	17	789
HUR	HUARINA COTA COTA	22	15	14	7	2	1	1	2	5	7	9	16	597
ICH	ICHUCOTA	22	18	13	6	3	1	1	2	4	5	10	15	687
IRP	IRPA CHICO	24	17	14	5	3	1	1	2	5	6	8	14	478
JES	JESUS DE MACHACA (*)	27	16	15	6	2	0	1	1	3	5	8	17	626
NAZ	NAZACARA	30	19	13	5	1	0	0	2	3	4	7	15	474
ORI	ORINOCA	34	20	12	2	0	0	1	3	3	3	5	17	366
ORU	ORURO	23	21	14	5	1	1	1	3	6	4	7	14	381
PAT	PATACAMAYA	25	17	12	5	2	1	1	3	6	5	8	15	409
PAZ	PAZNA	22	24	18	3	1	0	0	2	5	4	6	16	538
PEN	PENAS	22	14	14	6	3	1	1	2	5	8	10	16	686
PIL	PILLAPI	21	16	15	6	2	1	1	2	6	5	9	15	708
PUA	PUERTO ACOSTA	23	17	11	7	3	1	1	2	6	6	7	14	768
QUI	QUILLACAS	36	17	16	1	1	0	1	2	5	2	6	14	276
SAC	SACABAYA	30	24	20	2	0	1	0	0	1	3	6	13	193
SAJ	SAJAMA (*)	33	24	15	1	0	0	0	0	0	3	6	17	327
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	39	29	15	1	0	0	0	1	1	1	2	11	235
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	27	24	17	4	0	1	0	1	2	2	8	14	478
SAN	SAN ANDRES DE MACHACA	25	16	16	6	1	1	1	1	3	4	9	17	569
SHU	SANTIAGO DE HUATA	22	14	8	6	4	2	1	3	5	8	10	17	599
SIC	SICASICA	25	18	13	5	2	1	1	2	5	5	9	14	383
SJA	SAN JOSE ALTO	27	23	13	6	1	1	0	2	3	3	7	15	333
SJK	SAN JOSE DE KALA	31	28	13	2	0	0	1	1	4	2	4	15	396
SMA	SAN MARTIN	37	21	16	1	0	0	0	1	3	3	5	12	281
SOL	ISLA DEL SOL	23	16	15	7	1	1	1	2	6	6	8	14	799
SUC	SUCHEZ	20	17	16	7	2	1	0	1	4	7	10	15	577
TAC	TACAGUA	25	20	16	3	1	0	0	2	5	4	8	17	395
TAM	TAMBILLO	22	15	13	6	2	1	1	2	7	7	10	15	608
TAR	TARACO (BOL.)	22	18	15	6	2	1	1	2	5	6	8	14	763
TIA	TIAHUANACU	21	16	14	7	2	1	1	2	6	6	10	14	648
TOD	TODOS SANTOS	29	30	16	2	0	0	0	0	1	3	5	14	280
TUR	TURCO	30	22	21	2	0	0	0	2	1	2	5	14	489
ULL	ULLOMA (*)	29	20	17	3	1	0	0	1	2	4	7	16	365
UMA	UMALA	26	21	14	5	1	0	1	2	4	3	7	17	414
VIA	VIACHA	23	16	12	7	3	1	1	2	5	6	9	15	521

(F) Estacion fuera del sistema TDPS

(\*) Estacion clausurada

El conjunto de estaciones del sistema TDPS muestra gran estacionalidad en la precipitación, ya que, en promedio el 73 por ciento se produce de Diciembre a Marzo, y el 81 por ciento de Noviembre a Marzo. Los valores de las estaciones oscilan entre 68 y 92 por ciento para el primer período (Nov.- Mar.) y entre 75 y 94 por ciento para el segundo (Dic.- Mar.).

### **3.1.6. Análisis de precipitaciones extremas**

El análisis de precipitaciones extremas, para definir los eventos de tormenta (sobre la base de registros diarios), mapeamiento de isomáximas y regionalización de precipitaciones en 24 horas, se presenta en el Apéndice 3 del presente capítulo.

### **3.1.7. Otras formas de precipitación**

#### **3.1.7.1. Número de días con granizo**

La gran irradiación solar existente en la zona en estudio produce una dilatación del aire próximo al suelo y este se hace más liviano, en consecuencia se forma un movimiento de aire ascendente que originan frecuentemente cumulonimbos de mucha altura, y cuanto más altos estén los extremos superiores de las nubes, tanto más probabilidad de granizo existe.

La importancia del estudio del granizo reside en los daños considerables que produce en la agricultura, debido a que normalmente este tipo de precipitación tiene una gran intensidad, más que duración o volumen de agua que proveen.

Normalmente resulta muy difícil detectar la frecuencia de las granizadas, ya que su ocurrencia es función de una variedad de condiciones atmosféricas.

De acuerdo a los datos disponibles, se trazaron isolíneas del número de días con granizo por año, estas isolíneas indican la distribución espacial del riesgo de granizo en todo el sistema. (ver plano N° 5). Analizando el plano tenemos que: la isolínea que representa el número de días con granizo mayores a 20 días por año, se presenta normalmente a altitudes de 4800 m aproximadamente, o superiores, es decir, en toda la parte norte del sistema (Cabeceras de la cuenca del río Ramis, río Suchez y Cuenca del río Coata) y sector Oeste (Cabeceras de la cuenca del río Ilave).

El mayor número de días con granizo en todo el sistema, se registra en Quillisani con 63 días (período 1971-1979 y altitudes de 4600 m). Conforme disminuye la altitud y nos aproximamos al lago Titicaca, el número de días con granizo disminuye paulatinamente hasta llegar a valores menores de 5 días de granizo por año.

Para el sector sur del sistema, la información disponible es insuficiente, pero por los datos que se disponen, se puede suponer que los valores están por debajo de los 5 días de granizo por año (debido seguramente a la baja humedad y a las condiciones orográficas).

Las características estacionales del granizo, son similares a las de la lluvia, es decir, que se presenta con mayor frecuencia en el verano (Noviembre-Marzo). Puesto que este fenómeno puede producirse en cualquier época del año, no se puede identificar un régimen definido en su comportamiento general.

#### **3.1.7.2. Número de días con Nieve**

Existen solo 2 estaciones que registran este fenómeno atmosférico: la estación de Puno y la estación de Caracollo, con 3 y 1.2 días de nieve al año respectivamente. Esta información es de carácter puntual y no permite describir una caracterización regional a nivel sistema T.D.P.S.

### **3.2 TEMPERATURA DEL AIRE**

#### **3.2.1 Introducción**

La temperatura expresa numéricamente el efecto que en los cuerpos produce el calor originado por el balance entre la radiación emitida y la recibida. El aire se calienta o enfría a partir del suelo por distintos métodos de transmisión y por los cambios de estado físico del agua atmosférica.

Las mediciones de temperatura usadas en el estudio, son las que se tomaron bajo abrigos normalizados a 1,50 metros sobre el nivel del suelo. Se han analizado las series históricas de 60 estaciones meteorológicas, ubicadas dentro del área de estudio y de 3 estaciones exteriores en calidad de apoyo; todas ellas pertenecen a la red de los servicios nacionales de meteorología e hidrología de Bolivia y Perú.

Es necesario subrayar que, la temperatura constituye un factor limitativo para el desarrollo de las plantas y en consecuencia de la agricultura, por lo que el estudio de esta variable merece una especial atención.

La información meteorológica disponible ha permitido efectuar el análisis a nivel mensual de la frecuencia y distribución de los valores de temperaturas medias, máximas y mínimas, así como de la oscilación térmica y de los riesgos de helada.

Las principales variables que determinan el régimen térmico son: latitud (más frío al Sur que al Norte por la proximidad al Ecuador); longitud (más frío al Oeste que al Este por la influencia de las masas de aire amazónicas); altitud (por la conocida propiedad de la tropósfera de que la temperatura disminuye con la altura) y finalmente el efecto termoregulador del lago (la influencia de la imponente masa de agua se hace sentir por una reducción de las amplitudes de temperaturas y, en menor medida, sobre los valores de las temperaturas medias con relación a lo que podrían ser a estas altitudes).

Las isotermas del sistema T.D.P.S. (Planos 6 a 8) fueron trazadas sobre la base de los datos históricos y a las correlaciones establecidas entre temperatura y altitud y con el apoyo de los mapas topográficos escala 1: 250.000. Vale la pena mencionar que en el trazado de las isolíneas se presentaron ciertas dificultades debidas principalmente a la insuficiente cobertura de las estaciones (en el sector del Sur de la cuenca y a la escasez de observatorios por encima de los 4000 metros, de las que solo uno (Chacaltaya) se localiza por encima de los 5000. Los datos de algunas estaciones situadas fuera de la cuenca (Ej.: Macusani) fueron tomados en consideración para obtener una mejor definición de las isolíneas en los sectores marginales.

Los valores en los picos elevados de los sectores Nor y Suroriental fueron estimados sobre la base de gradientes teóricos (0,6°C por cada 100 m) por no contar con observatorios de altitud que permitan hacer un cálculo real.

### **3.2.2. Régimen de Temperaturas Medias**

Debido a diferencias de latitud, longitud, altitud, exposición a los vientos y al sol e influencia del lago, existen fuertes variaciones en la distribución de la temperatura del aire en la región. El plano N° 6 muestra las isotermas medias anuales, que son el

resultado de la semisuma de las temperaturas máximas y mínimas, y a su vez esos resultados se promedian mensual y luego anualmente, para llegar a los valores que sirven de base para trazar la carta de isotermas medias anuales.

Por los fuertes contrastes que se presentan en varias zonas de la cuenca, resultado principalmente de la orografía, influencia del Lago y de los movimientos de masas de aire que recorren la cuenca, las isotermas medias anuales no son totalmente representativas del régimen térmico, una definición de este régimen requiere considerar los datos de temperaturas mensuales, o cuando menos la de los meses más característicos del fenómeno, así como los valores máximo y mínimos observados.

En consideración a lo expuesto, en toda la cuenca las temperaturas medias más bajas se produce en Julio, mientras que las más elevadas se registran de Noviembre a Marzo, por lo general centradas en Enero (ver figura 3.2.1.).

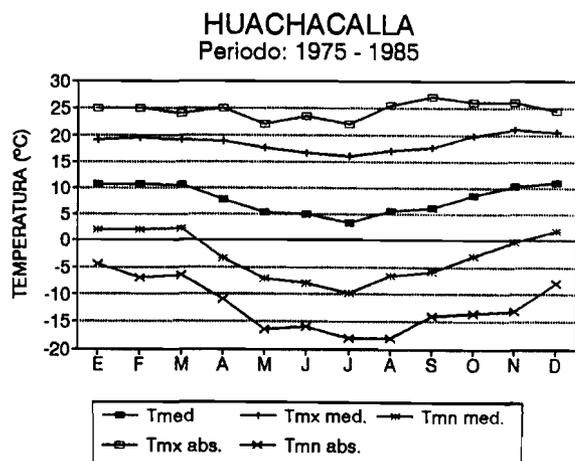
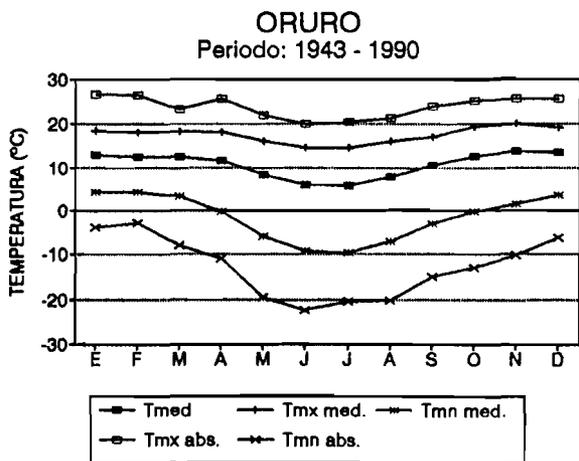
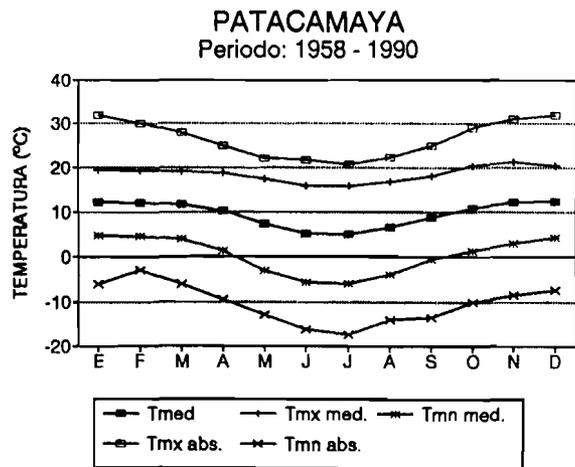
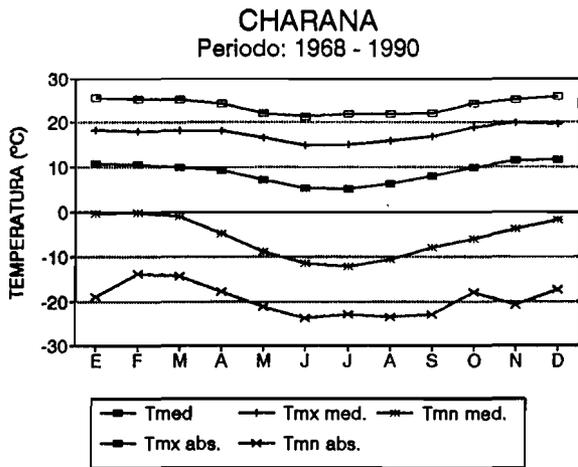
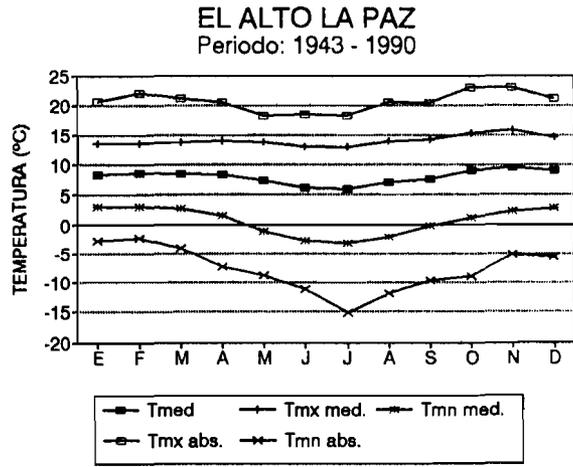
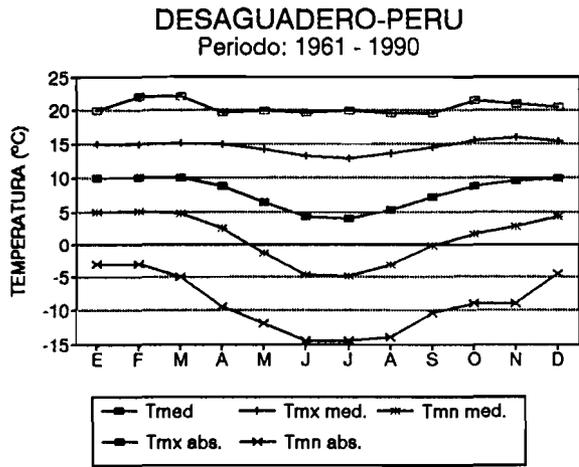
Como generalmente las zonas altas del sistema T.D.P.S. carecen de estadísticas de temperatura, es necesario estimarlas para poder trazar las isotermas. Para ello, se han utilizado gradientes térmicos variables según longitud, latitud y tomando la cota de los glaciares como nivel de referencia (Ver Fig. 3.2.2 y anexo de temperatura).

De los contrastes efectuados se ha decidido utilizar los siguientes gradientes de temperatura por sectores: El noroeste con un gradiente térmico de 0,74 °C por cada 100 metros; 0,86 el suroeste y en los sectores nor y sureste se tomó el gradiente teórico de 0,60 °C por cada 100 metros.

El sector noroeste es el que tiene las temperaturas medias más elevadas para todas las altitudes (por ejemplo 2,9 °C para 5.000 metros), seguido del sector sureste (0,8 °C) y, siendo el más frío el sector suroeste con -2,8 °C para los 5.000 metros sobre el nivel del mar. Por lo tanto parece que la longitud geográfica (proximidad al Amazonas) ejerce una mayor influencia que la latitud (proximidad al Ecuador), quedando el sector suroeste sin el efecto "suavizador" de ambos focos "cálidos".

Las isotermas medias anuales (Plano No. 6), al igual que de la tabla 3.2.1, indican que la región más fría es el sector suroeste (zona de Sajama) con valores que alcanzan a -8 °C. Siguen en orden de regiones frías,

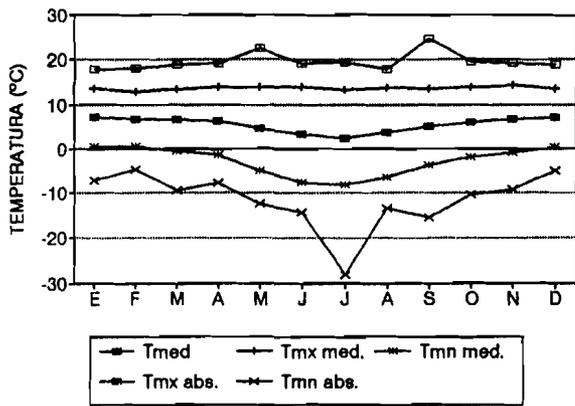
**FIG. N° 3.2.1 : REGIMEN DE TEMPERATURAS MEDIAS Y ABSOLUTAS**



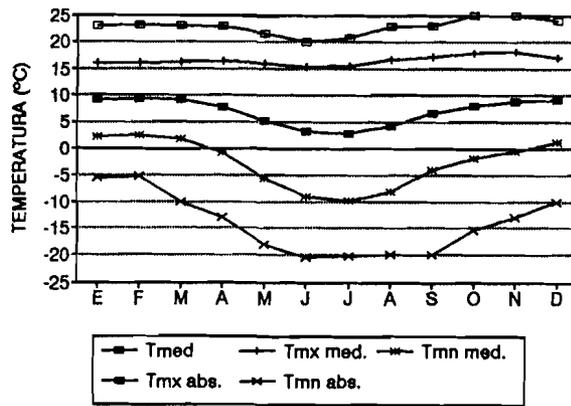
Continua...

**FIG. N° 3.2.1 : REGIMEN DE TEMPERATURAS MEDIAS Y ABSOLUTAS**

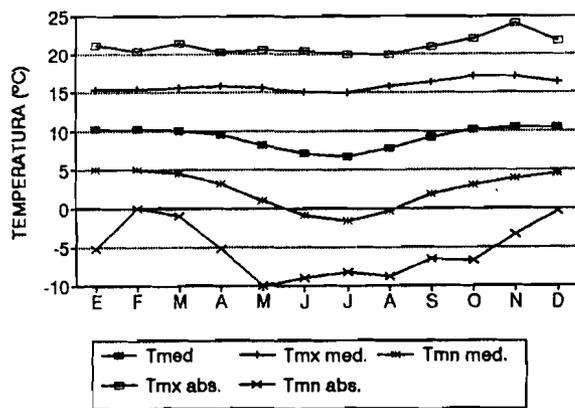
**MACUSANI**  
Periodo: 1964 - 1990



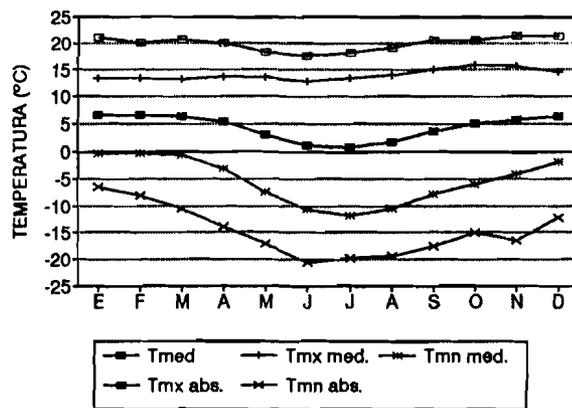
**CHUQUIBAMBILLA**  
Periodo: 1954 - 1990



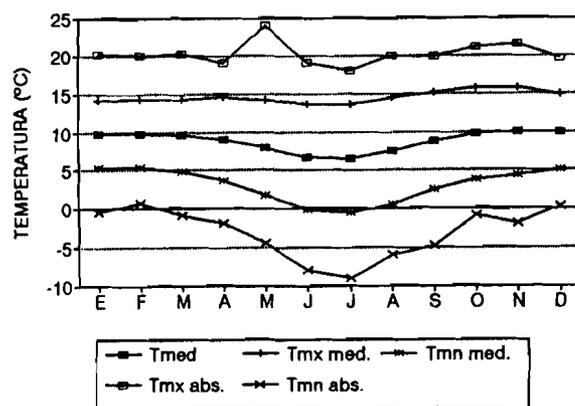
**ARAPA**  
Periodo: 1964 - 1990



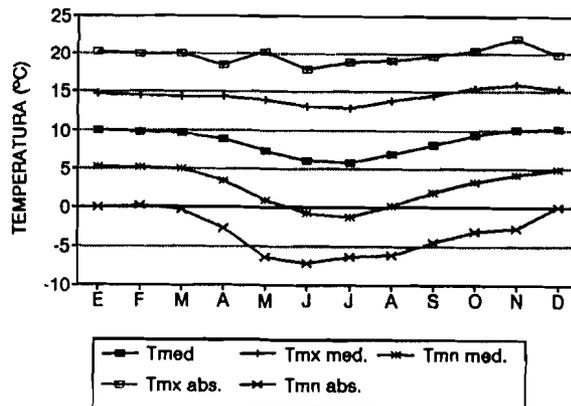
**PAMPAHUTA**  
Periodo: 1961 - 1990



**HUARAYA-MOHO**  
Periodo: 1956 - 1990



**PUNO**  
Periodo: 1964 - 1990



### CONTRASTE DE GRADIENTES TERMICOS Temperaturas medias

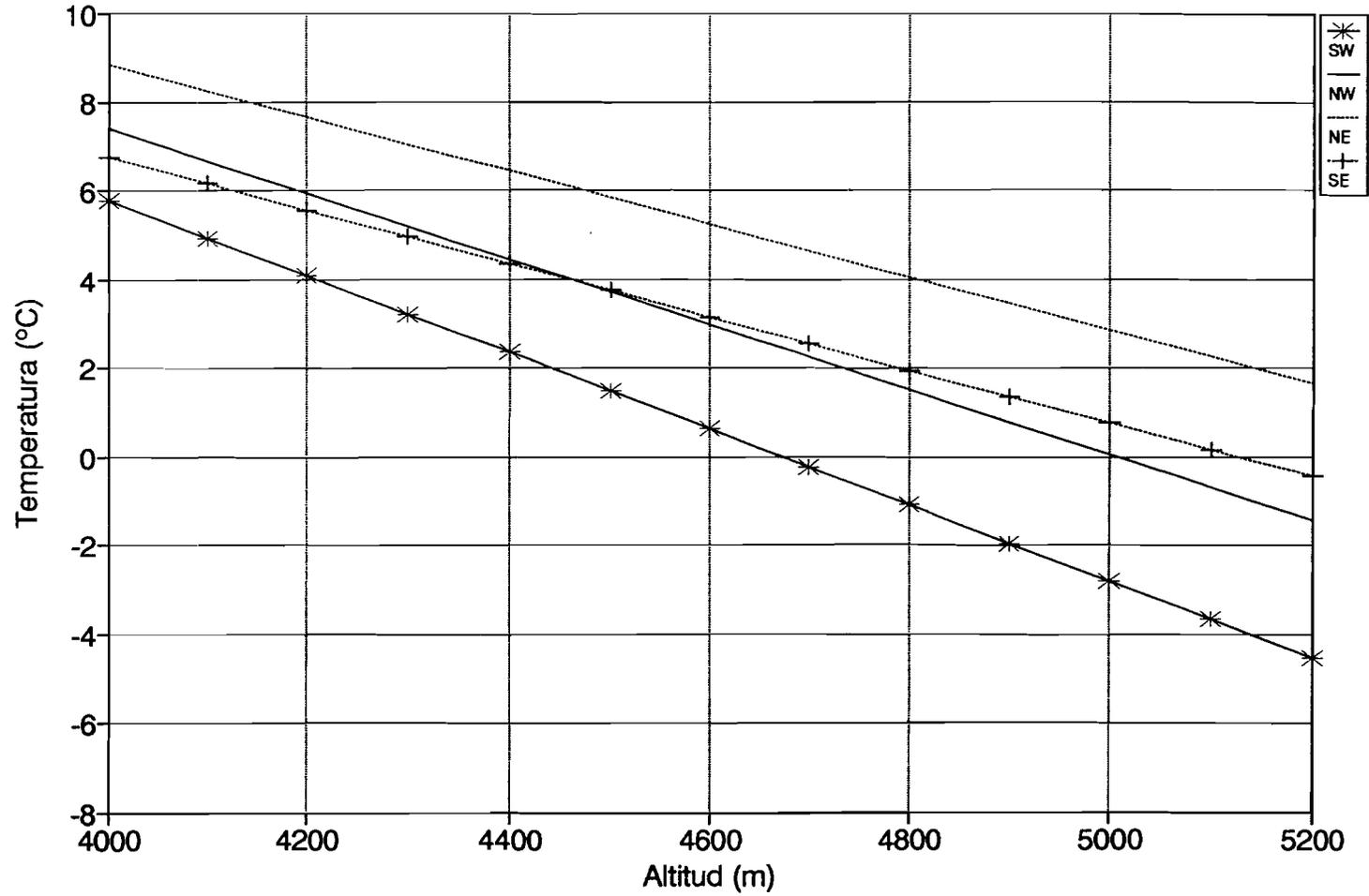


FIGURA 3.2.2

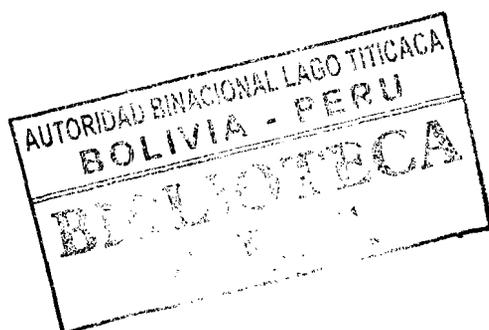
TABLA N° 3.2.1 :

## PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL DE LA TEMPERATURA DEL AIRE

COD.	ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO
704	JULIACA	10.1	10.2	9.8	8.8	6.4	4.9	4.3	5.9	7.8	9.4	10.2	10.2	8.2
708	PUNO	9.9	9.8	9.6	8.9	7.4	6.1	5.8	6.9	8.2	9.4	10.0	10.1	8.5
761	LLALLY (*)	8.6	8.7	8.3	7.3	5.3	3.9	3.5	4.6	6.5	7.8	8.5	8.8	6.8
782	PAMPAHUTA	6.6	6.6	6.3	5.3	3.1	1.2	0.8	1.7	3.6	4.9	5.8	6.4	4.4
763	LAGUNILLAS	7.6	7.6	7.4	7.1	5.6	4.1	4.0	4.7	6.2	7.3	7.9	7.8	6.4
764	CHUQUIBAMBILLA	9.2	9.3	9.1	7.8	5.2	3.2	2.8	4.3	6.7	8.1	8.8	9.1	7.0
776	AYAVIRI	9.3	9.3	9.2	8.3	6.1	4.2	3.7	5.1	7.5	9.0	9.6	9.6	7.6
777	MACUSANI (F) (*)	7.1	6.7	6.5	6.3	4.5	3.2	2.5	3.6	4.9	6.0	6.7	7.0	5.4
778	PROGRESO	9.7	9.6	9.5	9.1	7.7	6.6	6.2	7.4	8.7	9.8	10.1	9.8	8.7
779	LAMPA	9.7	9.6	9.5	8.5	6.4	5.0	4.6	5.9	7.5	8.5	9.4	9.7	7.9
780	CABANILLAS	10.3	10.2	10.0	9.6	8.1	7.0	6.7	7.8	9.1	9.9	10.5	10.5	9.2
781	AZANGARO (*)	10.0	10.0	9.7	9.0	7.0	5.5	5.4	6.4	8.3	9.8	10.1	10.2	8.5
783	ARAPA	10.2	10.2	10.0	9.5	8.3	7.1	6.7	7.8	9.2	10.1	10.5	10.5	9.2
784	SALCEDO	9.7	9.6	9.5	8.8	7.3	6.1	5.9	6.9	8.2	9.4	9.9	10.0	8.4
785	MUNANI	9.2	9.4	9.2	8.9	7.5	6.4	6.1	7.3	8.4	9.2	9.4	9.5	8.4
786	HUANCANE	9.1	9.1	8.8	8.1	6.3	5.0	4.5	5.7	7.4	8.8	9.3	9.2	7.6
787	HUARAYA-MOHO	9.8	9.8	9.6	9.1	7.9	6.7	6.5	7.5	8.8	9.8	10.0	9.9	8.8
788	CAPACHICA	8.9	9.0	8.9	8.5	7.1	6.1	5.7	6.5	7.7	8.4	8.7	8.8	7.9
878	MAZO CRUZ	8.0	7.7	7.4	5.2	2.3	0.5	-0.1	1.2	3.2	4.8	6.3	7.3	4.5
879	ILAVE	9.4	9.3	9.3	8.7	6.7	5.2	4.8	5.9	7.6	8.8	9.4	9.6	7.9
880	JULI	9.3	9.2	9.2	8.6	7.4	6.0	5.6	6.6	7.9	9.0	9.5	9.6	8.2
881	PIZACOMA	9.2	9.2	8.9	8.0	6.0	4.2	4.2	5.2	7.1	8.1	9.3	9.7	7.4
882	YUNGUYO	9.2	9.2	9.1	8.3	6.5	5.2	4.9	6.0	7.3	8.7	9.6	9.4	7.8
883	DESAGUADERO(PERU)	10.0	10.0	10.0	8.7	6.4	4.2	3.9	5.3	7.2	8.7	9.4	9.8	7.8
885	HUAPACA SANTIAGO	10.2	9.7	9.7	9.0	7.1	5.6	5.1	6.5	7.7	9.2	10.5	10.9	8.4
886	HUACULLANI (PERU)	9.6	8.9	9.0	8.2	7.3	5.7	4.9	6.1	7.3	8.9	9.4	9.9	7.9
888	ILLPA	9.5	9.4	9.3	8.1	6.0	4.3	3.6	5.3	6.8	8.1	9.1	9.6	7.4
AYO	AYO AYO	10.5	10.5	10.0	8.4	5.8	3.8	3.4	5.0	7.1	9.1	10.2	10.7	7.9
CAL	CALACOTO	10.6	10.5	10.2	8.3	5.2	3.2	2.8	4.5	6.6	8.8	10.2	10.8	7.6
CAM	CALAMARCA	10.9	10.5	10.2	9.4	7.2	5.4	5.4	6.8	8.7	10.3	10.9	11.4	8.9
CAR	CARACOLLO	13.0	12.9	12.4	10.6	7.4	5.7	6.3	7.9	9.5	11.4	1.4	1.8	8.3
CHC	CHACALTAYA (*)	-0.4	-0.3	-0.6	-0.6	-1.4	-2.2	-2.1	-1.5	-1.6	-0.5	-0.1	-0.2	-0.9
CHR	CHARANA	10.5	10.4	9.9	9.3	7.1	5.0	4.9	6.2	7.9	9.9	11.2	11.5	8.6
CHU	CHUQUINA	11.8	11.7	11.8	11.0	8.8	6.1	7.5	9.9	11.3	12.2	12.3	12.2	10.6
COL	COLLANA	10.4	10.4	10.4	9.8	8.1	6.3	6.1	7.2	8.5	10.1	10.9	10.9	9.1
COM	COMANCHE	9.4	9.3	9.1	8.2	6.3	4.2	3.9	5.2	7.0	8.5	9.6	9.6	7.5
COP	COPACABANA	10.1	10.1	10.2	9.8	8.7	7.8	7.5	8.3	9.0	10.1	10.7	10.4	9.4
DES	DESAGUADERO(BOL.)	10.4	10.7	10.9	9.6	7.0	5.3	5.1	6.6	8.3	9.5	10.1	10.5	8.7
ELA	EL ALTO LA PAZ	8.3	8.5	8.5	8.3	7.3	6.1	5.9	7.0	7.6	9.0	9.6	9.0	7.9
ELB	EL BELEM	9.0	9.1	9.0	7.6	5.5	3.9	3.6	5.1	6.7	8.1	8.6	9.0	7.1
EUC	EUCALIPTUS (*)	12.6	12.4	12.1	10.9	7.7	5.1	5.3	6.9	9.2	11.6	12.7	12.8	9.9
HUA	HUACHACALLA	10.7	10.7	10.6	7.8	5.3	5.0	3.3	5.6	6.2	8.6	10.3	11.1	7.9
HUAC	HUACULLANI (BOL.)	10.0	9.9	9.9	8.4	6.0	4.4	4.2	5.5	7.2	8.7	-8.1	-8.0	4.8
HUR	HUARINA COTA COTA	9.5	9.4	9.2	8.2	6.0	4.6	4.5	5.8	7.4	9.0	9.7	9.8	7.7
ICH	ICHUCOTA	6.9	6.7	6.9	7.0	6.2	5.2	4.5	4.7	5.1	6.3	7.0	7.3	6.1
IRP	IRPA CHICO	8.9	9.3	8.9	8.0	5.8	4.6	3.9	5.5	7.0	8.2	9.5	9.4	7.4
ORI	ORINOCA	9.0	8.7	9.2	6.9	4.4	2.3	2.0	4.5	5.4	8.0	10.0	9.6	6.7
ORU	ORURO	12.9	12.5	12.5	11.6	8.4	5.9	5.8	8.0	10.4	12.7	13.8	13.5	10.7
PAT	PATACAMAYA	12.2	12.0	11.6	10.2	7.3	5.1	5.1	6.5	8.8	10.8	12.1	12.3	9.5
PAZ	PAZNA	12.2	11.8	11.2	9.0	5.2	3.1	3.3	5.5	8.0	9.5	11.4	12.1	8.5
PUA	PUERTO ACOSTA	10.6	10.0	10.3	9.5	8.1	7.3	6.8	8.2	8.8	9.9	10.4	10.4	9.2
RIO	RIO MULATOS	8.5	9.9	10.0	8.1	4.0	2.4	2.1	2.7	3.8	7.6	8.9	10.3	6.5
SAJ	SAJAMA (*)	5.3	5.3	4.9	3.7	2.5	1.9	2.7	3.0	4.6	5.4	6.8	6.0	4.4
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	13.2	12.5	11.9	9.6	6.2	3.8	3.7	5.0	7.6	9.9	11.7	13.1	9.0
SAN	SANTIAGO DE MACHACA	10.6	9.9	9.8	7.6	5.5	3.7	3.1	5.0	6.4	8.4	9.7	10.6	7.5
SHU	SANTIAGO DE HUATA	11.4	10.4	10.8	10.0	8.7	7.7	7.2	8.0	9.5	10.6	11.2	11.6	9.7
SIC	SICASICA	11.3	10.7	10.6	9.5	7.8	6.0	5.9	7.6	9.1	10.8	11.7	11.6	9.4
SJU	SAN JUAN HUANCOLLO	9.4	9.6	10.0	10.1	8.2	7.4	8.1	7.8	8.0	8.9	7.4	7.2	8.5
SOL	ISLA DEL SOL	9.2	9.0	9.5	9.1	8.5	7.8	7.6	8.2	8.5	8.9	9.5	9.3	8.8
TAC	TACAGUA	12.4	12.1	12.1	10.5	7.8	5.3	5.4	7.4	9.7	11.4	12.6	12.8	10.0
TIA	TIAHUANACU	9.8	10.0	9.7	8.5	5.9	4.2	3.9	5.3	7.1	9.0	10.1	10.0	7.8
UYU	UYUNI (F)	13.3	13.0	12.7	10.0	5.6	3.2	2.9	5.6	7.5	10.1	11.2	13.5	9.0
VIA	VIACHA	10.3	10.3	9.9	8.8	6.3	3.9	3.7	5.3	7.5	9.3	10.3	10.6	8.0

(F) Estacion fuera del sistema TDPS

(\*) Estacion clausurada



los sectores oeste y noroeste (cabeceras de los ríos Ilave, Coata y Ramis). En las zonas de la sub-cuenca del Alto Desaguadero y parte meridional de la cuenca, los valores de temperatura varían entre 6 y 8 °C, abarcando prácticamente cerca del 50% del área total de la cuenca.

Por el contrario las regiones más cálidas del Sistema T.D.P.S se encuentran en el sector este (zona de Eucaliptus - Chuquiña) y alrededor del lago Titicaca, con temperaturas promedio en torno a 9 °C, lo que muestra en este último caso la gran capacidad de almacenamiento de energía y posterior efecto de regulación termal. Se aprecia, igualmente la mayor influencia del Lago en el sector peruano respecto al boliviano, esto probablemente debido a la influencia del recorrido del viento prevaleciente por encima del Lago (el Lago modera las temperaturas del aire, por su capacidad de añadir o disipar grandes masas de calor del aire que los cruza), en el plano N°6 se destaca la prolongación de esta influencia a lo largo del río Azángaro hasta el sector de Progreso.

### **3.2.3. Régimen de Temperaturas Máximas Promedio**

El gradiente de temperatura para las máximas en relación al de las temperaturas medias, es prácticamente igual, salvo en el sector noroeste que presenta un gradiente de solo 0,52 °C por cada 100 metros (Fig. 3.2.3). La temperatura máxima para las zonas por encima de los 5000 metros se calculó tomando el gradiente térmico y restando 6° C por la influencia de los glaciares. Esta influencia de los glaciares en las temperaturas máximas se puede comprobar directamente con la estación de Chacaltaya (única estación por encima de los 5000 m.); así tenemos que, para los 5200 m y aplicando el gradiente de 0,6°C, obtenemos una temperatura máxima de 8,8° C, siendo el valor medido de 2,9°C, lo que demuestra que la disminución de 6°C al valor calculado por el gradiente es razonable.

Las isotermas del plano 7 indican que el sector sureste es la zona más cálida, con valores que se aproximan a los 20 °C (Caracollos - Chuquiña). También se puede ver que en las planicies del sector meridional se registran valores altos, que varían entre 17 y 18 °C. Asimismo, y como se vio en las temperaturas medias, se nota claramente la atemperación de las regiones cercanas al Lago; esta influencia del Lago se pone claramente en evidencia

### CONTRASTE DE GRADIENTES TERMICOS Temperaturas maximas

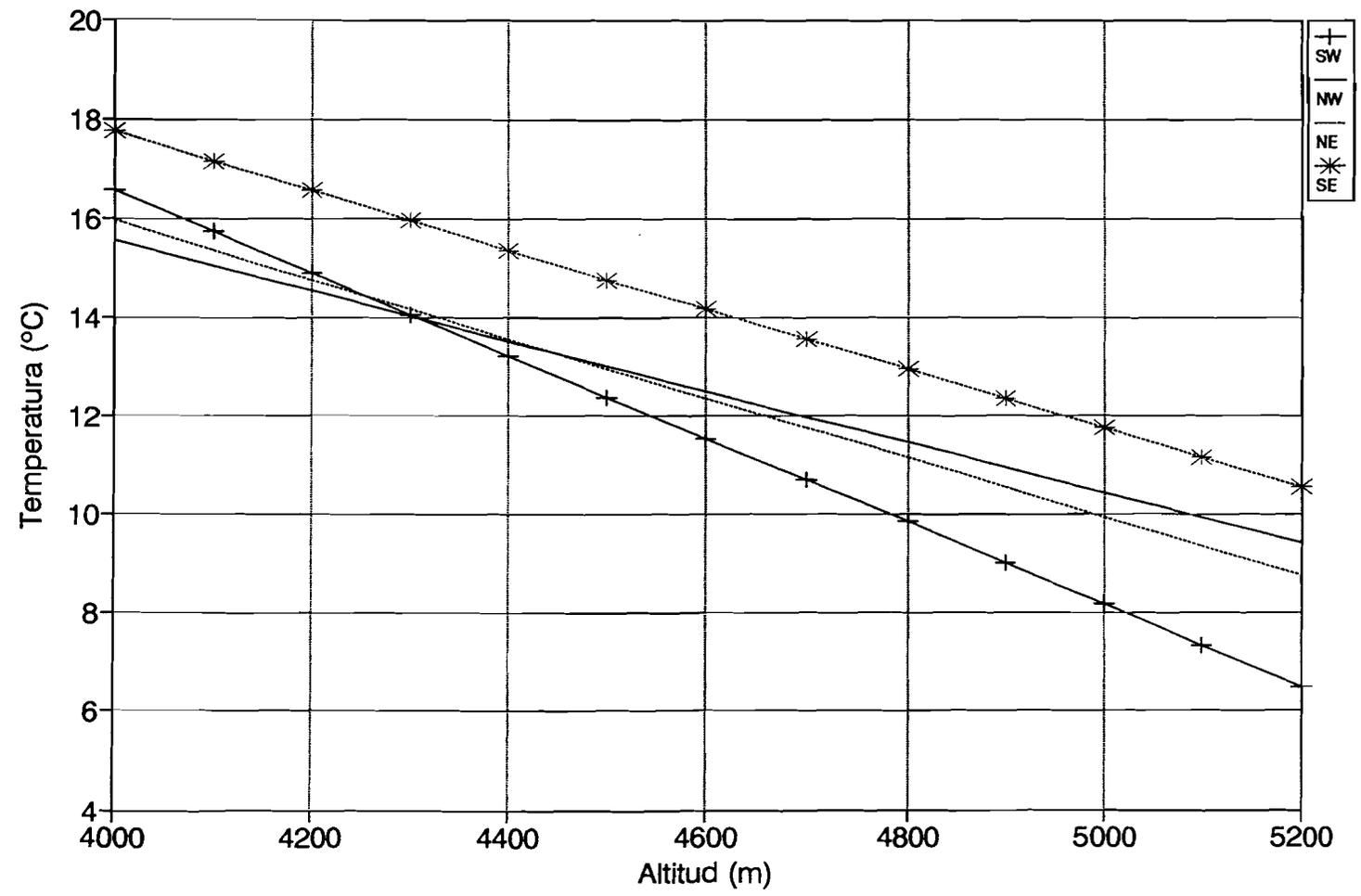


FIGURA 3.2.3

TABLA N° 3.2.2 :

## TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL Y ANUAL DEL AIRE

COD.	ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO
704	JULIACA	16.6	16.6	16.4	16.9	16.7	16.1	16.0	16.9	17.6	18.5	18.8	17.5	17.0
708	PUNO	14.6	14.4	14.3	14.3	13.8	13.1	12.9	13.8	14.5	15.4	15.8	15.3	14.3
761	LLALLY (*)	14.9	14.9	14.7	14.9	14.6	14.2	14.0	14.9	15.7	16.9	17.2	15.9	15.2
762	PAMPAHUTA	13.5	13.5	13.3	13.7	13.6	12.9	13.4	14.0	15.0	15.8	15.6	14.6	14.1
763	LAGUNILLAS	13.8	13.8	13.5	14.2	14.0	13.2	13.2	14.1	15.2	16.2	16.4	15.2	14.4
764	CHUQUIBAMBILLA	16.1	16.0	16.2	16.4	15.9	15.4	15.5	16.7	17.2	18.0	18.1	17.0	16.5
776	AYAVIRI	15.5	15.7	15.7	15.9	15.7	15.1	15.1	15.9	16.8	17.7	17.5	16.6	16.1
777	MACUSANI (F) (*)	13.6	12.8	13.4	13.9	13.8	14.0	13.3	13.7	13.5	13.9	14.3	13.5	13.6
778	PROGRESO	14.8	14.8	15.0	15.5	15.3	14.9	14.7	15.7	16.1	16.8	16.8	15.7	15.5
779	LAMPA	15.8	15.7	15.9	16.3	16.2	15.7	15.7	16.4	17.0	17.5	17.8	16.7	16.4
780	CABANILLAS	16.3	16.1	15.9	16.5	16.3	15.9	15.9	16.4	17.0	17.7	18.0	17.3	16.6
781	AZANGARO (*)	15.4	15.2	15.2	15.7	15.5	15.3	15.3	15.8	16.3	17.1	17.0	16.1	15.8
783	ARAPA	15.4	15.4	15.5	15.8	15.6	15.1	15.0	15.8	16.3	17.1	17.1	16.3	15.9
784	SALCEDO	15.7	15.4	15.5	15.7	15.1	14.5	14.5	15.4	16.1	17.1	17.2	16.6	15.7
785	MUNANI	15.3	15.5	15.6	16.2	16.2	15.8	15.6	16.4	16.6	17.0	16.7	16.1	16.1
786	HUANCANE	14.3	14.4	14.2	14.5	14.4	13.9	13.7	14.2	14.7	15.4	15.6	14.9	14.5
787	HUARAYA-MOHO	14.2	14.3	14.3	14.5	14.2	13.6	13.6	14.5	15.2	15.8	15.7	14.8	14.6
788	CAPACHICA	13.3	13.2	13.3	13.6	13.1	12.8	12.5	13.0	13.4	13.9	14.0	13.5	13.3
878	MAZO CRUZ	15.5	15.1	15.3	15.8	15.1	14.2	14.3	15.4	16.0	17.5	17.6	16.5	15.7
879	ILAVE	14.6	14.3	14.3	14.8	14.4	13.5	13.3	14.2	14.8	15.9	16.2	15.5	14.6
880	JULI	13.8	13.7	13.8	13.8	13.4	12.7	12.3	13.0	13.7	14.6	14.8	14.5	13.7
881	PIZCOMA	16.0	15.6	15.9	16.3	16.0	15.3	15.2	15.8	17.0	18.1	18.8	17.4	16.4
882	YUNGUYO	14.6	14.4	14.5	14.5	13.8	12.9	12.5	13.4	14.0	15.4	15.9	15.2	14.3
883	DESAGUADERO(PERU)	15.0	14.9	15.1	14.9	14.1	13.1	12.7	13.6	14.4	15.5	16.0	15.4	14.6
885	HUAPACA SANTIAGO	15.8	16.0	15.9	15.5	15.0	13.5	13.2	14.9	15.8	16.8	18.1	17.9	15.7
886	HUACULLANI (PERU)	15.7	15.4	15.4	15.1	15.4	13.9	14.1	15.2	16.2	17.1	17.6	17.3	15.7
888	ILLPA	15.7	16.1	15.8	15.7	16.0	15.3	15.1	15.8	16.5	17.1	17.4	17.3	16.1
AYO	AYO AYO	17.3	17.3	17.3	17.7	17.0	15.8	15.4	16.4	16.9	18.7	19.1	18.5	17.3
CAL	CALACOTO	17.4	17.9	17.7	17.9	17.0	15.4	15.5	16.6	17.9	19.5	20.1	19.3	17.7
CAM	CALAMARCA	17.0	16.2	15.9	15.6	13.4	11.5	12.0	13.5	15.3	16.8	17.5	18.0	15.2
CAR	CARACOLLO	20.0	20.7	20.4	21.0	19.4	18.4	18.4	19.6	19.9	21.6	22.5	21.3	20.3
CHC	CHACALTAYA (*)	2.8	2.9	3.1	3.1	2.5	2.3	2.3	3.1	2.4	3.6	3.6	3.4	2.9
CHR	CHARANA	18.2	17.9	18.1	18.1	16.7	14.8	15.0	15.9	16.9	18.8	19.9	19.6	17.5
CHU	CHUQUINA	19.4	19.2	19.9	20.4	19.7	18.6	18.9	19.6	20.2	21.4	21.6	20.7	20.0
COL	COLLANA	16.5	16.8	17.0	17.8	16.9	15.7	15.6	16.3	16.7	18.2	19.0	18.2	17.1
COM	COMANCHE	16.1	15.8	16.8	17.9	18.1	16.8	16.3	17.0	17.6	18.3	18.6	17.4	17.2
COP	COPACABANA	14.8	14.6	14.7	14.5	13.7	12.9	12.6	13.4	14.1	15.1	15.6	15.3	14.3
DES	DESAGUADERO(BOL.)	16.5	16.7	16.9	17.0	16.3	15.3	15.0	15.9	16.3	17.3	17.5	17.2	16.5
ELA	EL ALTO LA PAZ	13.5	13.5	13.7	14.0	13.8	12.9	12.9	13.9	14.2	15.3	15.7	14.7	14.0
ELB	EL BELEM	14.4	14.6	14.9	15.2	14.5	13.5	13.2	14.1	14.4	15.4	15.6	14.9	14.6
EUC	EUCALIPTUS (*)	18.5	18.2	17.9	17.8	16.0	14.4	14.3	15.5	17.0	19.4	20.2	19.1	17.3
HUA	HUACHACALLA	19.2	19.6	19.2	19.0	17.8	16.7	16.2	17.2	17.8	19.9	21.1	20.6	18.7
HUAC	HUACULLANI (BOL.)	14.8	15.5	15.3	15.0	14.7	13.6	13.3	14.3	14.7	15.6	16.5	16.1	15.0
HUR	HUARINA COTA COTA	14.9	14.7	15.3	15.5	15.1	14.1	14.2	15.2	15.7	16.6	16.8	16.0	15.3
ICH	ICHUCOTA	12.6	12.5	12.8	13.4	13.4	13.3	13.1	13.1	13.4	13.6	13.7	13.7	13.2
IRP	IRPA CHICO	14.8	15.3	15.2	16.4	15.2	14.9	14.5	14.9	15.5	17.1	17.8	16.4	15.7
ORI	ORINOCA	17.0	17.7	17.4	16.8	15.7	14.2	13.6	15.8	16.3	18.1	20.3	19.2	16.8
ORU	ORURO	18.3	18.0	18.2	18.1	16.2	14.7	14.7	16.2	17.3	19.2	20.0	19.2	17.5
PAT	PATACAMAYA	19.4	19.2	19.1	18.8	17.3	15.7	15.8	16.8	18.0	20.2	21.1	20.2	18.5
PAZ	PAZNA	20.9	19.9	20.5	20.0	17.2	15.4	15.6	17.7	19.6	21.6	22.9	22.1	19.5
PUA	PUERTO ACOSTA	15.2	15.1	15.4	15.5	15.2	14.8	14.9	15.9	15.9	16.2	16.3	15.9	15.5
RIO	RIO MULATOS	16.5	15.9	15.7	17.1	14.8	13.2	14.0	14.0	14.9	18.5	18.2	18.2	15.9
SAJ	SAJAMA (*)	13.3	13.6	12.7	13.7	13.4	12.7	13.1	13.1	14.5	15.7	16.9	15.0	14.0
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	22.1	21.5	21.0	20.1	16.9	14.5	14.7	15.9	18.3	21.1	22.7	22.9	19.3
SAN	SANTIAGO DE MACHACA	17.9	17.5	17.4	17.0	16.4	15.1	15.3	16.9	17.7	19.1	19.7	19.3	17.4
SHU	SANTIAGO DE HUATA	17.0	16.1	17.2	16.6	16.0	15.0	14.6	16.0	16.7	17.8	18.0	18.1	16.6
SIC	SICASICA	16.9	16.0	16.2	16.1	15.1	12.8	12.8	14.3	16.0	17.7	18.4	17.9	15.8
SJU	SAN JUAN HUANCOLLO	14.9	15.2	15.6	16.0	15.1	14.7	15.8	15.3	15.4	16.0	13.6	13.3	15.1
SOL	ISLA DEL SOL	13.7	13.4	14.2	13.9	13.6	13.0	13.1	13.7	13.8	13.8	14.4	14.1	13.7
TAC	TACAGUA	18.7	18.3	18.6	17.9	16.0	14.2	14.5	16.0	17.5	19.4	20.5	19.9	17.6
TIA	TIAHUANACU	15.9	16.5	16.4	16.7	16.0	14.9	15.0	15.7	16.3	17.9	18.2	17.4	16.4
UYU	UYUNI (F)	20.6	20.4	20.4	18.8	14.9	12.5	12.6	14.7	16.3	19.2	21.0	21.8	17.8
VIA	VIACHA	16.8	17.1	17.2	17.1	16.1	14.8	15.0	16.1	16.8	18.0	18.3	17.8	16.8

(F) Estacion fuera del sistema TDPS

(\*) Estacion clausurada

mediante la comparación de las temperaturas de Capachica (cerca del Lago y a 3838 m. de altitud) y Juliaca (3826 m.). Aunque Capachica está solamente 12 metros más alto, muestra una temperatura máxima promedio anual de 3,7 °C por debajo de la de Juliaca. Finalmente, y como era de esperar, las temperaturas más bajas se presentan en la periferie del Sistema T.D.P.S. (cabecera de cuencas) con valores que oscilan entre 12 y 10 °C (y de 3 °C para las zonas de glaciares).

De forma general, se observa que las máximas del sector oriental son algo inferiores a las del meridional; esto podría deberse al carácter más árido (casi desértico) de este último y su proximidad al desierto de Atacama. De todas formas examinando el plano de temperaturas máximas medias se constata que por lo general la variación de las mismas no presenta grandes contrastes dentro del sistema.

La tabla 3.2.2 indica las temperaturas máximas promedio mensual y anual del aire para todas las estaciones utilizadas en el estudio.

#### **3.2.4. Régimen de Temperaturas Mínimas Promedio**

El efecto suavizador de las masas de aire amazónico sobre el gradiente térmico, se pone muy en evidencia en este caso, siendo las temperaturas mínimas en el sector oriental mucho más elevadas que en los otros dos sectores y su gradiente claramente inferior. Los valores promedio estimados para la cota 5.000 m. son de -4,1 °C en el primer caso, -11,8 °C en el segundo y -10,4 °C en el noroeste del Sistema. Para elevaciones superiores las temperaturas mínimas de los dos últimos sectores van aproximándose hasta hacerse semejantes. Conviene hacer notar que la temperatura mínima absoluta registrada fue en Mazo Cruz (-27.7 °C), aunque hay que tener en cuenta que las series registradas en el sector meridional - el más frío - son de duración muy inferior. El mayor gradiente del sector septentrional frente al meridional parece indicar que a cotas muy elevadas, la latitud perdería protagonismo en el control de las temperaturas mínimas, siendo el principal condicionante la altitud (Fig. 3.2.4).

La tabla 3.2.3 indica las temperaturas mínimas promedio mensual y anual del aire en las estaciones utilizadas en el estudio, y el plano nº 8 representa su distribución espacial. Analizando el plano podemos ver que la temperatura mínima en el sector suroeste es

# CONTRASTE DE GRADIENTES TERMICOS

## Temperaturas mínimas

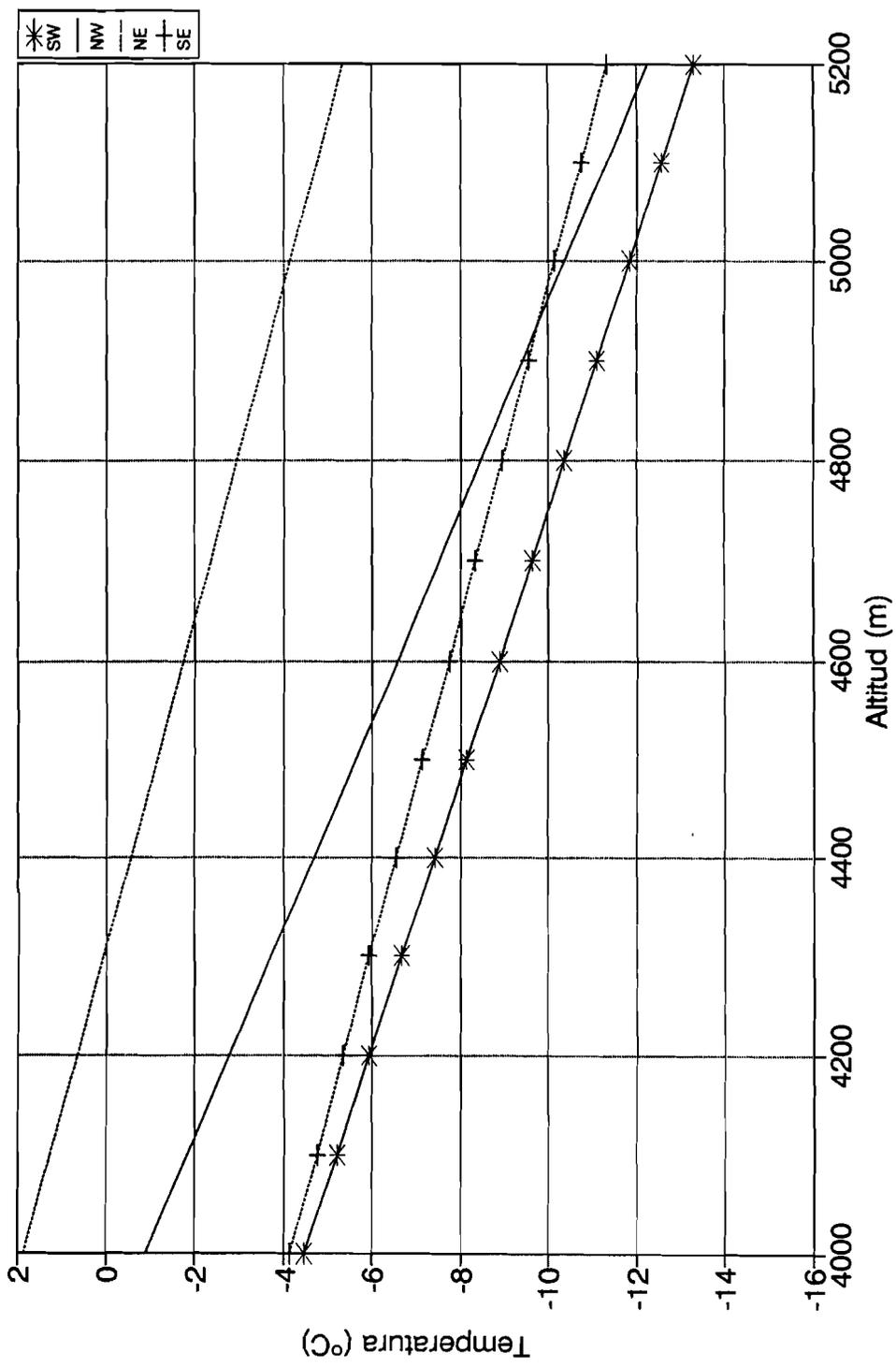


FIGURA 3.2.4

TABLA N° 3.2.3:

## TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL Y ANUAL DEL AIRE

COD.	ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO
704	JULIACA	3.5	3.6	3.0	0.7	-3.9	-6.5	-7.4	-5.2	-2.0	0.3	1.6	2.9	-0.8
708	PUNO	5.2	5.1	4.9	3.4	0.9	-0.8	-1.3	0.1	1.8	3.3	4.2	4.9	2.6
761	LLALLY (*)	2.2	2.2	1.7	-0.4	-4.0	-6.2	-7.0	-5.7	-2.8	-1.3	-0.1	1.6	-1.7
762	PAMPAHUTA	-0.4	-0.3	-0.6	-3.1	-7.5	-10.6	-11.9	-10.5	-7.9	-6.0	-4.2	-1.9	-5.4
763	LAGUNILLAS	1.2	1.3	1.3	-0.1	-2.8	-5.0	-5.2	-4.8	-2.9	-1.7	-0.7	0.4	-1.6
764	CHUQUIBAMBILLA	2.3	2.4	1.8	-0.8	-5.6	-9.1	-9.9	-8.2	-3.9	-1.9	-0.5	1.2	-2.7
776	AYAVIRI	3.0	3.0	2.7	0.8	-3.5	-6.8	-7.8	-5.7	-1.9	0.3	1.6	2.5	-1.0
777	MACUSANI (F)(*)	0.6	0.5	-0.5	-1.4	-4.9	-7.6	-8.3	-6.5	-3.8	-1.9	-1.0	0.4	-2.9
778	PROGRESO	4.5	4.4	3.9	2.7	-0.0	-1.8	-2.5	-0.9	1.2	2.8	3.4	3.9	1.8
779	LAMPA	3.6	3.5	3.0	0.5	-3.4	-5.8	-6.5	-4.7	-1.9	-0.7	1.0	2.6	-0.7
780	CABANILLAS	4.2	4.3	3.9	2.6	-0.1	-2.0	-2.5	-0.8	1.0	2.1	3.0	3.7	1.6
781	AZANGARO (*)	4.6	4.7	4.1	2.2	-1.5	-4.4	-4.7	-3.0	0.3	2.5	3.2	4.3	1.0
783	ARAPA	4.9	4.9	4.5	3.3	0.9	-0.9	-1.6	-0.4	1.8	3.1	3.9	4.5	2.4
784	SALCEDO	3.7	3.7	3.5	1.8	-0.6	-2.2	-2.8	-1.6	0.3	1.7	2.5	3.3	1.1
785	MUNANI	3.2	3.3	2.7	1.4	-1.2	-3.0	-3.4	-1.8	0.2	1.3	2.0	2.9	0.6
786	HUANCANE	3.9	3.8	3.3	1.8	-1.9	-3.9	-4.8	-2.8	0.0	2.0	3.0	3.5	0.7
787	HUARAYA-MOHO	5.3	5.3	4.8	3.6	1.6	-0.3	-0.7	0.5	2.4	3.7	4.2	5.0	3.0
788	CAPACHICA	4.6	4.7	4.4	3.4	1.2	-0.6	-1.2	-0.2	2.0	2.9	3.4	4.0	2.4
878	MAZO CRUZ	0.4	0.2	-0.6	-5.2	-10.6	-13.2	-14.5	-13.1	-9.7	-8.0	-5.0	-2.0	-6.8
879	ILAVE	4.2	4.2	4.1	2.5	-0.9	-3.2	-3.7	-2.4	0.3	1.6	2.7	3.6	1.1
880	JULI	4.9	4.6	4.6	3.3	1.3	-0.5	-1.1	0.2	2.1	3.2	4.2	4.8	2.6
881	PIZACOMA	2.5	2.7	1.9	-0.4	-4.1	-6.9	-6.8	-5.5	-2.9	-1.9	-0.2	2.0	-1.6
882	YUNQUYO	3.9	3.8	3.7	2.1	-0.7	-2.5	-2.8	-1.4	0.4	2.1	3.1	3.6	1.3
883	DESAGUADERO(PERU)	4.9	5.1	4.8	2.4	-1.4	-4.7	-4.9	-3.1	-0.1	1.7	2.8	4.2	1.0
885	HUAPACA SANTIAGO	4.6	3.4	3.5	2.3	-0.9	-2.4	-3.1	-2.0	-0.4	1.5	3.0	3.9	1.1
886	HUACULLANI (PERU)	3.5	2.4	2.5	1.3	-0.8	-2.5	-4.3	-3.0	-1.7	0.6	1.1	2.4	0.1
888	ILLPA	3.2	2.6	2.7	0.4	-4.1	-6.8	-7.9	-5.3	-2.9	-0.9	0.8	1.9	-1.4
AYO	AYO AYO	3.9	3.6	2.6	-0.9	-5.4	-8.3	-8.0	-6.5	-2.5	-0.8	1.3	2.9	-1.5
CAL	CALACOTO	3.8	3.2	2.6	-1.4	-6.5	-9.1	-9.8	-7.6	-4.7	-1.8	0.3	2.2	-2.4
CAM	CALAMARCA	4.8	4.8	4.5	3.1	0.9	-0.7	-1.1	0.0	2.1	3.8	4.3	4.7	2.6
CAR	CARACOLLO	5.8	5.4	4.3	0.2	-4.6	-6.9	-5.9	-3.8	-0.8	1.2	2.5	4.7	0.2
CHC	CHACALTAYA (*)	-4.2	-4.0	-4.5	-4.2	-5.6	-6.5	-6.8	-6.5	-5.8	-5.0	-4.5	-4.3	-5.1
CHR	CHARANA	-0.4	-0.3	-1.1	-4.8	-8.8	-11.5	-12.1	-10.6	-7.9	-5.9	-3.9	-1.9	-5.8
CHU	CHUQUINA	4.1	4.2	3.7	1.6	-2.1	-5.8	-4.0	0.1	2.3	2.6	2.9	3.8	1.1
COL	COLLANA	4.3	4.0	3.8	1.9	-0.9	-2.9	-3.4	-1.9	0.8	1.9	2.9	3.8	1.2
COM	COMANCHE	2.6	2.2	1.4	-1.8	-5.7	-8.2	-8.6	-6.4	-3.5	-1.6	0.6	1.7	-2.3
COP	COPACABANA	5.5	5.7	5.6	5.1	3.8	2.6	2.4	3.1	4.0	5.1	5.7	5.5	4.5
DES	DESAGUADERO(BOL.)	4.4	4.7	4.9	2.3	-2.3	-4.6	-4.8	-2.8	0.3	1.6	2.6	3.9	0.8
ELA	EL ALTO LA PAZ	3.1	3.1	2.8	1.5	-1.0	-2.7	-3.1	-2.0	-0.2	1.2	2.4	2.8	0.6
ELB	EL BELEM	3.6	3.5	3.0	0.0	-3.4	-5.7	-6.0	-3.7	-0.9	0.8	1.5	3.1	-0.4
EUC	EUCALIPTUS (*)	7.0	6.7	6.3	3.9	-0.7	-3.9	-3.9	-1.6	1.5	3.9	5.2	6.4	2.6
HUA	HUACHACALLA	1.9	1.8	2.1	-3.5	-7.1	-7.9	-9.8	-6.6	-5.9	-3.1	-0.4	1.7	-3.1
HUAC	HUACULLANI (BOL.)	5.0	4.3	4.1	2.1	-2.4	-5.2	-4.4	-3.1	-0.4	1.9	2.9	3.9	0.7
HUR	HUARINA COTA COTA	3.9	3.6	3.0	0.9	-3.1	-4.7	-5.3	-3.4	-1.2	1.3	2.7	3.5	0.1
ICH	ICHUCOTA	1.1	1.0	1.0	0.6	-1.1	-2.9	-4.1	-3.6	-3.1	-1.0	0.2	0.9	-0.9
IRP	IRPA CHICO	3.0	3.3	2.6	-0.4	-3.8	-5.8	-6.6	-3.9	-1.4	-0.7	1.3	2.3	-0.8
ORI	ORINOCA	1.0	-0.3	1.0	-3.0	-6.7	-9.6	-9.6	-6.8	-5.5	-2.0	-0.2	-0.2	-3.5
ORU	ORURO	4.2	4.2	3.2	-0.4	-6.0	-9.3	-9.6	-7.2	-3.2	-0.4	1.6	3.4	-1.6
PAT	PATACAMAYA	4.8	4.7	4.1	1.3	-2.9	-5.5	-5.9	-3.8	-0.5	1.4	3.0	4.4	0.4
PAZ	PAZNA	3.5	3.7	2.0	-2.1	-6.8	-9.1	-9.2	-6.8	-3.6	-2.7	-0.2	2.1	-2.4
PUA	PUERTO ACOSTA	5.7	4.9	4.8	3.2	0.6	-0.6	-1.7	0.2	1.6	3.6	4.3	4.9	2.6
RIO	RIO MULATOS	4.9	3.8	4.3	-0.9	-6.9	-8.4	-9.9	-8.7	-7.4	-3.0	0.3	2.0	-2.5
SAJ	SAJAMA (*)	-2.6	-3.0	-2.8	-6.3	-8.5	-8.8	-7.6	-7.1	-5.4	-5.0	-3.6	-2.9	-5.3
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	4.3	3.4	2.7	-0.8	-4.5	-6.0	-6.9	-5.7	-3.1	-1.4	0.6	3.4	-1.2
SAN	SANTIAGO DE MACHACA	3.4	2.4	2.3	-1.9	-5.3	-7.7	-8.7	-6.9	-5.0	-2.3	-0.9	1.5	-2.4
SHU	SANTIAGO DE HUATA	5.7	4.6	4.5	3.5	1.4	0.4	-0.2	0.1	2.3	3.4	4.3	5.2	2.9
SIC	SICASICA	5.6	5.1	4.8	3.1	0.6	-1.4	-1.5	0.4	2.4	4.0	4.8	5.4	2.8
SJU	SAN JUAN HUANCOLLO	3.9	3.9	4.3	4.1	1.4	0.0	0.8	0.3	0.5	1.8	1.1	1.2	1.9
SOL	ISLA DEL SOL	4.6	4.6	4.9	4.3	3.5	2.5	2.3	2.7	3.2	4.0	4.6	4.6	3.8
TAC	TACAGUA	6.2	6.2	5.8	3.3	-0.7	-3.2	-3.2	-1.3	1.8	3.1	4.7	5.9	2.4
TIA	TIAHUANACU	3.7	3.6	3.0	0.4	-4.1	-6.5	-7.2	-5.7	-2.2	-0.0	2.0	2.6	-0.9
UYU	UYUNI (F)	4.5	4.1	2.5	-2.4	-7.3	-8.1	-12.8	-9.4	-6.3	-2.9	-1.1	2.5	-3.1
VIA	VIACHA	3.7	3.7	2.9	0.5	-4.0	-7.1	-7.3	-5.2	-1.6	0.8	2.1	3.2	-0.7

(F) Estacion fuera del sistema TDPS

(\*) Estacion clausurada

extremadamente baja, y varía desde  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  cerca de la frontera con Chile hasta  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  en las inmediaciones de Turco y Curahuara de Carangas.

En realidad el incremento en las temperaturas mínimas se produce siguiendo una orientación SW-NE. Las temperaturas mínimas promedio alcanzan valores superiores a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el Lago y en sus inmediaciones, es decir desde las proximidades de la zona de Progreso-Muñani hacia el Norte hasta la zona de Jesús de Machaca hacia el Sur. También en la parte este (eje: Calamarca-Patacamaya-Eucaliptus), las temperaturas mínimas medias alcanzan valores por encima de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

El efecto termoregulador del Lago se hace sentir especialmente en un aumento de las temperaturas mínimas, lo que se evidencia al comparar la distribución de las isotermas máximas con las mínimas promedio anuales. Finalmente se puede decir que, para altitudes por encima de los 4400 metros, las isotermas alcanzan valores inferiores a  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , llegando inclusive a isolíneas de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  en las zonas más elevadas.

### **3.2.5. Oscilación Térmica**

En el párrafo 3.2.2. se analizó la distribución de la temperatura media anual en la cuenca, pero en muchos casos, esta temperatura no es tan significativa y puede inducir a error al comparar dos regiones, especialmente en la clasificación de climas. En consecuencia, parece razonable utilizar además los valores de oscilación de temperatura, que suministran información adicional (Tabla 3.2.4). Sirvan como ejemplo los casos de Copacabana (cerca del Lago) y Patacamaya (sector SE); en ambas localidades la temperatura media es igual a  $9,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pero existen diferencias sustanciales en su régimen climático que se reflejan en sus respectivas oscilaciones térmicas, ya que Copacabana tiene una oscilación anual de solo  $9,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mientras que la de Patacamaya es de  $18,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Esto indica que en esta última localidad se presentan temperaturas máximas mayores y mínimas menores, por lo que los riesgos de helada para esta zona son superiores a los de Copacabana.

El plano 9 nos muestra la distribución de la oscilación térmica media anual en el Sistema T.D.P.S. En él se pone en evidencia que para la zona de los glaciares la oscilación térmica es mínima, debido precisamente a la influencia de éstos:  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  para la

TABLA N° 3.2.4 :

## OSCILACION TERMICA MEDIA MENSUAL Y ANUAL DEL AIRE

COD.	ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO
704	JULIACA	13.1	13.0	13.4	16.2	20.6	22.6	23.4	22.1	19.6	18.2	17.2	14.6	17.8
708	PUNO	9.4	9.3	9.4	10.9	13.0	14.0	14.2	13.7	12.6	12.1	11.6	10.4	11.7
761	LLALLY (*)	12.8	12.7	13.1	15.3	18.6	20.5	21.1	20.6	18.5	18.2	17.3	14.3	16.9
762	PAMPAHUTA	13.8	13.8	13.9	16.9	21.1	23.5	25.3	24.5	22.9	21.8	19.8	16.4	19.5
763	LAGUNILLAS	12.6	12.4	12.3	14.2	16.8	18.2	18.4	18.9	18.1	17.9	17.1	14.8	16.0
764	CHUQUIBAMBILLA	13.8	13.6	14.4	17.2	21.5	24.5	25.4	24.8	21.1	19.9	18.6	15.9	19.2
776	AYAVIRI	12.5	12.7	13.0	15.1	19.2	21.8	22.9	21.8	18.7	17.4	16.0	14.1	17.1
777	MACUSANI (F) (*)	13.0	12.3	13.9	15.3	18.7	21.6	21.5	20.1	17.3	15.8	15.3	13.1	16.5
778	PROGRESO	10.3	10.4	11.1	12.8	15.3	16.7	17.2	18.5	14.9	14.0	13.4	11.7	13.7
779	LAMPA	12.3	12.3	12.9	15.8	19.7	21.5	22.2	21.0	18.8	18.2	16.8	14.1	17.1
780	CABANILLAS	12.1	11.8	12.0	14.0	16.4	17.9	18.4	17.3	16.0	15.6	15.0	13.6	15.0
781	AZANGARO (*)	10.8	10.5	11.2	13.5	16.9	19.7	20.0	18.8	16.0	14.6	13.9	11.8	14.8
783	ARAPA	10.5	10.5	11.0	12.5	14.7	16.0	16.6	18.2	14.5	14.0	13.2	11.8	13.5
784	SALCEDO	12.0	11.7	12.1	13.9	15.7	16.7	17.3	16.9	15.8	15.5	14.7	13.3	14.6
785	MUNANI	12.0	12.2	12.9	14.8	17.4	18.8	19.1	18.2	16.4	15.6	14.7	13.2	15.5
786	HUANCANE	10.5	10.6	11.0	12.7	16.3	17.8	18.4	17.0	14.7	13.4	12.6	11.4	13.9
787	HUARAYA-MOHO	8.9	9.0	9.5	11.0	12.6	13.9	14.3	14.0	12.8	12.0	11.5	9.9	11.6
788	CAPACHICA	8.7	8.5	8.9	10.2	12.0	13.4	13.7	13.2	11.5	11.1	10.6	9.4	10.9
878	MAZO CRUZ	15.1	14.9	15.9	21.0	25.7	27.5	28.8	28.5	25.7	25.5	22.6	18.5	22.5
879	ILAVE	10.3	10.1	10.2	12.2	15.3	16.6	16.9	16.6	14.5	14.3	13.5	11.9	13.5
880	JULI	8.9	9.1	9.3	10.5	12.1	13.2	13.5	12.9	11.5	11.4	10.7	9.7	11.1
881	PIZACOMA	13.5	13.0	14.0	16.7	20.1	22.1	22.0	21.2	19.9	20.1	19.0	15.5	18.1
882	YUNGUYO	10.7	10.6	10.8	12.4	14.5	15.4	15.2	14.9	13.6	13.3	12.8	11.6	13.0
883	DESAGUADERO(PERU)	10.1	9.8	10.3	12.4	15.5	17.8	17.6	16.7	14.5	13.8	13.2	11.1	13.6
885	HUAPACA SANTIAGO	11.2	12.6	12.4	13.2	15.9	15.9	16.4	16.9	16.2	15.3	15.1	14.0	14.6
886	HUACULLANI (PERU)	12.2	13.0	12.9	13.8	16.3	16.4	18.4	18.2	17.9	16.5	16.6	14.8	15.6
888	ILLPA	12.5	13.6	13.0	15.3	20.0	22.1	23.1	21.0	19.4	17.9	16.6	15.3	17.5
AYO	AYO AYO	13.4	13.7	14.7	18.6	22.4	24.1	23.5	22.9	19.5	19.5	17.8	15.5	18.8
CAL	CALACOTO	13.5	14.7	15.1	19.3	23.5	24.4	25.3	24.3	22.5	21.3	19.8	17.1	20.1
CAM	CALAMARCA	12.2	11.4	11.4	12.5	12.5	12.2	13.1	13.5	13.2	13.0	13.2	13.3	12.6
CAR	CARACOLLO	14.2	15.3	16.1	20.8	24.0	25.3	24.3	23.4	20.7	20.4	20.0	16.5	20.1
CHC	CHACALTAYA (*)	7.0	7.0	7.6	7.3	8.0	8.8	9.1	9.5	8.1	8.6	8.1	7.7	8.1
CHR	CHARANA	18.6	18.2	19.2	22.9	25.5	26.3	27.1	26.4	24.8	24.7	23.8	21.5	23.2
CHU	CHUQUINA	15.2	15.1	16.2	18.8	21.8	24.3	22.9	19.5	17.9	18.8	18.6	16.9	18.8
COL	COLLANA	12.2	12.8	13.3	15.9	17.8	18.6	19.0	18.2	16.0	16.3	16.0	14.4	15.9
COM	COMANCHE	13.5	13.7	15.4	19.7	23.8	25.0	24.9	23.4	21.2	19.9	18.0	15.7	19.5
COP	COPACABANA	9.3	8.9	9.1	9.5	9.9	10.3	10.2	10.3	10.1	10.1	9.9	9.7	9.8
DES	DESAGUADERO(BOL.)	12.1	12.0	12.0	14.7	18.6	19.9	19.9	18.7	16.0	15.7	14.9	13.3	15.7
ELA	EL ALTO LA PAZ	10.4	10.4	10.9	12.5	14.8	15.6	16.0	15.9	14.5	14.2	13.3	11.8	13.4
ELB	EL BELEM	10.8	11.1	12.0	15.1	18.0	19.2	19.2	17.8	15.3	14.6	14.1	11.8	14.9
EUC	EUCALIPTUS (*)	11.5	11.4	11.5	13.9	16.6	18.3	18.2	17.2	15.5	15.5	15.0	12.8	14.8
HUA	HUACHACALLA	17.4	17.8	17.1	22.5	24.9	24.7	26.0	23.8	23.7	23.0	21.5	18.9	21.7
HUAC	HUACULLANI (BOL.)	9.8	11.2	11.2	12.9	17.1	18.8	17.8	17.3	15.1	13.7	13.7	12.2	14.2
HUR	HUARINA COTA COTA	11.0	11.1	12.3	14.6	18.2	18.8	19.5	18.6	16.9	15.3	14.1	12.4	15.2
ICH	ICHUCOTA	11.6	11.5	11.8	12.8	14.5	16.2	17.2	16.7	16.6	14.6	13.5	12.8	14.1
IRP	IRPA CHICO	11.8	12.0	12.6	16.8	19.0	20.7	21.1	18.7	17.0	17.8	16.6	14.0	16.5
ORI	ORINOCA	16.0	18.1	16.4	19.7	22.3	23.7	23.3	22.6	21.7	20.1	20.5	19.4	20.3
ORU	ORURO	14.1	13.9	15.0	18.5	22.2	24.0	24.3	23.5	20.5	19.6	18.4	15.8	19.1
PAT	PATACAMAYA	14.6	14.6	15.1	17.4	20.2	21.3	21.6	20.6	18.5	18.8	18.1	15.8	18.1
PAZ	PAZNA	17.4	16.3	18.5	22.1	24.0	24.5	24.8	24.5	23.2	24.3	23.2	20.0	21.9
PUA	PUERTO ACOSTA	9.5	10.1	10.6	12.2	14.6	15.4	16.6	15.7	14.4	12.6	12.0	11.0	12.9
RIO	RIO MULATOS	11.6	12.1	11.4	18.0	21.7	21.6	23.8	22.7	22.3	21.5	17.9	16.2	18.4
SAJ	SAJAMA (*)	15.9	16.6	15.6	20.0	21.9	21.5	20.8	20.2	19.9	20.7	20.4	17.9	19.3
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	17.8	18.1	18.3	20.8	21.4	20.4	21.6	21.6	21.4	22.5	22.0	19.5	20.5
SAN	SANTIAGO DE MACHACA	14.5	15.0	15.1	19.0	21.7	22.8	24.0	23.8	22.8	21.4	20.6	17.8	19.9
SHU	SANTIAGO DE HUATA	11.3	11.5	12.7	13.2	14.6	14.6	14.8	15.9	14.4	14.4	13.7	12.9	13.7
SIC	SICASICA	11.3	10.8	11.4	13.0	14.5	14.2	14.4	13.9	13.6	13.6	13.6	12.5	13.1
SJU	SAN JUAN HUANCOLLO	11.0	11.3	11.3	11.9	13.7	14.7	15.0	14.9	14.9	14.2	12.5	12.1	13.1
SOL	ISLA DEL SOL	9.0	8.8	9.3	9.6	10.2	10.5	10.7	10.9	10.6	9.9	9.8	9.5	9.9
TAC	TACAGUA	12.5	12.1	12.8	14.7	16.7	17.4	17.6	17.2	15.6	16.3	15.8	14.0	15.2
TIA	TIAHUANACU	12.2	12.8	13.4	16.3	20.1	21.4	22.2	21.4	18.5	17.9	16.3	14.8	17.3
UYU	UYUNI (F)	16.1	16.3	17.9	21.1	22.2	20.6	25.4	24.0	22.6	22.1	22.0	19.4	20.8
VIA	VIACHA	13.1	13.3	14.3	16.6	20.1	21.9	22.2	21.3	18.4	17.2	16.2	14.6	17.4

(F) Estacion fuera del sistema TDPS

(\*) Estacion clausurada

zona NE (Chacaltaya y parte alta de la subcuenca del Suchez), 16 °C para las cabeceras del Ramis (Macusani) y oscilación de 13 °C en los glaciares de Sajama. Conviene hacer notar la oscilación mayor que presentan las zonas del Ramis y Sajama, en relación a Chacaltaya y parte alta del Suchez (sector NE); este fenómeno se debe a que los valores de temperatura máxima son mucho mayores en las primeras, que en el sector NE, mientras que las temperaturas mínimas no inciden de forma significativa ya que la influencia del glaciar en esta variable es prácticamente constante en toda la cuenca.

En el entorno del lago Titicaca, y como era de esperar, el efecto de ese gran volumen de agua es decisivo en la disminución de la oscilación; así vemos que en este sector, las oscilaciones son inferiores hasta en 10 °C a las registradas en la parte meridional del sistema, donde se llegan a oscilaciones térmicas anuales superiores a 20 °C.

### **3.2.6 Análisis de las Heladas**

#### **3.2.6.1 Origen de las Heladas**

Es ampliamente conocida, que la sequía junto con la ocurrencia de temperaturas de congelación (heladas), especialmente si se prolongan en el tiempo, constituyen los principales factores limitativos de la agricultura en la zona de estudio.

La helada es un fenómeno físico-meteorológico que consiste en el descenso de la temperatura, hasta producirse un enfriamiento atmosférico y congelación del agua y la humedad. Este fenómeno en la agricultura provoca una destrucción de los tejidos de las plantas en las diferentes fases de desarrollo (germinación, floración, fructificación y maduración).

Se reconocen dos tipos de heladas: las de origen estático y las de origen dinámico. Las primeras son las más comunes (Le Tacón et al. 1992) dichas heladas tienen su origen por el enfriamiento de la capa de aire próxima al suelo, esto debido al enfriamiento nocturno de la superficie de radiación de la tierra, favorecido por el cielo despejado y el aire en calma. En estas condiciones, la superficie de la tierra se enfría y absorbe calorías del aire circundante, lo que motiva la aparición de una capa de aire de poco espesor con una temperatura por debajo de 0°C sobre el terreno. A este fenómeno se denomina de "inversión térmica" localizado.

Las heladas de origen dinámico, son producidas por la invasión de masas de aire frío que provienen desde la Argentina (generalmente a comienzos de otoño), o bien de las altas montañas (cordillera de los Andes). Cuando llegan estos tipos de heladas son fáciles de detectar como "olas de frío" cargadas de humedad (eleva las temperaturas mínimas y reduce las máximas).

Por sus efectos visuales sobre las plantas, las heladas también se pueden clasificar en heladas blancas o "escarcha" y heladas negras.

Las "heladas blancas", llamadas también "escarcha", es la cubierta blanca formada por cristales de hielo que se forman sobre las plantas. Este tipo de heladas no es perjudicial para los cultivos y se presentan en condiciones no muy severas de temperaturas mínimas y condiciones ambientales húmedas.

Las "heladas negras", denominadas así por el color negruzco que adquieren los órganos de las plantas al ser destruidas por el frío, se producen en condiciones de baja humedad atmosférica y temperaturas muy por debajo de 0 °C. Este tipo de heladas produce una destrucción total de los cultivos, lo cual constituye un obstáculo definitivo para la agricultura.

Como se verá en 3.2.6.2, el riesgo de heladas en zonas alejadas al Lago y zonas elevadas persiste durante gran parte del año, siendo las más peligrosas, las que se producen al iniciarse la época de crecimiento en la que las plantas todavía son pequeñas y susceptibles de permanecer completamente dentro de la delgada capa de aire frío que llega hasta pocos decímetros por encima del suelo.

### **3.2.6.2 Días con Heladas**

Existen varias posibilidades para una descripción de las heladas en la región, se escogió la que es compatible con los registros disponibles (número de días con temperaturas iguales o inferiores a 0°C), es decir que se desarrolló un análisis de la frecuencia de días con helada y se trazó isolíneas de igual número de días de heladas en el año, sin pretender que este trazo sea definitivo, porque se sabe que existen microclimas que debido a otros factores y falta de datos, pueden no estar dentro de los límites señalados.

La mayoría de los estudios agroclimáticos consideran al "día de helada" como día en que la temperatura

mínima al abrigo meteorológico, es igual o inferior a 0 °C, teniendo en cuenta que este dato es relativo pero muy útil para fines prácticos.

En la Tabla 3.2.5, se encuentran las frecuencias medias de temperaturas de 0°C o inferiores, valores donde la mayor frecuencia media se registra en el mes de Julio y la menor en el mes de Febrero para el conjunto de las estaciones. Aunque puede verse también que por término medio todas las estaciones, incluso las que se encuentran alrededor del Lago, experimentan heladas durante todo el año.

Son muy pocas las estaciones donde existen períodos totalmente libre de heladas, como son: Isla del Sol con 7 meses; Copacabana 4 meses; Puno, Huaraya Moho y Puerto Acosta con 2 meses, todas cerca del lago, y con 1 mes las estaciones de Calamarca y Chuquiña situadas un poco más al sur, pero cercanas al río Desaguadero.

En la Tabla 3.2.5, también se puede observar el número de meses con menos de 1,5 y 10 días de helada. La distribución espacial de días de heladas se encuentran en el plano N° 10, donde se puede observar que en las zonas cercanas al Lago, por su efecto termo-regulador del Lago, los días con heladas son inferiores a 100.

En la faja ribereña del río Azángaro y en sector Sud Este (entre Patacamaya y Eucaliptus), los días medios con heladas se incrementa en relación al Lago (isolínea de 150 días). Esta isolínea es un índice agroclimático de gran importancia, debido a que aproximadamente marca el límite por encima del cual la agricultura se ve afectada por las primeras y últimas heladas.

Con el alejamiento del Lago y/o aumento de la altitud, el incremento de días de helada es notable, principalmente en dirección suroeste. La ocurrencia de heladas en estas zonas prácticamente dura todo el año (frecuencia por encima de 300 días), por lo tanto las practicas agrícolas casi son imposibles excepto en condiciones muy protegidas.

### **3.2.6.3 Frecuencia de ocurrencia de Heladas.**

Para el análisis de la frecuencia de ocurrencia de heladas, se utilizaron los datos mensuales de temperatura mínima extrema de las estaciones climatológicas distribuidas en el Sistema T.D.P.S. (63 estaciones).

TABLA N° 3.2.5 :

FRECUCENCIA MEDIA DE DIAS POR MES CON TEMPERATURAS DE 0 °C O INFERIORES

COD.	ESTACION	ALTTUD m.s.n.m	N° de Años	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año Total	N° de meses sin Heladas	N° medio de meses con menos de ...		
																		1 día	5 días	10 días
704	JULIACA	3826	18	1.2	0.8	3.7	12.9	26.0	28.2	29.6	28.2	21.7	13.8	9.6	4.5	180.2	0	1	4	5
708	PUNO	3825	27	0.0	0.0	0.1	1.1	10.9	21.2	24.4	15.5	4.3	1.7	0.6	0.1	80.0	1	5	8	8
781	LLALLA (*)	3980	11	2.8	2.9	5.9	16.1	27.3	28.6	30.1	28.7	22.8	19.3	14.9	5.4	204.9	0	0	2	4
762	PAMPAHUTA	4400	21	17.8	17.0	18.7	26.6	30.7	30.0	30.9	31.0	29.7	29.3	27.4	24.6	313.5	0	0	0	0
763	LAGUNILLAS	4200	20	5.9	5.5	8.7	14.0	27.8	29.6	31.0	30.7	28.5	23.8	16.9	11.6	233.9	0	0	0	3
764	CHUQUIBAMBILLA	3970	17	1.8	3.0	3.6	12.7	26.6	29.2	30.6	29.1	23.4	18.0	13.3	5.8	199.0	0	0	3	4
776	AYAVIRI	3900	21	2.0	2.1	2.5	10.8	24.3	28.9	29.2	27.6	20.2	14.6	9.0	4.0	173.4	0	0	4	5
777	MACUSANI (F) (*)	4250	11	12.7	10.4	17.7	21.9	28.9	28.9	30.3	29.0	25.5	23.4	19.4	11.8	259.9	0	0	0	0
778	PROGRESO	3970	21	0.2	0.2	0.7	2.4	15.2	25.7	27.6	19.8	6.3	2.8	1.6	0.6	105.0	0	4	7	6
779	LAMPA	3892	23	1.6	1.7	3.6	12.2	25.5	26.7	30.3	27.5	20.1	17.9	9.7	4.6	183.4	0	0	4	5
780	CABANILLAS	3850	26	0.2	0.1	0.2	3.0	15.2	24.5	26.2	19.6	8.0	3.3	1.3	0.2	101.7	0	4	7	6
781	AZANGARO (*)	3860	13	0.2	0.8	0.4	5.5	22.5	28.3	29.7	25.7	13.2	3.3	2.2	0.1	131.8	0	4	6	7
783	ARAPA	3830	23	0.2	0.1	0.3	2.3	12.0	21.0	25.1	18.2	5.3	2.7	1.5	0.3	88.8	0	4	7	8
784	SALCEDO	3852	34	0.5	0.6	2.4	6.0	18.1	27.0	29.2	24.2	13.8	7.8	4.2	1.5	135.2	0	2	5	7
785	MUNANI	3948	22	2.3	1.3	3.3	7.2	19.4	25.0	26.8	21.4	11.9	7.7	5.6	2.5	134.3	0	0	11	4
786	HUANCANE	3890	25	0.9	0.4	1.1	6.4	22.9	26.8	29.6	25.4	14.4	5.9	2.9	0.9	137.5	0	3	5	7
787	HUARAYA-MOHO	3890	23	0.1	0.0	0.2	0.7	9.2	18.9	24.0	15.2	4.1	0.7	0.4	0.0	73.5	2	7	8	9
788	CAPACHICA	3838	12	0.4	0.1	0.2	1.5	9.7	19.8	23.1	17.4	4.6	3.5	1.5	0.5	82.2	0	4	8	9
878	MAZO CRUZ	4050	23	11.0	11.8	16.7	26.7	30.7	29.9	30.9	30.9	28.9	29.4	25.8	19.1	291.5	0	0	0	0
879	ILAVE	3880	17	0.3	0.3	0.6	4.4	17.1	25.2	26.5	24.9	12.0	6.3	4.1	1.9	123.3	0	3	8	7
880	JULI	3852	17	0.2	0.3	0.5	2.5	9.6	18.7	21.2	15.1	4.3	2.4	0.8	0.3	75.9	0	5	8	9
881	PIZACOMA	3980	16	4.4	3.8	2.9	17.0	26.3	29.6	29.9	28.4	22.6	22.8	12.7	6.0	206.1	0	0	3	4
882	YUNGUYO	3850	16	0.3	0.4	1.3	4.2	17.7	26.4	28.3	22.5	10.2	5.0	2.2	0.4	118.8	0	3	7	7
883	DESAGUADERO(PERU)	3860	25	0.5	0.5	1.4	8.8	19.9	27.5	28.9	24.2	14.7	8.8	5.3	1.4	139.8	0	2	4	7
AYO	AYO AYO	3856	19	1.1	1.0	4.5	17.0	28.3	28.7	30.5	28.8	23.5	17.8	9.0	3.8	193.9	0	1	4	5
CAL	CALACOTO	3805	17	1.0	2.5	4.4	18.3	29.5	29.3	30.1	29.1	26.2	22.4	14.1	7.2	214.2	0	1	3	4
CAM	CALAMARCA	3954	16	0.2	0.0	0.4	5.4	13.2	20.1	21.7	16.1	6.0	1.6	0.4	0.1	85.2	1	5	6	8
CAR	CARACOLLO	3770	9	0.9	0.4	0.8	14.3	28.2	29.3	29.0	26.2	16.3	11.4	6.2	1.0	164.2	0	4	5	5
CHC	CHACALTAYA (*)	5220	8	26.2	25.8	30.6	29.4	31.0	30.0	31.0	31.0	30.0	31.0	28.4	30.8	358.0	0	0	0	0
CHR	CHARANA	4054	30	14.2	13.4	18.5	26.8	30.0	29.7	30.7	30.6	28.9	29.7	24.5	21.6	296.8	0	0	0	0
CHU	CHUQUINA	3775	20	0.0	0.1	0.5	7.9	21.0	29.4	26.8	12.2	4.0	1.3	1.8	0.3	105.2	1	4	7	8
COL	COLLANA	3940	16	0.3	0.1	0.4	5.6	21.2	27.2	29.8	25.7	13.1	4.9	2.2	0.3	130.8	0	4	6	7
COM	COMANCHE	4055	21	2.4	4.4	7.7	20.3	28.5	29.0	29.1	28.6	24.9	21.3	11.0	7.9	215.1	0	0	2	4
COP	COPACABANA	3843	16	0.1	0.0	0.0	0.0	0.9	2.6	2.1	1.8	0.3	0.2	0.1	0.0	7.8	4	9	12	12
DES	DESAGUADERO(BOL.)	3803	14	0.5	0.2	0.5	5.9	22.1	27.9	28.9	23.7	12.7	8.0	5.5	1.0	137.0	0	4	4	7
ELA	EL ALTO LA PAZ	4038	36	0.8	0.2	1.0	5.3	21.2	27.3	29.4	26.4	15.5	7.2	2.6	1.1	137.7	0	2	5	7
ELB	EL BELEM	3820	24	1.0	1.0	2.8	15.5	25.9	27.7	29.1	26.9	17.4	11.0	7.8	2.1	168.1	0	1	4	5
EUC	EUCALIPTUS (*)	3728	19	0.1	0.1	0.3	5.1	16.9	25.1	27.0	20.5	10.6	5.8	2.3	0.3	113.9	0	4	5	7
HUA	HUACHACALLA	3740	5	8.0	8.4	3.8	23.2	29.6	29.4	29.6	26.9	28.9	23.3	21.7	13.9	246.5	0	0	1	3
HUC	HUACULLANI (BOL.) (*)	3880	5	0.2	0.8	1.3	7.5	23.5	27.8	27.0	26.3	15.5	7.8	3.0	1.7	142.5	0	2	5	7
HUR	HUARINA COTA COTA	3825	13	0.6	1.4	2.1	10.4	24.3	27.0	28.7	24.7	16.8	7.0	3.7	0.7	147.4	0	2	5	6
ICH	ICHUCOTA	4460	10	6.3	6.5	7.7	11.4	23.9	28.6	30.6	30.3	29.5	24.2	14.2	11.3	224.3	0	0	0	3
IRP	IRPA CHICO	3880	3	1.4	0.2	2.0	17.2	27.6	28.2	28.4	28.0	19.2	14.6	6.5	3.0	178.3	0	1	4	5
ORI	ORINOCA	3780	5	11.3	15.4	11.5	23.6	30.4	29.6	31.0	30.2	27.0	23.0	15.5	13.0	261.7	0	0	0	0
ORU	ORURO	3702	38	1.0	0.8	3.1	14.8	28.9	29.6	30.3	29.3	24.2	18.9	8.6	2.7	190.2	0	2	4	5
PAT	PATACAMAYA	3789	36	0.7	0.4	1.5	10.4	24.1	27.8	28.3	25.5	15.2	9.7	4.2	1.5	149.2	0	2	5	6
PAZ	PAZNA	3710	10	3.1	1.9	8.8	23.1	30.4	30.0	30.6	30.8	25.7	23.7	15.5	7.0	230.4	0	0	2	4
PUA	PUERTO ACOSTA	3835	7	0.0	0.0	0.2	2.1	11.3	17.6	21.6	15.8	8.2	3.6	2.9	2.8	87.2	2	3	7	6
RIO	RIO MULATOS	3809	2	0.8	1.3	1.8	18.7	31.0	30.0	31.0	31.0	30.0	22.3	15.3	5.5	218.4	0	1	3	4
SAL	SAJAMA (*)	4220	4	31.0	27.5	30.8	29.5	30.8	31.3	31.0	28.9	30.0	30.7	29.8	31.0	362.4	0	0	0	0
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	3860	28	1.2	2.8	3.8	19.1	27.9	28.5	29.6	29.3	24.2	20.0	13.2	4.1	203.7	0	0	4	4
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	3980	11	3.2	5.3	6.6	17.9	28.7	28.9	28.7	29.7	28.1	21.7	15.4	8.4	222.5	0	0	1	4
SHU	SANTIAGO DE HUATA	3850	5	0.2	1.0	1.8	3.6	12.6	20.8	26.0	19.2	6.6	5.0	1.8	0.6	99.0	0	3	7	8
SIC	SICASICA	3820	42	0.2	0.3	0.8	4.1	15.4	20.0	22.8	13.4	6.9	2.4	0.8	0.3	87.2	0	5	7	8
SJU	SAN JUAN HUANCOLLO	3815	3	7.8	6.8	7.8	7.5	12.0	12.8	13.0	13.0	14.8	15.5	19.7	20.3	150.8	0	0	0	4
SOL	ISLA DEL SOL	4027	5	0.0	0.0	0.0	0.5	2.2	2.0	1.8	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	7	9	12	12
TAC	TACAGUA	3720	17	0.4	0.4	0.7	5.6	20.8	27.3	28.5	22.9	10.4	5.6	2.2	0.5	125.2	0	4	5	7
UYU	UYUNI (F)	3669	7	1.8	3.1	6.2	19.1	28.6	27.6	30.0	29.1	26.1	20.6	13.8	8.0	211.9	0	0	2	4
VIA	VIACHA	3850	16	1.0	1.3	2.6	12.5	26.9	28.9	30.5	27.5	19.7	12.0	6.5	2.4	171.6	0	1	4	5

Se determinó la frecuencia de ocurrencia media de heladas para cada mes y para cada estación, contando el número de años en que la temperatura mínima extrema fue menor a 0 °C, y valor que fue dividido por el número de años de información disponible.

La ocurrencia de heladas es muy elevada en el sistema, sin embargo, estas presentan una gran heterogeneidad regional, tal como lo indica la tabla 3.2.6 y la figura 3.2.5.

Se debe indicar que se ha considerado el "año agrícola", es decir de Julio hasta Junio, por cuanto los resultados así obtenidos son adecuados para la producción agrícola.

#### **3.2.6.4 Período libre de heladas.**

El período libre de heladas es definido como el intervalo entre la última helada en primavera y la primera helada en el otoño.

En el capítulo 3.2.6.2 las heladas fueron definidas como temperaturas inferiores a 0 °C, medidas en una caseta meteorológica a una altura de 1.5 metros.

La determinación del "período libre de heladas" es importante en agricultura, pues permite elaborar un buen calendario de siembra, y seleccionar cultivos tolerantes, que permitan una actividad agrícola más segura y así disminuir el riesgo de pérdidas de cosechas por heladas.

La tabla 3.2.7, resume los períodos libres de heladas (en meses), con una probabilidad de ocurrencia o de éxito de 50 %, debido a que se espera un período - en meses - libre de heladas de 1 vez cada 2 años. Por ejemplo, para la estación de Progreso (cod. 778), indica que existe un 50 % de posibilidades en que no habrían heladas en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo. Esto significa que el nivel de riesgos para muchas actividades agrícolas es extremadamente alto. Para mayores seguridades, se puede escoger también niveles más altos de no ocurrencia de heladas como del 75 %, es decir, que no ocurran heladas 3 años cada 4, según el riesgo que quiera asumir el agricultor.

La tabla 3.2.7 resume los valores puntuales e indica los meses sin heladas para las estaciones disponibles en el sistema. La figura 3.2.5 muestra su variación a lo largo del año para 12 estaciones seleccionadas.

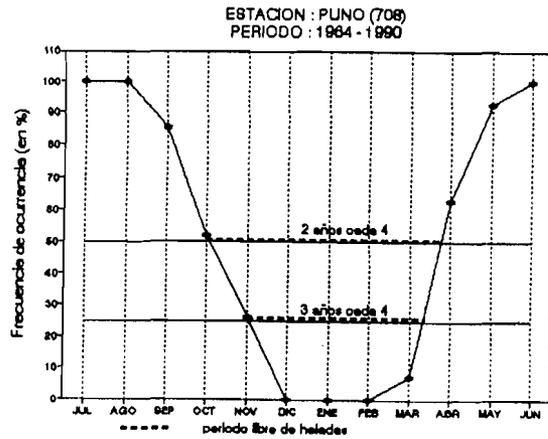
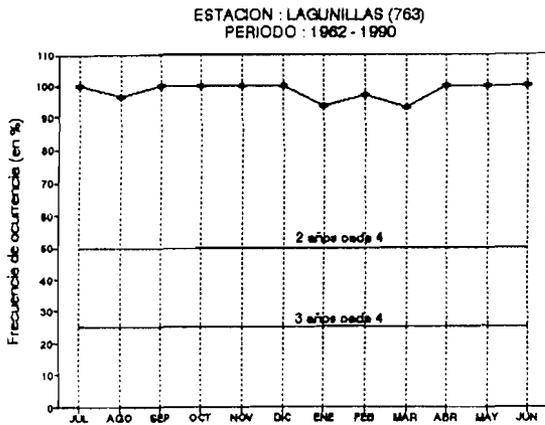
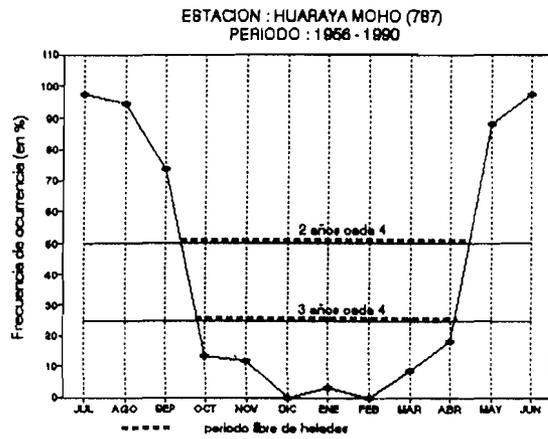
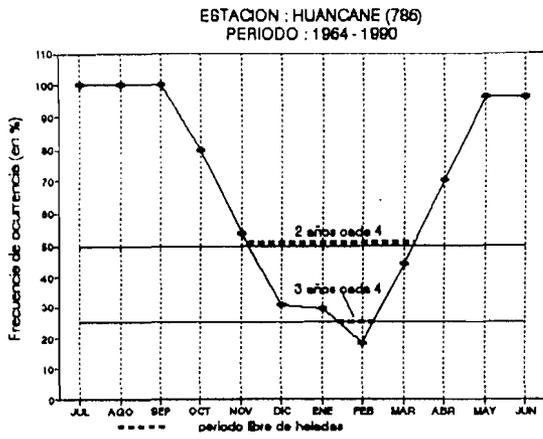
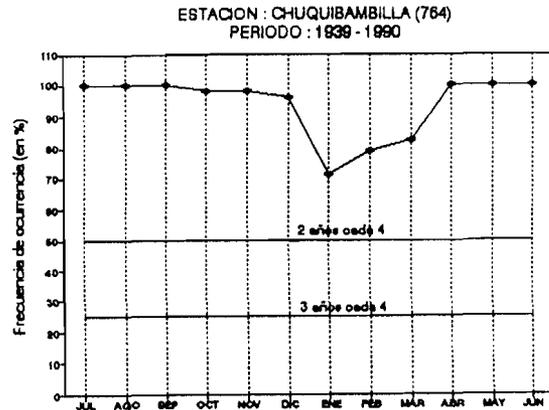
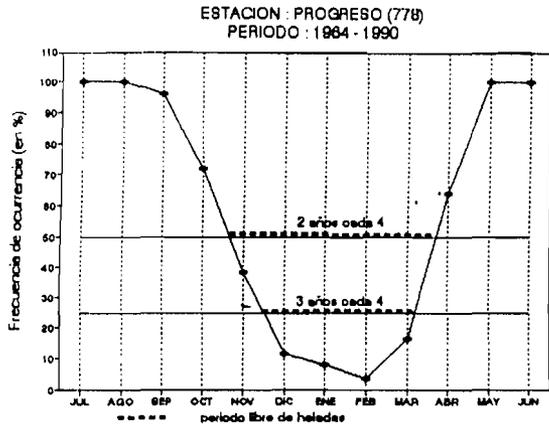
TABLA 3.2.6 :

FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE HELADAS (en %)

COD.	ESTACION	COORDENADAS		ALTT. (m)	Nº de Años	Frecuencia de ocurrencia de heladas (en %)											
		Lat. S	Long. W			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
783	ARAPA	15°09'	70°06'	3840	23	100	100	85	70	42	4	12	0	15	58	100	100
776	AYAVIRI	14°53'	70°36'	3900	21	100	100	100	96	87	78	33	56	54	92	96	96
AYO	AYO AYO	17°05'	68°00'	3856	19	100	100	97	100	88	63	29	38	61	97	100	100
781	AZANGARO	14°55'	70°12'	3860	13	100	100	100	78	45	5	10	9	15	86	100	100
780	CABANILLAS	15°39'	70°22'	3850	26	100	100	100	74	37	11	8	4	11	63	93	100
CÁL	CALACOTO	17°17'	68°38'	3805	17	100	100	100	100	100	89	22	53	83	100	100	100
CAM	CALAMARCA	16°54'	68°08'	3954	16	93	86	60	25	6	13	0	0	0	27	73	93
788	CAPACHICA	15°40'	69°49'	3838	12	100	96	63	42	36	14	3	7	3	34	86	96
CAR	CARACOLLO	17°38'	67°13'	3770	9	100	100	100	100	100	22	40	22	44	100	100	100
CHC	CHACALTAYA	16°21'	68°08'	5220	8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
CHR	CHARAÑA	17°35'	69°26'	4054	30	100	100	100	98	100	100	95	95	98	100	100	95
784	CHUQUIBAMBILLA	14°48'	70°44'	3970	17	100	100	100	98	98	96	71	79	83	100	100	100
CHU	CHUQUIÑA	17°48'	67°27'	3775	20	100	61	29	9	17	8	0	4	12	68	100	100
COL	COLLANA	16°54'	68°20'	3940	18	89	100	94	78	39	17	11	6	17	78	94	100
COM	COMANCHE	16°57'	68°55'	4055	21	100	100	100	100	96	96	52	74	96	100	100	100
COP	COPACABANA	16°08'	69°04'	3843	18	32	39	11	4	0	0	0	0	4	11	36	
COR	CORQUE	18°21'	67°41'	3929	3	100	100	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
DES	DESAGUADERO(BOL.)	16°34'	69°03'	3803	14	100	100	93	93	80	40	20	7	27	80	94	100
883	DESAGUADERO(PERU)	16°34'	69°02'	3812	25	100	100	100	94	71	37	16	19	13	84	97	100
ELA	EL ALTO LA PAZ	16°31'	68°11'	4038	36	100	100	100	93	50	37	24	10	32	75	98	100
ELB	EL BELEN	16°04'	68°40'	3820	24	100	100	100	97	85	40	34	31	60	97	100	100
EUC	EUCALIPTUS	17°36'	67°31'	3728	19	100	100	65	55	40	10	0	5	10	48	81	100
HUA	HUACHACALLA	18°47'	68°16'	3740	5	100	100	100	100	100	100	80	100	80	100	100	100
HUAC	HUACULLANI (BOL.)	16°28'	68°44'	3880	5	100	100	100	67	100	50	0	17	33	100	100	100
886	HUACULLANI (PERU)	16°38'	69°20'	3960	3	100	100	100	100	100	67	0	67	33	100	100	100
788	HUANCANE	15°12'	69°45'	3890	25	100	100	100	80	54	31	30	19	44	70	96	96
885	HUAPACA SANTIAGO	16°24'	69°16'	3850	3	100	100	100	100	60	20	0	75	50	75	100	100
787	HUARAYA-MOHO	15°23'	69°28'	3890	23	97	94	74	13	12	0	3	0	9	18	88	97
HUR	HUARINA COTA COTA	16°12'	68°38'	3825	13	100	100	100	100	53	33	18	18	59	100	100	100
ICH	ICHUCOTA	16°10'	68°22'	4460	10	100	100	100	100	100	58	60	55	64	82	100	100
879	ILAVE	16°06'	69°38'	3880	17	100	100	100	76	55	33	10	14	14	75	100	100
IRP	IRPA CHICO	16°44'	68°22'	3880	3	100	100	100	100	100	100	80	0	60	100	100	100
SÓL	ISLA DEL SOL	16°01'	69°09'	4027	5	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
880	JULI	16°13'	69°27'	3820	17	96	92	84	61	24	4	4	8	8	58	83	100
704	JULIACA	15°29'	70°09'	3826	18	100	100	100	100	82	70	33	33	57	92	100	100
763	LAGUNILLAS	15°46'	70°39'	4200	20	100	96	100	100	100	100	93	97	93	100	100	100
779	LAMPA	15°22'	70°22'	3890	23	100	100	100	100	93	93	37	65	78	96	100	100
761	LLALLY	14°56'	70°53'	3980	11	100	100	100	100	100	100	78	75	100	100	100	100
878	MAZO CRUZ	16°45'	69°43'	4050	23	100	100	100	100	100	100	96	81	100	100	100	100
785	MUÑANI	14°46'	69°57'	3948	22	100	100	100	79	60	24	28	20	52	84	96	100
ORI	ORINOCA	18°58'	67°15'	3780	5	100	100	100	100	83	100	71	86	75	100	100	100
ORU	ORURO	17°58'	67°04'	3702	38	100	100	100	100	89	58	30	20	50	96	100	100
762	PAMPAHUTA	15°29'	70°41'	4400	21	100	100	100	100	97	100	100	100	100	100	100	100
PAT	PATACAMAYA	17°15'	67°55'	3789	36	100	100	88	88	70	33	21	30	47	85	100	100
PAZ	PAZÑA	18°36'	66°56'	3710	10	100	100	100	100	100	85	57	36	86	100	100	100
881	PIZACOMA	16°54'	69°22'	3980	16	100	100	100	100	100	93	40	60	93	100	100	100
778	PROGRESO	14°42'	70°22'	3970	21	100	100	96	72	38	12	8	4	17	64	100	100
PUA	PUERTO ACOSTA	15°31'	69°15'	3835	7	100	100	78	0	13	0	0	0	0	43	88	100
708	PUNO	15°50'	70°01'	3812	27	100	100	85	52	26	0	0	0	7	63	93	100
RIO	RIO MULATOS	19 42'	66°45'	3809	2	100	100	100	100	75	75	25	25	25	100	100	100
SAJ	SAJAMA	18°08'	68°59'	4220	4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
784	SALCEDO	15°53'	70°00'	3840	34	100	100	90	90	78	53	30	15	30	95	98	100
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	19 38'	67°41'	3860	26	100	97	97	97	94	57	24	42	67	100	97	97
SJU	SAN JUAN HUANCOLLO	16°36'	68°54'	3815	3	60	60	60	60	75	50	25	25	25	25	60	60
SHU	SANTIAGO DE HUATA	16°03'	68°49'	3850	5	100	100	100	80	20	0	0	20	40	25	100	100
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	17°04'	69°12'	3980	11	100	100	100	100	92	75	36	64	82	91	100	100
SIC	SICASICA	17°22'	67°45'	3820	42	92	57	49	28	17	0	0	3	8	34	71	89
TAC	TACAGUA	18°53'	66°47'	3720	17	100	100	93	66	33	7	3	0	7	52	89	100
TJA	TIAHUANACU	16°33'	68°41'	3629	16	100	100	100	100	93	50	27	33	71	93	100	100
VIA	VIACHA	16°39'	68°18'	3850	16	100	100	100	95	65	35	29	30	58	93	100	100
882	YUNGUYO	16°15'	69°05'	3850	16	100	100	89	93	52	19	11	23	22	74	100	100

(F) Estación fuera del sistema T.D.P.S.

Fig. N° 3.2.5 : FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE HELADAS



Continúa...

Fig. N° 3.2.5 : FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE HELADAS

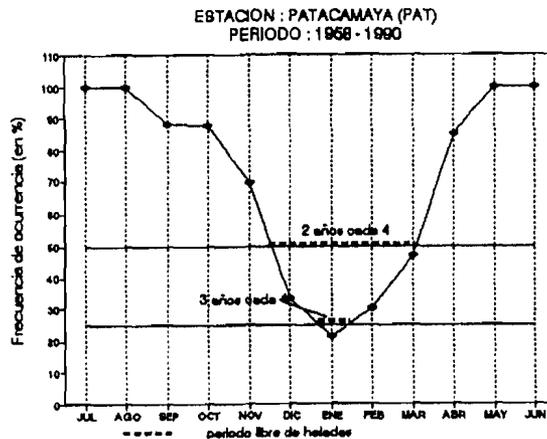
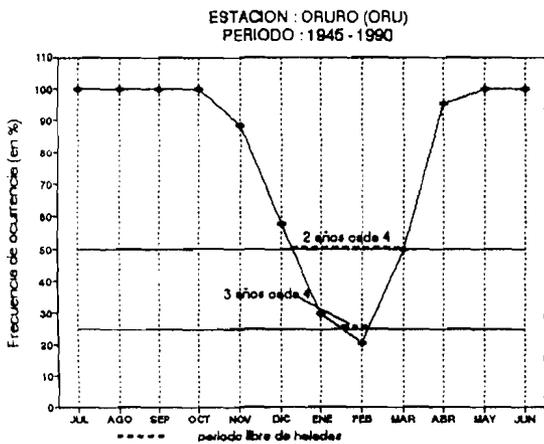
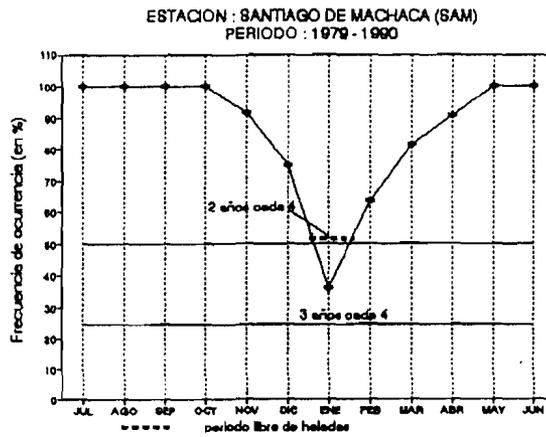
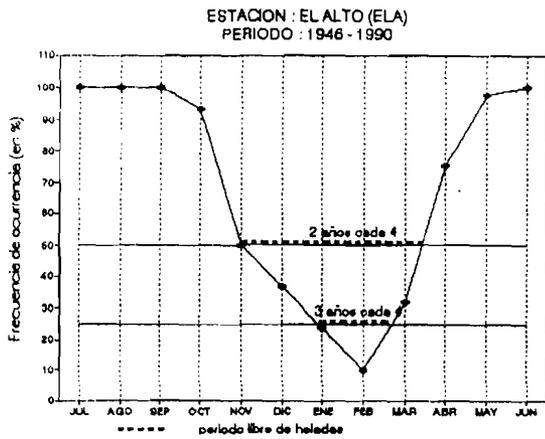
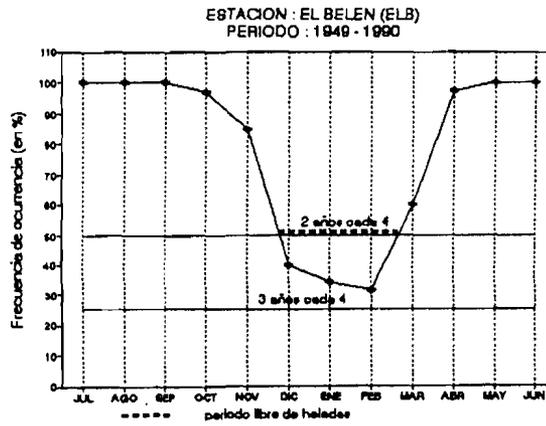
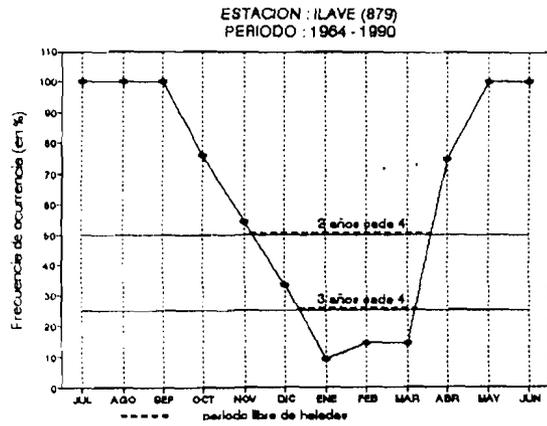


TABLA 3.2.7 :

PERIODO LIBRE DE HELADAS (en meses)

COD.	ESTACION	COORDENAD.		ALTIT. ( m )	Nº de Años	Frecuencia de ocurrencia			
		Lat. S	Long. W			50 % (1 año cada 2)		75 % (3 años cada 4)	
						Nº de meses	meses	Nº de meses	meses
783	ARAPA	15°09'	70°06'	3840	23	5	Nov, Dic, Ene, Feb, Mar	4	Dic, Ene, Feb, Mar
776	AYAVIRI	14°53'	70°36'	3900	21	1	Ene	0	Ninguno
AYO	AYO AYO	17°05'	68°00'	3856	19	2	Ene, Feb	0	Ninguno
781	AZANGARO	14°55'	70°12'	3860	13	5	Nov, Dic, Ene, Feb, Mar	4	Dic, Ene, Feb, Mar
780	CABANILLAS	15°39'	70°22'	3850	26	5	Nov, Dic, Ene, Feb, Mar	4	Dic, Ene, Feb, Mar
CAL	CALACOTO	17°17'	68°38'	3805	17	1	Ene	1	Ene
CAM	CALAMARCA	16°54'	68°08'	3954	16	7	Oct, Nov, Dic, Ene, Feb, Mar, Abr	5	Nov, Dic, Ene, Feb, Mar
788	CAPACHICA	15°40'	69°49'	3838	12	7	Oct, Nov, Dic, Ene, Feb, Mar, Abr	4	Dic, Ene, Feb, Mar
CAR	CARACOLLO	17°38'	67°13'	3770	9	4	Dic, Ene, Feb, Mar	2	Dic, Feb
CHC	CHACALTAYA	16°21'	68°08'	5220	8	0	Ninguno	0	Ninguno
CHR	CHARAÑA	17°35'	68°26'	4054	30	0	Ninguno	0	Ninguno
784	CHUQUIBAMBILLA	14°48'	70°44'	3970	17	0	Ninguno	0	Ninguno
CHU	CHUQUIÑA	17°48'	67°27'	3775	20	7	Sep, Oct, Nov, Dic, Ene, Feb, Mar	6	Oct, Nov, Dic, Ene, Feb, Mar
COL	COLLANA	16°54'	68°20'	3940	18	5	Nov, Dic, Ene, Feb, Mar	4	Dic, Ene, Feb, Mar
COM	COMANCHE	16°57'	68°55'	4055	21	0	Ninguno	0	Ninguno
COP	COPACABANA	16°08'	69°04'	3843	18	12	todo el año	9	Sep a Mayo
COR	CORQUE	18°21'	67°41'	3929	3	0	Ninguno	0	Ninguno
DES	DESAGUADERO(BOL.)	16°34'	69°03'	3803	14	4	Dic, Ene, Feb, Mar	2	Ene, Feb
883	DESAGUADERO(PERU)	16°34'	69°02'	3812	25	4	Dic, Ene, Feb, Mar	3	Ene, Feb, Mar
ELA	EL ALTO LA PAZ	16°31'	68°11'	4038	36	4	Dic, Ene, Feb, Mar	2	Ene, Feb
ELB	EL BELEN	16°04'	68°40'	3820	24	3	Dic, Ene, Feb	0	Ninguno
EUC	EUCALIPTUS	17°36'	67°31'	3728	19	6	Nov, Dic, Ene, Feb, Mar, Abr	4	Dic, Ene, Feb, Mar
HUA	HUACHACALLA	18°47'	68°16'	3740	5	0	Ninguno	0	Ninguno
HUAC	HUACULLANI (BOL.)	16°28'	68°44'	3880	5	3	Ene, Feb, Mar	2	Ene, Feb
886	HUACULLANI (PERU)	16°38'	69°20'	3960	3	2	Ene, Mar	1	Ene
786	HUANCANE	15°12'	69°45'	3890	25	4	Dic, Ene, Feb, Mar	1	Feb
885	HUAPACA SANTIAGO	16°24'	69°16'	3850	3	2	Dic, Ene	2	Dic, Ene
787	HUARAYA-MOHO	15°23'	69°28'	3890	23	7	Oct, Nov, Dic, Ene, Feb, Mar, Abr	7	Oct, Nov, Dic, Ene, Feb, Mar, Abr
HUR	HUARINA COTA COTA	16°12'	68°38'	3625	13	3	Dic, Ene, Feb	2	Ene, Feb
ICH	ICHUCOTA	16°10'	68°22'	4460	10	0	Ninguno	0	Ninguno
879	ILAVE	16°06'	69°38'	3880	17	4	Dic, Ene, Feb, Mar	3	Ene, Feb, Mar
IRP	IRPA CHICO	16°44'	68°22'	3880	3	1	Feb	1	Feb
SOL	ISLA DEL SOL	16°01'	69°09'	4027	5	12	todo el año	12	Todo el año
880	JULI	16°13'	69°27'	3820	17	5	Nov, Dic, Ene, Feb, Mar	5	Nov, Dic, Ene, Feb, Mar
704	JULLACA	15°29'	70°09'	3826	18	2	Ene, Feb	0	Ninguno
783	LAGUNILLAS	15°46'	70°39'	4200	20	0	Ninguno	0	Ninguno
779	LAMPA	15°22'	70°22'	3890	23	1	Ene	0	Ninguno
781	LLALLY	14°56'	70°53'	3980	11	0	Ninguno	0	Ninguno
878	MAZO CRUZ	16°45'	69°43'	4050	23	0	Ninguno	0	Ninguno
785	MUÑANI	14°46'	69°57'	3948	22	3	Dic, Ene, Feb	2	Dic, Feb
ORI	ORINOCA	18°58'	67°15'	3780	5	0	Ninguno	0	Ninguno
ORU	ORURO	17°58'	67°04'	3702	38	2	Ene, Feb	1	Feb
782	PAMPAHUTA	15°29'	70°41'	4400	21	0	Ninguno	0	Ninguno
PAT	PATACAMAYA	17°15'	67°55'	3789	36	4	Dic, Ene, Feb, Mar	1	Ene
PAZ	PAZÑA	18°36'	66°56'	3710	10	1	Feb	0	Ninguno
881	PIZACOMA	16°54'	69°22'	3980	16	1	Ene	0	Ninguno
778	PROGRESO	14°42'	70°22'	3970	21	5	Nov, Dic, Ene, Feb, Mar	4	Dic, Ene, Feb, Mar
PUA	PUERTO ACOSTA	15°31'	69°15'	3835	7	7	Oct, Nov, Dic, Ene, Feb, Mar, Abr	6	Oct, Nov, Dic, Ene, Feb, Mar
708	PUNO	15°50'	70°01'	3812	27	5	Nov, Dic, Ene, Feb, Mar	4	Dic, Ene, Feb, Mar
RIO	RIO MULATOS	19 42'	66°45'	3809	2	3	Ene, Feb, Mar	0	Ninguno
SAJ	SAJAMA	18°08'	68°59'	4220	4	0	Ninguno	0	Ninguno
784	SALCEDO	15°53'	70°00'	3840	34	3	Ene, Feb, Mar	1	Feb
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	19 38'	67°41'	3860	26	2	Ene, Feb	1	Ene
SJU	SAN JUAN HUANCOLLO	16°36'	68°54'	3815	3	4	Ene, Feb, Mar, Abr	0	Ninguno
SHU	SANTIAGO DE HUATA	16°03'	68°49'	3850	5	6	Nov, Dic, Ene, Feb, Mar, Abr	4	Nov, Dic, Ene, Feb
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	17°04'	69°12'	3980	11	1	Ene	0	Ninguno
SIC	SICASICA	17°22'	67°45'	3820	42	8	Sep, Oct, Nov, Dic, Ene, Feb, Mar, Abr	5	Nov, Dic, Ene, Feb, Mar
TAC	TACAGUA	18°53'	66°47'	3720	17	5	Nov, Dic, Ene, Feb, Mar	4	Dic, Ene, Feb, Mar
TIA	TIAHUANACU	16°33'	68°41'	3629	16	2	Ene, Feb	0	Ninguno
VIA	VIACHA	16°39'	68°18'	3850	16	3	Dic, Ene, Feb	0	Ninguno
882	YUNGUYO	16°15'	69°05'	3850	16	4	Dic, Ene, Feb, Mar	4	Dic, Ene, Feb, Mar

(F) Estación fuera del sistema T.D.P.S.

Tal como se indica en el capítulo 3.2.6.2, la zona cercana al Lago (I.Sol, Copacabana, Huaraya-Moho) presenta un período libre de heladas más amplio (7 a 12 meses), en comparación a otras zonas que presentan heladas durante todo el año (Chuquibambilla, Pampahuta, Lagunillas, Llally y prácticamente todo el sector sur del sistema). Con el alejamiento del Lago y/o aumento de la altitud, existe una disminución considerable del período libre de heladas, situación que es menos sensible en dirección noroeste.

Los resultados obtenidos permitirán un mejor manejo de los cultivos, es decir, se podrá planificar un cultivo, teniendo en cuenta que el tiempo que tarda durante las fases de su desarrollo, sea menor que el período libre de heladas, o que por lo menos, lo sea con un nivel de probabilidad razonable de 3 veces cada 4 años o considerando un mayor riesgo de 1 vez cada 2 años.

### **3.3 VIENTOS DE SUPERFICIE**

#### **3.3.1. Introducción**

Los movimientos del aire se originan como una consecuencia de las diferencias de presión atmosférica en la superficie del globo; los vientos soplan de las zonas de alta presión en dirección a los de baja presión, y la velocidad de este movimiento de traslación está en razón directa a la diferencia de presiones entre las áreas donde se origina la corriente de aire, y a la que se dirige.

En los planos 11 a 14 los vientos de superficie, son representados por medio de la rosa de los vientos: las barras indican la dirección desde donde sopla el viento hacia el centro del círculo; la longitud es proporcional a su frecuencia y la velocidad se señala en m/seg. con una cifra al extremo de la barra. En el centro del círculo - de la rosa de los vientos - se indica con un número, la frecuencia de las calmas.

El estudio de esta variable ha sido efectuado mediante los datos registrados en 55 estaciones meteorológicas, de las cuales 3 de ellas están fuera de la cuenca: Macusani, Salinas de Garci Mendoza y Uyuni. La distribución de las estaciones es la siguiente: 24 estaciones en territorio Peruano y 31 estaciones en territorio Boliviano; el resumen mensual se indica en la tabla 3.3.1.

TABLA Nº 3.3.1 :

DIRECCION, FRECUENCIA Y VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO (m/s)

COD.	ESTACION	ENE.			FEB.			MAR.			ABR.			MAY.			JUN.			JUL.			AGO.			SEP.			OCT.			NOV.			DIC.			
		F	V	DIR																																		
778	PROGRESO	88	0.0	C	88	0.0	C	96	0.0	C	76	0.0	C	68	0.0	C	67	0.0	C	54	0.0	C	60	0.0	C	53	0.0	C	63	0.0	C	64	0.0	C	78	0.0	C	
		4	4.0	N	8	3.0	N	4	3.0	NW	24	3.3	N	28	3.0	N	25	3.2	N	33	3.1	N	32	4.0	N	35	4.1	N	33	3.5	N	24	3.2	N	20	3.2	N	
		4	4.0	NE	4	2.0	W							4	2.0	SE	4	3.0	SE	13	3.7	NW	8	4.0	NW	12	3.3	NW	4	4.0	NW	4	3.0	NW	4	2.0	W	
		4	2.0	W										4	3.0	W																						
779	LAMPA	38	0.0	C	38	0.0	C	50	0.0	C	44	0.0	C	44	0.0	C	48	0.0	C	30	0.0	C	30	0.0	C	32	0.0	C	30	0.0	C	30	0.0	C	28	0.0	C	
		4	4.0	E	4	2.0	N	4	3.0	N	4	4.0	E	7	2.5	E	4	3.0	E	7	3.0	E	11	3.7	E	4	4.0	E	12	3.7	N	4	4.0	E	11	3.3	N	
		12	2.3	NE	4	3.0	NE	8	3.0	NE	7	3.0	NE	4	2.0	N	4	3.0	N	30	2.6	NE	4	3.0	N	4	4.0	N	12	3.3	NE	7	2.5	N	4	2.0	NE	
		8	2.5	NW	4	2.0	NW	8	3.0	NW	11	4.3	NW	19	1.8	NE	22	2.3	NE	4	2.0	NW	22	3.8	NE	11	3.0	NE	12	2.7	NW	7	2.0	NE	4	2.0	NW	
		19	3.2	SE	8	2.5	S	4	3.0	S	4	2.0	S	4	2.0	SE	4	3.0	NW	4	3.0	SE	7	3.0	SE	4	4.0	NW	4	3.0	S	15	3.0	NW	4	3.0	S	
		19	2.6	SW	24	2.7	SE	14	2.5	SE	11	2.0	SE	22	2.8	SW	4	3.0	SE	25	3.4	SW	22	3.2	SW	4	3.0	S	12	3.3	SE	8	4.0	S	22	3.0	SE	
					20	2.6	SW	12	2.7	SW	19	2.8	SW				14	2.8	SW				4	3.0	W				7	2.5	SE	18	2.8	SW	7	2.5	SE	25
780	CABAMILLAS	53	0.0	C	57	0.0	C	42	0.0	C	46	0.0	C	31	0.0	C	52	0.0	C	41	0.0	C	30	0.0	C	28	0.0	C	28	0.0	C	19	0.0	C	35	0.0	C	
		23	2.3	NE	23	2.5	NE	12	2.0	NE	4	3.0	NE	8	2.5	NE	11	2.7	NE	7	3.0	NE	15	2.5	NE	4	2.0	N	11	2.7	NE	15	2.5	NE	15	2.3	NE	
		12	1.0	SE	12	1.3	SE	31	1.8	SE	15	1.8	SE	15	2.0	SE	4	2.0	S	15	2.0	SE	4	2.0	SE	15	2.8	NE	4	3.0	S	7	3.5	S	4	3.0	NW	
		12	3.3	SW	8	1.5	SW	15	1.8	SW	35	1.9	SW	46	1.9	SW	11	2.0	SE	33	2.3	SW	47	2.8	SW	22	2.0	SE	19	1.8	SE	19	1.8	SE	4	2.0	S	
781	AZANGARO	55	0.0	C	51	0.0	C	53	0.0	C	53	0.0	C	38	0.0	C	56	0.0	C	51	0.0	C	45	0.0	C	31	0.0	C	52	0.0	C	48	0.0	C	51	0.0	C	
		10	2.5	N	5	2.0	N	12	2.0	NE	5	2.0	E	5	2.0	N	19	1.8	N	10	2.0	N	10	2.5	N	5	2.0	E	5	2.0	E	5	3.0	E	5	2.0	E	
		20	2.0	S	5	3.0	NE	17	2.0	S	15	2.0	N	5	2.0	NE	10	1.5	NE	10	1.5	NE	30	2.3	NW	27	3.7	N	5	5.0	N	14	2.3	N	10	2.5	N	
		15	2.0	SE	5	3.0	NW	18	2.0	SE	11	2.0	S	24	2.0	S	10	2.0	NW	14	2.3	NW	10	3.0	S	14	2.3	NE	5	2.0	NE	5	2.0	NE	5	2.0	NE	
					10	2.0	S				11	2.0	SE	23	1.4	SE	5	2.0	S	10	2.0	S	5	3.0	SE	9	2.0	S	14	2.0	S	18	1.8	S	10	2.0	S	
783	ARAPA	18	0.0	C	24	0.0	C	28	0.0	C	15	0.0	C	19	0.0	C	27	0.0	C	15	0.0	C	8	0.0	C	4	0.0	C	4	3.0	N	4	0.0	C	13	0.0	C	
		8	2.5	E	8	2.0	N	4	1.0	N	8	2.0	E	4	3.0	E	19	3.2	NE	8	3.5	E	8	3.0	E	4	4.0	E	31	3.6	NE	8	3.5	E	21	3.4	NE	
		4	2.0	N	38	3.0	NE	24	3.3	NE	8	3.0	N	4	2.0	N	35	3.8	NW	23	4.0	NE	34	3.8	NE	23	2.8	NE	54	3.1	NW	29	3.3	NE	46	3.8	NW	
		12	4.0	NE	20	3.4	NW	16	3.8	NW	12	3.3	NE	15	2.8	NE	19	2.8	SE	46	3.2	NW	34	3.3	NW	54	4.0	NW	11	4.0	SE	42	3.5	NW	16	3.8	SE	
		44	3.0	NW	12	3.7	SE	28	2.9	SE	23	3.3	NW	35	2.8	NW				8	2.5	SE	12	3.0	SE	15	3.5	SE				17	4.3	SE	4	2.0	SW	
		12	3.3	SE							30	3.5	SE	23	3.2	SE																						
		4	4.0	SW							4	3.0	W																									
784	SALCEDO	6	3.0	E	6	0.0	C	6	0.0	C	3	3.0	E	3	0.0	C	15	2.4	N	3	2.0	E	3	2.0	E	29	3.2	N	3	0.0	C	29	3.2	N	27	3.3	N	
		24	2.4	N	3	2.3	E	3	2.0	E	29	2.3	N	3	2.7	E	35	3.0	NE	21	2.9	N	29	3.2	NE	15	3.7	N	29	3.4	NE	32	3.5	N	31	3.3	NE	
		36	3.1	NE	28	2.7	N	38	2.5	N	35	3.0	NE	18	2.7	N	3	3.0	NW	29	3.2	NE	29	3.2	S	29	3.2	NE	24	3.4	S	26	3.4	NE	3	3.0	NNE	
		3	2.0	NNE	28	2.9	NE	31	2.6	NE	3	3.1	NW	36	2.8	NE	32	3.5	S	29	3.2	S	29	3.2	S	6	3.0	SE	44	3.3	S	6	2.0	SE	24	3.5	S	
		28	2.7	S	32	2.5	S	16	2.6	S	21	2.9	S	3	3.0	NW	9	2.7	SE	6	3.0	SE	44	3.3	S	6	2.0	SE	24	3.5	S	26	3.2	S	24	3.1	S	
		3	2.6	SW	3	2.0	SE	3	2.0	SE	6	2.5	SE	27	3.0	S	3	2.0	SSE	3	2.0	SSE	3	3.0	SE	3	3.0	SSE	6	2.5	SE	6	3.0	SE	3	3.0	SSE	
			3	2.8	SW	3	3.0	SW	3	3.0	SW	7	2.5	SE	3	3.7	SW	9	3.6	SW	6	4.0	SW	9	3.2	SW	9	3.2	SW	3	3.0	SSE	5	2.9	SW			
785	MUNANI	80	0.0	C	85	0.0	C	80	0.0	C	84	0.0	C	64	0.0	C	75	0.0	C	65	0.0	C	63	0.0	C	60	0.0	C	68	0.0	C	64	0.0	C	72	0.0	C	
		8	3.0	E	11	2.3	SE	4	3.0	NE	4	3.0	E	4	3.0	E	4	3.0	E	8	3.0	N	8	2.5	E	4	3.0	E										
		4	2.0	SE	4	2.0	W	4	2.0	S	12	2.3	SE	8	2.0	S	4	2.0	S	4	2.0	S	9	2.5	NE	8	2.5	NE	8	3.0	NE	12	2.7	NE	4	2.0	NE	
		4	4.0	SW				8	2.0	SE	8	2.0	SE	12	2.7	SE	4	2.0	SE	9	3.6	NW	4	5.0	NW	12	4.3	NW	8	5.5	NW	4	5.0	NW	8	3.0	SE	
		4	3.0	W				4	1.0	SW				12	2.0	SW	4	3.0	SW	9	2.5	SW	4	2.0	S	16	2.3	SE	4	3.0	SE	12	2.3	SE	4	2.0	W	
786	HUANCANE	18	0.0	C	20	0.0	C	22	0.0	C	12	0.0	C	30	0.0	C	44	0.0	C	25	0.0	C	22	0.0	C	18	0.0	C	4	0.0	C	11	0.0	C	22	0.0	C	
		12	3.0	E	8	3.0	E	4	4.0	E	4	1.0	E	7	1.5	E	4	3.0	E	4	2.0	E	4	3.0	E	4	3.0	E	4	2.0	E	4	4.0	E	15	3.8	E	
		12	2.3	S	12	3.0	S	8	2.5	S	19	2.2	S	11	2.0	S	7	1.0	S	15	2.3	S	4	2														

TABLA N° 3.3.1 :

DIRECCION, FRECUENCIA Y VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO (m/s)

COD.	ESTACION	ENE.			FEB.			MAR.			ABR.			MAY.			JUN.			JUL.			AGO.			SEP.			OCT.			NOV.			DIC.					
		F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR																		
704	JULIACA	4	0.0	C	11	0.0	C	7	0.0	C	11	0.0	C	4	0.0	C	4	0.0	C	4	0.0	C	4	0.0	C	4	0.0	C	4	0.0	C	61	4.8	E	4	0.0	C	72	4.6	E
		53	3.8	E	45	3.0	E	58	3.8	E	41	2.9	E	45	3.0	E	28	2.6	E	52	3.5	E	31	3.3	E	25	4.3	E	7	4.4	N	4	4.2	N						
		7	4.7	N	4	4.9	N	4	3.8	N	4	4.4	N	29	2.8	NE	8	3.1	N	4	2.4	N	15	4.5	N	21	5.3	N	18	4.9	NE	24	5.0	NE	20	5.2	NE			
		32	4.2	NE	33	3.7	NE	11	3.1	NE	37	2.8	NE	4	3.3	NW	52	2.7	NE	28	3.5	NE	38	4.2	NE	39	4.8	NE	14	5.4	SE				4	5.8	SE			
		4	5.4	SE	7	4.3	SE	22	3.3	SE	7	3.0	SE	14	2.5	SE	8	2.2	SE	8	3.0	NW	8	5.0	NW	4	5.2	NW												
708	PUNO	59	3.4	E	87	3.4	E	4	0.0	C	11	0.0	C	22	0.0	C	11	0.0	C	7	0.0	C	7	0.0	C	4	0.0	C	89	3.7	E	81	3.8	E	74	3.8	E			
		7	3.0	NW	12	3.7	NW	74	3.3	E	74	3.2	E	67	2.9	E	67	2.8	E	82	3.0	E	79	3.2	E	89	3.5	E	4	4.0	S	4	3.0	SE	7	4.0	S			
		12	4.0	S	7	3.5	S	4	3.0	NW	7	3.0	NW	4	3.0	NE	22	3.5	NW	4	3.0	NW	7	4.0	NW	7	3.5	SE	7	3.5	SE	15	4.3	SW	11	3.7	SE			
		15	3.5	SE	7	3.0	SE	7	3.0	SE	4	3.0	SE	7	3.0	NW													4	4.0	SW									
		7	4.0	SW	7	3.0	SW	4	3.0	SW	4	4.0	SW																4	4.0	W									
781	LLALLY	19	0.0	C	21	0.0	C	23	0.0	C	8	0.0	C	20	0.0	C	14	0.0	C	8	0.0	C	7	0.0	C	25	0.0	C	19	0.0	C	7	0.0	C	13	0.0	C			
		8	4.0	E	14	3.0	S	8	4.0	S	13	3.5	S	7	4.0	S	14	5.0	S	15	4.0	S	7	4.0	NW	6	5.0	S	7	5.0	S	6	3.0	NE						
		6	3.0	NE	7	4.0	SE	8	3.0	SE	25	3.8	SE	13	4.5	SE	7	4.0	SE	8	8.0	SE	7	1.0	S	63	5.1	SW	6	5.0	S	7	4.0	SE	6	4.0	S			
		6	4.0	SE	58	4.1	SW	61	4.0	SW	58	4.0	SW	60	4.8	SW	65	5.0	SW	69	5.6	SW	15	4.5	SE	6	5.0	W	72	5.0	SW	13	3.5	SE						
		63	4.2	SW				7	3.5	W										64	5.3	SW	63	5.2	SW	7	3.0	W	62	4.8	SW									
762	PAMPAHUTA	23	2.2	N	18	2.3	E	18	2.3	E	14	2.0	E	22	2.4	N	19	2.6	N	9	3.0	N	5	0.0	C	5	0.0	C	9	3.0	E	5	3.0	E	9	3.0	E			
		5	2.0	NE	5	2.0	N	9	2.0	N	9	2.0	N	17	2.3	NE	58	2.6	NW	9	2.5	NE	9	3.0	N	5	3.0	E	5	3.0	N	14	3.3	N	14	2.3	N			
		9	2.0	NW	5	2.0	NE	9	2.0	NE	5	3.0	NE	13	2.7	NW	5	3.0	S	38	3.1	NW	9	3.0	NE	14	3.0	N	9	3.0	NE	5	3.0	NE	9	2.5	NE			
		40	2.6	S	5	3.0	NW	38	2.8	S	22	2.2	NW	4	2.0	S	10	3.0	SE	9	3.0	S	40	2.8	NW	31	3.1	NW	14	3.3	NW	5	3.0	NW	5	3.0	NW	5	3.0	NW
		23	2.0	SW	31	2.7	S	5	2.0	SE	27	3.0	S	17	2.5	SE	10	3.0	SW	14	2.7	SE	18	3.0	S	27	3.2	S	44	3.1	S	39	3.0	S	40	3.0	S			
763	LAGUNILLAS	23	0.0	C	18	0.0	C	23	0.0	C	38	0.0	C	70	0.0	C	64	0.0	C	70	0.0	C	52	0.0	C	61	0.0	C	50	0.0	C	40	0.0	C	45	0.0	C			
		55	2.6	E	45	2.5	E	50	2.5	E	23	2.2	E	4	2.0	E	9	3.5	NW	9	3.0	E	13	3.3	E	17	3.3	E	27	3.3	E	48	2.7	E	38	2.9	E			
		9	2.5	NE	14	3.0	NE	5	3.0	NE	9	3.0	NE	4	3.0	NW	27	3.0	W	4	3.0	NW	5	3.0	NW	4	4.0	NW	9	2.5	NE	4	4.0	NE	5	3.0	NE			
		13	2.3	SE	14	2.3	NW	22	2.4	SE	5	2.0	NW	22	3.8	W																			4	3.0	NW	9	3.0	NW
					9	3.0	SE				5	4.0	S																						4	3.0	SE	5	3.0	SE
764	CHUQUIBAMBILLA	58	0.0	C	85	0.0	C	61	0.0	C	57	0.0	C	68	0.0	C	70	0.0	C	55	0.0	C	56	0.0	C	68	0.0	C	66	0.0	C	71	0.0	C	70	0.0	C			
		14	2.7	N	15	3.0	NE	10	3.0	N	5	3.0	N	10	2.0	NE	5	2.0	NW	30	2.8	NW	10	3.5	NW	5	4.0	NE	14	3.7	NE	5	3.0	NE	10	2.5	N			
		10	3.0	NE	10	2.5	S	10	2.0	NE	10	2.0	NE	10	4.0	NW	5	3.0	S	5	4.0	SW	5	3.0	S	9	3.5	S	5	3.0	NW	5	2.0	NW						
		5	2.0	S	10	2.5	SE	14	4.0	S	14	2.7	S	14	2.0	W	5	4.0	SE	14	2.0	W	14	2.0	SE	9	3.5	SW	5	2.0	S	14	3.7	SE	5	3.0	SE			
		5	2.0	SE				5	3.0	SE	10	3.0	SE	5	5.0	SW	5	5.0	SW	5	4.0	SW	9	3.0	W	5	4.0	SW	5	3.0	W	5	4.0	SW						
778	AYAVIRI	70	0.0	C	87	0.0	C	58	0.0	C	75	0.0	C	48	0.0	C	30	0.0	C	57	0.0	C	57	0.0	C	48	0.0	C	50	0.0	C	52	0.0	C	61	0.0	C			
		13	3.7	NW	13	3.3	NW	4	3.0	E	4	4.0	NW	30	4.1	NW	43	4.0	NW	35	4.3	NW	30	5.0	NW	4	4.0	N	4	3.0	E	28	4.8	NW	4	4.0	N			
		4	6.0	SE	8	4.0	SE	4	3.0	NW	8	3.0	SE	9	5.0	SW	4	6.0	SW	4	4.0	SW	4	4.0	SW	21	4.0	NW	21	5.0	NW	4	3.0	S	17	4.8	NW			
		13	5.3	W	4	4.0	SW	13	4.0	SE	13	5.3	SW	13	3.7	W	23	3.2	W	4	5.0	W	9	7.0	W	4	2.0	SE	8	3.5	SE	10	4.5	SE	5	1.0	SE			
					8	6.0	W	4	6.0	SW	17	4.8	W										17	5.3	SW	4	6.0	SW	4	5.0	SW	9	5.5	SW						
777	MACUSANI	79	0.0	C	85	0.0	C	92	0.0	C	100	0.0	C	92	0.0	C	86	0.0	C	93	0.0	C	93	0.0	C	88	0.0	C	79	0.0	C	79	0.0	C	79	0.0	C			
		14	3.0	N	8	3.0	SW	8	3.0	NW				8	3.0	SW	7	3.0	NW	7	3.0	SW	7	4.0	N	7	4.0	E	14	3.5	N	7	3.0	N						
		7	4.0	NW	7	3.0	W										7	15.0	SW	7	3.0	SW	7	4.0	NW	7	4.0	SW	7	4.0	NW	7	3.0	NW	7	4.0	SW			

Continua...

TABLA N° 3.3.1 :

DIRECCION, FRECUENCIA Y VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO (m/s)

COD.	ESTACION	ENE			FEB			MAR.			ABR.			MAY.			JUN.			JUL.			AGO.			SEP.			OCT.			NOV.			DIC.					
		F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR						
787	HUARAYA-MOHO	46	0.0	C	18	0.0	C	25	0.0	C	25	0.0	C	52	0.0	C	68	0.0	C	36	0.0	C	23	0.0	C	81	2.5	S	4	0.0	C	12	0.0	C	16	0.0	C			
		41	2.3	S	3	2.8	E	69	2.3	S	69	2.1	S	42	1.9	S	19	1.8	S	45	2.0	S	61	2.4	S	19	2.9	SW	85	2.5	S	70	2.8	S	75	2.1	S			
		13	2.1	SW	66	2.0	S	6	2.1	SW	6	3.1	SW	3	2.6	SE	3	3.0	SE	16	2.1	SW	3	3.9	SE	3	2.7	SW	11	2.8	SW	18	2.0	SW	9	2.4	SW			
788	CAPACHICA	15	0.0	C	7	0.0	C	12	0.0	C	8	0.0	C	11	0.0	C	8	0.0	C	15	0.0	C	8	0.0	C	18	4.3	E	23	4.0	E	3	0.0	C	10	0.0	C			
		35	4.0	E	23	3.7	E	24	3.7	E	17	3.5	E	8	2.5	E	38	3.7	E	12	3.0	E	23	3.8	E	13	5.3	ENE	14	6.0	ENE	19	3.8	E	19	3.6	E			
		4	5.0	ENE	8	5.0	ENE	16	4.5	ENE	21	4.4	ESE	15	4.8	ENE	8	4.5	ENE	19	4.6	ENE	19	4.6	ENE	4	3.0	N	48	4.0	NE	12	6.3	ENE	19	5.8	ENE			
		46	4.1	NE	46	3.8	NE	40	3.5	NE	46	3.5	NE	4	2.0	N	4	4.0	ESE	42	3.5	NE	38	3.8	NE	52	4.0	NE	5	5.0	NNE	50	4.3	NE	44	4.1	NE			
		4	4.0	NNE	4	4.0	NNE	4	2.0	SE	4	2.0	SE	42	3.4	NE	38	3.4	NE	4	4.0	NNE	4	4.0	S	4	5.0	SE	5	5.0	SE	4	3.0	S	4	4.0	NW			
		4	3.0	SE	4	3.0	SE	4	3.0	SW	4	4.0	SW	4	4.0	S	4	3.0	W	4	4.0	SW	4	3.0	SW	9	2.5	SW	5	3.0	SW	4	4.0	SE	4	5.0	SE			
878	MAZO CRUZ	52	0.0	C	52	0.0	C	52	0.0	C	58	0.0	C	54	0.0	C	44	0.0	C	60	0.0	C	63	0.0	C	48	0.0	C	44	0.0	C	40	0.0	C	44	0.0	C			
		4	3.0	N	4	4.0	N	9	2.5	NE	4	2.0	N	17	2.8	NE	4	3.0	NE	4	4.0	N	8	3.0	NE	4	3.0	NE	24	2.7	NE	4	3.0	E	8	4.0	N			
		16	3.0	NE	8	3.0	NE	9	3.5	NW	4	3.0	NW	8	3.0	SE	4	3.0	NW	4	3.0	NW	4	2.0	NW	9	3.0	NE	4	3.0	NW	12	4.0	N	24	2.5	NE			
		8	4.0	NW	8	3.5	NW	4	2.0	S	4	3.0	SE	4	3.0	SE	4	4.0	S	4	3.0	NW	4	3.0	S	4	3.0	NW	4	4.0	S	4	2.0	NE	4	4.0	NW			
		4	3.0	S	4	2.0	S	9	2.5	SE	30	3.1	SW	30	3.1	SW	16	3.3	SE	8	3.5	S	4	3.0	SE	4	4.0	S	8	3.0	SE	8	3.0	SE	8	3.0	NW	4	3.0	SE
		16	2.8	SW	8	3.0	SE	17	3.0	SW	17	3.0	SW	28	3.1	SW	28	3.1	SW	8	3.5	SE	17	3.8	SW	17	3.8	SW	9	2.5	SE	16	3.8	SW	4	3.0	S	12	3.0	SW
879	ILAVE	30	0.0	C	27	0.0	C	31	0.0	C	49	0.0	C	45	0.0	C	48	0.0	C	34	0.0	C	35	0.0	C	28	0.0	C	19	0.0	C	24	0.0	C	20	0.0	C			
		70	3.5	NE	5	3.6	N	11	3.4	N	6	2.8	N	10	3.6	N	26	3.2	N	33	2.8	N	20	3.4	N	22	3.8	N	5	3.9	E	5	4.0	N	5	3.9	N			
		63	3.3	NE	58	3.3	NE	33	3.7	NE	45	3.3	NE	26	3.5	NE	33	3.1	NE	45	3.4	NE	44	3.8	NE	6	3.2	S	71	3.9	NE	71	4.0	NE	75	3.4	NE			
880	JULI	12	0.0	C	15	0.0	C	25	0.0	C	14	0.0	C	17	0.0	C	17	0.0	C	25	0.0	C	26	0.0	C	8	0.0	C	21	0.0	C	13	0.0	C	8	0.0	C			
		56	3.0	N	54	2.9	N	46	2.7	N	4	3.0	E	54	2.9	N	67	2.9	N	63	3.1	N	39	3.2	N	68	3.2	N	57	3.5	N	75	3.5	N	52	3.4	N			
		8	3.2	NE	23	3.1	S	4	3.0	NE	50	2.8	N	8	2.8	NE	8	2.6	S	4	2.8	S	13	3.7	NE	4	3.8	NW	13	4.0	S	8	3.8	S	4	3.5	NW			
		16	2.9	S	8	2.6	W	4	2.3	NW	8	3.1	NE	13	2.9	S	8	2.3	W	8	2.5	W	8	2.5	W	13	3.1	S	12	3.2	S	9	2.6	W	4	2.7	W	28	3.2	S
		8	2.3	W	13	2.9	S	4	2.3	NW	8	2.2	W	8	2.2	W	8	2.3	W	8	2.5	W	9	2.7	W	8	2.9	W	8	3.0	W									
		4	2.7	SW	4	2.7	SW	4	2.7	W	4	2.8	SE	4	2.8	SE																								
881	PIZACOMA	20	0.0	C	13	0.0	C	21	2.9	N	23	3.6	N	7	0.0	C	7	0.0	C	13	3.9	E	20	5.3	N	7	3.2	E	27	4.3	N	13	0.0	C	7	0.0	C			
		13	3.2	N	13	2.9	N	72	3.9	NE	62	4.3	NE	22	3.1	N	29	3.2	N	13	5.1	N	41	5.5	NE	6	4.1	N	40	4.8	NE	8	4.3	E	22	3.7	N			
		60	4.1	NE	40	3.9	NE	7	4.5	SW	15	5.3	SE	43	5.1	NE	43	5.3	NE	60	5.2	NE	13	7.1	NW	60	4.6	NE	13	3.7	S	13	3.1	N	50	4.3	NE			
		7	4.3	S	7	4.4	S	7	4.4	S	7	5.6	NW	7	3.4	S	7	4.8	NW	7	3.4	S	7	4.8	NW	13	2.5	S	7	7.4	NW	7	3.5	SE	33	5.1	NE	7	5.5	NW
882	YUNGUYO	86	0.0	C	86	0.0	C	100	0.0	C	86	0.0	C	93	0.0	C	93	0.0	C	100	0.0	C	86	0.0	C	100	0.0	C	93	0.0	C	86	0.0	C	93	0.0	C			
		14	3.0	NW	14	2.3	NW	14	2.8	NW	14	2.8	NW	7	2.0	NW	7	2.5	NW	7	2.5	NW	14	3.0	NW	14	3.0	NW	7	3.1	NW	14	3.0	NW	7	2.8	NW			
		7	4.3	S	7	4.4	S	7	4.4	S	7	3.1	S	7	4.7	SE	7	3.4	SW	7	3.3	S	13	3.8	SE	7	3.7	S	13	3.8	SE	7	3.7	S	13	3.8	SE			
883	DESAGUADERO (PERU)	3	0.0	C	3	0.0	C	3	0.0	C	7	0.0	C	13	4.6	E	3	0.0	C	10	4.3	E	7	4.7	E	10	4.3	E	3	0.0	C	7	4.3	E	3	0.0	C			
		10	4.7	E	11	4.9	E	7	4.4	E	10	4.5	E	13	3.6	N	10	3.8	E	3	2.8	N	10	3.8	N	10	3.7	N	10	4.3	E	17	4.2	N	7	4.8	E			
		67	4.3	NE	70	4.0	NE	10	3.9	N	4	4.0	N	68	3.8	NE	4	3.7	N	81	4.0	NE	77	4.4	NE	77	4.6	NE	4	4.8	N	66	4.7	NE	7	4.0	N			
		3	3.1	S	3	2.4	NW	67	3.9	NE	73	3.8	NE	6	3.5	NW	77	3.9	NE	3	2.9	NW	3	2.4	NW	3	3.8	S	73	4.6	NE	7	3.7	NW	80	4.2	NE			
17	3.9	SW	10	3.8	SW	3	4.2	NW	3	4.0	NW	3	4.0	NW	3	3.0	NNE	3	4.6	SW	3	5.0	S	7	3.9	NW	3	4.4	S	3	4.1	SW								

Continua...

TABLA N° 3.3.1 :

DIRECCION, FRECUENCIA Y VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO (m/s)

COD.	ESTACION	ENE.			FEB.			MAR.			ABR.			MAY.			JUN.			JUL.			AGO.			SEP.			OCT.			NOV.			DIC.											
		F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR																											
COP	COPACABANA	58	0.0	C	67	0.0	C	50	0.0	C	50	0.0	C	42	0.0	C	42	0.0	C	50	0.0	C	50	0.0	C	50	0.0	C																		
		9	1.0	NE	8	1.0	NE	8	1.0	NE	8	0.5	NE	58	1.3	NW	8	1.0	NE	8	1.0	NE	8	1.0	NE	8	1.0	NE																		
		33	1.0	NW	33	1.0	NW	33	1.2	NW	33	1.2	NW	33	1.3	NW	25	1.4	NW	42	0.9	NW	42	1.2	NW	50	1.2	NW	42	1.4	NW	42	1.5	NW	42	1.5	NW									
COL	COLLANA	89	0.0	C	94	0.0	C	77	0.0	C	77	0.0	C	78	0.0	C	88	0.0	C	88	0.0	C	88	0.0	C	94	0.0	C	94	0.0	C	94	0.0	C	94	0.0	C									
		5	2.1	N	6	1.0	E	6	1.0	W	6	1.0	NW	6	1.0	W	6	2.1	N	17	1.9	NW	11	1.5	N	6	1.5	N	6	1.5	E	6	2.1	NW	6	1.0	E									
		6	1.5	SE													6	1.0	NW	11	1.0	NW	6	2.1	NW	6	1.5	NW																		
COR	CORQUE	50	2.3	E	25	2.6	E	25	2.6	E	25	2.1	E	100	3.1	S	25	3.1	E	25	2.6	N	25	3.6	N	25	3.1	N	25	3.1	N	25	3.3	N	25	3.3	N	25	3.1	E						
		50	3.3	S	50	3.1	N	50	2.8	N	25	2.6	N	25	2.6	N	75	2.7	S	75	3.6	S	75	3.1	S	75	3.4	S	75	3.3	S	75	3.3	S	25	4.6	N									
					25	3.1	S	25	3.1	S	50	3.1	S																			50	2.6	S												
AYO	AYO-AYO	60	4.5	E	43	5.4	E	6	0.0	C	29	5.4	E	6	5.1	E	64	4.0	NW	6	0.0	C	6	7.2	E	39	5.6	E	44	5.3	E	54	5.6	E	55	5.3	E									
		17	3.6	NE	6	4.6	ESE	44	4.6	E	18	4.5	NE	6	3.6	NE	12	3.1	SW	6	4.1	N	11	4.6	N	17	5.0	NE	22	4.2	NE	6	5.1	ESE	17	3.9	NE									
		6	2.1	NW	17	3.1	NE	17	3.1	NE	35	3.2	NW	64	3.8	NW	24	5.5	W	76	4.4	NW	6	7.2	NE	33	5.1	NW	6	2.6	NW	17	4.8	NE	28	4.1	SE									
		17	4.5	SE	6	1.5	NW	33	5.0	SE	18	3.9	SE	12	3.6	SE	6	3.1	SW	6	5.1	SE	60	4.7	NW	11	5.7	SE	28	4.9	SE	6	2.6	NW	17	4.6	SE									
CAL	CALACOTO	22	0.0	C	12	0.0	C	27	0.0	C	17	0.0	C	17	0.0	C	17	0.0	C	6	0.0	C	22	0.0	C	17	0.0	C	17	0.0	C	17	0.0	C	22	0.0	C	28	0.0	C						
		6	2.6	NE	12	2.3	N	6	2.6	N	17	2.9	N	6	3.1	N	17	2.4	NE	6	3.1	NE	60	3.2	NW	6	3.1	NE	6	3.1	NE	17	2.2	NE	11	3.1	NE									
		33	2.3	NW	6	2.1	NE	22	2.6	NE	17	1.9	NE	6	4.1	NE	66	2.4	NW	88	2.3	NW	72	3.0	NW	6	3.6	SE	54	3.2	NW	38	2.9	NW	17	2.6	NW									
		22	3.1	SE	34	2.5	NW	22	2.6	NW	49	2.3	NW	65	2.4	NW				17	3.4	SW	6	3.1	SE	6	3.6	SE	33	2.8	SE															
CAM	CALAMARCA	58	6.7	N	9	6.2	E	9	7.7	E	9	3.1	E	42	5.7	N	25	6.2	N	28	7.0	N	27	7.4	N	64	7.1	N	8	7.2	E	75	6.6	N	42	6.0	N									
		9	6.2	NE	55	6.1	N	64	6.8	N	58	6.3	N	50	7.6	S	8	9.8	NE	9	10.3	NE	55	9.3	S	9	8.2	NE	58	5.7	N	8	8.8	NE	58	6.7	S									
		33	7.2	S	36	8.0	S	27	7.4	S	33	7.9	S	8	9.3	SE	67	8.2	S	45	9.4	S	9	8.2	SW	27	8.8	S	18	8.0	S	17	6.7	S												
																	9	8.2	SW	9	7.2	W				8	7.2	SE																		
CHC	CHACALTAYA	25	0.0	C	8	0.0	C	33	0.0	C	10	0.0	C	16	1.8	E	8	0.0	C	9	0.0	C	16	0.0	C	17	1.0	E	8	0.0	C	8	0.0	C	8	0.0	C	40	1.3	NE						
		17	0.5	E	15	0.5	E	25	0.5	E	9	0.5	E	17	1.3	NE	8	1.5	E	9	1.0	NE	17	1.3	NE	25	2.2	NE	8	1.0	NE	33	1.3	NE	10	0.5	NW									
		25	1.2	NE	31	1.0	NE	17	0.8	NE	9	1.0	N	25	1.4	NW	17	1.3	NE	37	1.5	NW	17	1.5	NW	17	1.8	NW	33	1.3	NW	8	1.5	NW	40	0.8	SW									
		25	1.4	SW	8	0.5	NW	8	1.0	S	9	1.0	NE	25	0.9	SW	33	1.5	NW	45	0.9	W	25	1.5	SW	8	0.5	SW	43	0.6	SW	8	1.0	SE	10	2.6	W									
		8	0.5	W	15	1.0	S	17	0.8	SW	18	0.5	NW	17	1.0	W	17	0.8	SW				25	0.9	W	33	0.9	W	8	2.1	W	26	0.5	SW												
CHR	CHARANA	3	0.0	C	3	0.0	C	14	2.2	E	5	0.0	C	3	0.0	C	5	3.1	E	5	2.8	E	5	3.3	E	8	3.6	E	3	3.6	E	5	2.6	E	5	2.6	E	5	2.8	E						
		16	2.1	E	11	2.3	E	3	1.5	N	5	2.3	E	3	2.6	E	3	1.5	N	3	1.5	N	3	3.1	S	8	3.8	S	5	2.3	S	5	2.1	S	3	3.6	NE									
		3	1.5	ENE	3	3.1	NE	5	2.6	NE	3	1.0	S	3	1.5	S	5	2.1	S	8	2.1	SSW	8	1.7	SSW	11	2.4	SSW	8	2.7	SSW	8	2.6	SSW	3	1.5	S									
		3	3.6	NE	8	1.7	S	3	1.5	S	3	2.6	SE	8	2.1	SSW	8	2.7	SSW	79	2.7	SW	71	2.8	SW	70	3.1	SW	84	3.3	SW	82	3.2	SW	8	2.4	SSW									
		3	2.1	S	5	2.6	SSW	3	2.1	SE	8	1.5	SSW	78	2.4	SW	79	2.3	SW	5	2.8	W	13	3.0	W	3	2.1	W				82	2.7	SW												
ELA	EL ALTO LA PAZ	9	0.0	C	11	0.0	C	7	0.0	C	11	0.0	C	16	0.0	C	11	0.0	C	16	0.0	C	13	0.0	C	9	0.0	C	13	0.0	C	13	0.0	C	13	0.0	C	9	0.0	C						
		78	2.2	E	85	2.2	E	85	2.1	E	76	2.1	E	30	2.1	E	5	2.8	E	14	2.4	E	28	2.3	E	64	2.8	E	72	2.7	E	78	2.5	E	87	2.4	E									
		7	1.9	NE	2	1.5	NE	2	1.0	NE	4	1.5	NE	54	2.4	W	2	1.5	NE	2	1.0	N	2	1.0	N	7	1.9	NE	7	2.2	NE	5	2.1	NE	2	1.0	NE									
		6	3.1	SE	2	2.6	SE	6	2.9	SE	9	1.9	W				2	2.1	NW	2	3.1	NE	7	1.4	NE	20	2.5	W	8	2.8	W	4	3.3	SE	2	3.1	SE									

Continua...

TABLA N° 3.3.1 :

DIRECCION, FRECUENCIA Y VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO (m/s)

COD.	ESTACION	ENE.			FEB.			MAR.			ABR.			MAY.			JUN.			JUL.			AGO.			SEP.			OCT.			NOV.			DIC.		
		F	V	DIR																																	
DES	DESAGUADERO	100	1.4	N	100	1.2	N	100	1.3	N	100	1.4	N	100	1.2	N	100	1.3	N																		
ORU	ORURO	67	3.3	E	53	3.2	E	32	2.8	E	2	0.0	C	22	2.3	N	35	2.3	N	41	2.5	N	56	2.7	N	60	2.9	N	4	3.3	E	18	3.7	E	56	3.4	E
		31	2.9	N	38	2.7	N	61	2.7	N	4	2.6	E	2	2.6	NW	9	2.3	NW	11	2.4	NW	9	2.6	NW	2	3.1	NE	62	2.9	N	29	2.8	N	29	3.0	N
		2	3.1	S	2	3.6	NE	7	2.7	S	68	2.4	N	84	1.9	S	49	2.2	S	39	2.1	S	31	2.4	S	9	3.0	NW	28	2.8	S	2	3.1	NE	2	3.1	NE
					7	2.9	S				4	2.6	NW	7	1.7	SW	2	1.5	SW	2	2.6	SE	2	2.1	SW	22	2.7	S	4	2.3	SW	44	3.0	S	13	3.5	S
ELB	EL BELEN	8	5.1	E	15	3.9	E	72	3.9	N	7	4.1	E	21	2.2	N	7	3.1	E	25	2.8	N	38	4.5	N	29	4.9	N	64	4.5	N	57	5.1	N	57	3.7	N
		46	3.5	N	62	3.8	N	14	2.6	NE	38	4.7	N	43	3.3	NW	13	2.3	N	56	3.1	NW	6	4.1	NE	7	3.6	NE	22	4.8	NW	7	3.1	NE	7	3.6	NE
		23	3.4	NE	15	3.1	NE	14	2.3	NW	36	2.7	NW	8	4.1	S	47	3.2	NW	13	4.4	SW	43	3.5	NW	57	4.0	NW	7	5.1	SW	36	3.8	NW	22	3.6	NW
		23	2.7	NW	8	3.1	NW				7	3.1	SW	14	1.8	SW	13	4.1	S	6	6.7	W	13	3.3	SW	7	6.2	SW	7	4.1	W	7	4.1	SW	7	3.6	W
EUC	EUCALIPTUS	100	0.0	C	80	0.0	C	80	0.0	C	80	0.0	C	60	0.0	C	100	0.0	C	100	0.0	C	100	0.0	C												
ORI	ORINOCA	13	0.0	C	37	0.0	C	11	2.6	NE	24	0.0	C	37	0.0	C	29	0.0	C	29	3.1	S	13	2.6	N	29	0.0	C	13	0.0	C	13	0.0	C	13	0.0	C
		13	2.6	N	25	2.8	NE	33	2.4	S	38	3.1	S	25	2.8	S	14	2.1	S	57	3.3	SE	13	3.8	NE	29	3.9	SE	13	2.6	NE	25	3.6	NE	13	3.6	NE
		13	3.6	NE	25	3.3	SE	56	2.7	SE	38	2.6	SE	25	2.3	SE	57	2.6	SE	14	3.1	SW	13	2.1	S	42	3.9	SW	13	2.6	S	25	3.1	S	24	2.3	S
		13	2.6	S	13	3.1	SW				13	2.6	SW																								
HUA	HUACHACALLA	89	0.0	C	67	0.0	C	100	0.0	C	100	0.0	C	100	0.0	C	83	0.0	C	83	0.0	C	86	0.0	C	71	0.0	C	100	0.0	C	100	0.0	C	100	0.0	C
		11	1.5	NE	33	1.8	N																														
HUR	HUARINA	100	4.9	NW	100	4.8	NW	100	4.6	NW	100	4.7	NW	100	4.4	NW	100	4.6	NW	100	4.8	NW	100	5.4	NW	100	6.1	NW	100	5.9	NW	100	5.9	NW	100	5.4	NW
ICH	ICHUCOTA	10	0.0	C	18	0.0	C	27	0.0	C	27	0.0	C	18	0.0	C	9	0.0	C	27	2.6	E	8	0.0	C	42	2.9	E	58	4.5	E	58	4.3	E	8	0.0	C
		60	4.7	E	55	4.7	E	36	4.9	E	36	4.0	E	27	4.5	E	36	4.1	E	9	3.6	S	50	3.1	E	25	3.8	S	8	7.2	N	8	7.2	N	50	3.9	E
		10	4.6	S	9	5.7	NE	10	2.6	S	18	4.6	S	10	4.6	NW	10	3.1	S	64	3.2	W	42	4.7	W	33	6.2	W	34	6.3	W	34	4.5	W	25	5.7	S
		20	3.6	W	9	6.2	S	27	5.5	W	18	3.3	W	45	3.8	W	45	4.2	W	45	4.2	W															
SHU	SANTIAGO DE HUATA	20	0.0	C	20	0.0	C	20	0.0	C	25	0.0	C	40	0.0	C	20	0.0	C	40	0.0	C	20	0.0	C	40	5.9	N	20	0.0	C	60	5.5	N	60	5.1	N
		60	5.0	N	60	5.0	N	40	4.1	N	25	5.1	N	20	3.1	N	80	2.3	W	60	2.7	W	20	2.6	N	60	4.1	W	60	5.5	N	40	3.3	W	40	3.1	W
		20	3.6	W	20	4.1	NW	20	3.6	NW	50	3.1	W	20	2.6	NW	20	1.0	W																		
SAN	SANTIAGO DE MACHAC	73	2.6	N	9	2.6	E	9	2.1	E	9	2.6	E	37	2.3	N	37	3.3	N	37	3.3	N	8	3.1	E	8	2.6	E	50	2.7	N	75	3.2	N	83	2.9	N
		9	3.1	NW	64	2.4	N	55	2.1	N	55	3.1	N	27	3.4	S	9	3.1	S	9	2.6	NE	50	2.6	N	42	2.7	N	8	4.6	S	8	2.1	S	17	3.9	S
		18	2.8	S	27	3.1	S	9	2.1	NE	9	2.6	S	18	2.3	SW	27	2.9	SW	18	2.6	S	18	3.9	S	25	4.1	S	25	4.1	SW	17	3.3	W			
SIC	SICASICA	100	0.0	C	75	0.0	C	75	0.0	C	100	0.0	C																								
PAT	PATACAMAYA	69	0.0	C	56	0.0	C	43	0.0	C	69	0.0	C	81	0.0	C	58	0.0	C	56	0.0	C	25	0.0	C	25	0.0	C	47	0.0	C	47	0.0	C	40	0.0	C
		6	4.6	N	18	4.1	N	19	4.1	N	25	2.7	N	13	2.1	N	18	2.4	N	19	2.4	N	25	3.0	N	38	3.3	N	33	2.9	N	20	5.1	N	27	3.6	N
		25	4.6	NE	13	2.8	NE	19	3.6	NW	6	2.1	NW	6	3.6	NW	24	3.6	NW	25	2.8	NW	6	4.6	NE	18	4.3	NE	13	3.9	NE	20	3.1	NE	26	4.0	NE
			13	3.6	NW	19	3.3	NW																													

Continua...

TABLA N° 3.3.1 :

DIRECCION, FRECUENCIA Y VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO (m/s)

COD.	ESTACION	ENE.			FEB.			MAR.			ABR.			MAY.			JUN.			JUL.			AGO.			SEP.			OCT.			NOV.			DIC.			
		F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR	F	V	DIR				
PUA	PUERTO ACOSTA	11	0.0	C	50	4.2	S	13	4.1	E	25	0.0	C	36	0.0	C	12	0.0	C	11	0.0	C	22	0.0	C	22	0.0	C	12	0.0	C	11	0.0	C	20	6.7	E	
		11	7.2	E	13	4.1	SE	36	3.3	S	37	3.8	S	13	3.6	NW	33	3.6	S	56	3.6	S	44	3.6	S	33	4.6	S	11	4.1	NW	33	3.6	S	20	2.6	S	
		22	3.9	S	12	3.1	SW	25	3.3	SE	25	2.8	SE	13	3.1	S	11	3.6	SE	11	2.6	SW	12	3.6	SE	12	7.2	SE	33	3.9	S	33	3.8	SE	50	3.8	SE	
		44	3.1	SE	25	8.5	W	13	2.6	SW	13	6.2	W	13	2.6	SE	11	1.5	SW	22	5.1	W	22	5.4	W	22	6.4	SW	33	6.7	SE	23	6.9	W	10	6.7	W	
			12	8.2	SW				13	10.3	W				25	4.4	W	33	4.1	W				11	7.7	W	11	7.2	W									
RIO	RIO MULATOS	25	3.1	N	25	5.7	N	25	4.6	E	33	3.6	E	25	2.6	S	25	4.6	NW	100	3.6	W	25	6.7	NW	33	3.6	N	25	4.8	N	25	3.6	E	25	4.6	NE	
		25	4.1	NW	25	2.6	NW	25	0.5	N	67	3.1	W	75	2.9	W	75	3.8	W				75	3.8	W	67	4.6	W	75	3.8	W	25	4.6	NW	25	4.6	NW	
		50	2.3	W	50	3.1	W	25	2.1	NW				25	4.6	W																						
UYU	UYUNI	8	2.1	N	7	2.6	N	7	2.1	N	13	2.1	N	15	1.8	N	6	2.6	N	7	2.6	N	7	2.6	N	7	0.0	C	13	0.0	C	7	2.6	N	33	5.0	NE	
		30	6.8	NE	27	6.0	NE	13	6.2	NE	13	6.4	NE	7	6.2	NE	13	6.9	NE	7	6.7	NE	21	5.6	NE	13	3.1	N	7	3.6	N	21	6.3	NE	42	3.8	NW	
		38	3.3	NW	32	4.0	NW	53	3.5	NW	47	3.6	NW	71	3.6	NW	56	3.4	NW	65	3.7	NW	7	0.5	NNW	7	6.7	NE	13	5.7	NE	36	4.1	NW	17	1.8	W	
		8	1.0	S	7	1.5	S	27	1.5	W	27	1.5	W	7	2.1	W	25	1.3	W	14	1.8	W	36	4.3	NW	40	3.9	NW	47	3.8	NW	36	1.5	W	8	2.1	WN	
		8	1.5	W	7	2.6	SW																															
		8	1.5	WN	20	1.7	W																															
SAL	SALINAS DE G. MENDOZA	70	0.0	C	70	0.0	C	88	0.0	C	100	0.0	C	100	0.0	C	67	0.0	C	78	0.0	C	78	0.0	C	78	0.0	C	67	0.0	C	67	0.0	C	70	0.0	C	
		10	2.1	NW	10	1.5	NW	12	1.5	W				22	3.3	NW	11	1.5	N	22	3.1	NW	22	2.3	W	22	2.8	NW	11	2.6	NW	10	2.6	N				
		10	1.0	SE	10	1.0	S							11	2.6	W	11	3.6	W																			
		10	1.5	W	10	2.1	SW																															
TIA	TIAHUANACU	67	0.0	C	53	0.0	C	72	0.0	C	64	0.0	C	44	0.0	C	63	0.0	C	50	0.0	C	44	0.0	C	24	0.0	C	44	0.0	C	38	0.0	C	38	0.0	C	
		20	1.9	N	20	2.6	N	7	2.6	N	7	1.5	N	18	1.9	N	6	2.1	N	13	2.1	N	25	2.8	N	38	2.5	N	25	2.7	N	31	2.7	N	25	2.6	N	
		13	1.8	NE	7	1.5	NE	7	1.5	NE	29	1.8	NW	38	1.8	NW	25	1.8	NW	31	2.0	NW	31	2.6	NW	38	2.6	NW	31	2.6	NW	31	2.3	NW	6	2.1	NE	
			20	1.5	NW	14	1.5	NW				6	3.1	W	6	2.6	W																					
CAR	CARACOLLO	11	3.6	E	11	1.5	E	89	1.9	N	89	1.9	N	44	2.3	N	67	2.7	N	67	2.4	N	100	2.6	N	100	2.6	N	89	2.1	N	89	2.3	N	100	2.3	N	
		78	1.8	N	78	2.1	N	11	2.1	S	11	2.1	SE	44	1.9	S	11	1.0	S	11	1.5	S				11	1.5	S	11	2.1	S	11	2.1	S				
		11	2.1	S	11	1.5	S							12	2.6	W	22	2.1	W	11	2.1	SW	11	2.1	W													
HUAC	HUACULLANI	100	6.3	N	14	1.5	E	12	1.5	E	100	5.3	N	100	5.1	N	12	0.0	C	100	5.3	N	100	6.3	N	100	6.2	N	100	5.9	N	12	0.0	C	12	0.0	C	
					86	6.4	N	88	6.0	N				88	6.1	N																						
IRP	IRPA CHICO	100	4.5	E	80	3.7	E	100	4.3	E	80	4.2	E	20	1.5	N	20	1.5	N	33	1.8	N	20	3.6	NE	40	4.6	E	100	4.8	E	50	4.9	E	100	4.1	E	
					20	6.2	N				20	4.1	W	80	4.8	NW	60	4.6	NW	67	4.9	NW	80	5.4	NW	60	5.1	NW				50	2.3	N				
SOL	ISLA DEL SOL	14	2.6	N	17	1.0	E	17	2.1	E	17	1.5	E	33	2.1	NE	17	2.1	E	17	1.5	E	17	4.6	E	17	1.5	E	17	2.1	NE	14	3.1	N	17	2.1	NE	
		29	2.3	NE	33	2.6	NE	17	2.6	NE	17	2.6	NE	67	1.8	W	17	2.1	NE	17	2.6	NE	17	2.6	N	17	2.6	N	83	1.9	W	14	2.6	NE	83	1.9	W	
		57	1.7	W	50	1.7	W	66	1.5	W	66	1.2	W																									
SJU	SAN JUAN HUANCOLLO	100	2.6	N	100	2.7	N	100	3.0	N	100	2.7	N	100	2.6	N	100	2.8	N	100	3.3	N	100	3.7	N	100	3.7	N	100	3.7	N	100	3.6	N	100	3.4	N	

En la región, que es topográficamente variable, los vientos de superficie son mayormente el resultado de patrones locales de escape (los obstáculos grandes tales como colinas y valles tienden a canalizar los vientos en direcciones específicas), y en la zona del Lago Titicaca se producen brisas Lago-Tierra-Lago. Durante el día, el aire se desplaza desde el Lago Titicaca hacia las Pampas (invirtiéndose de sentido durante la noche), esto debido a que durante el día la tierra se calienta más que la superficie del lago, en consecuencia sobre la tierra se produce una zona de baja presión y sobre el lago de alta presión.

### **3.3.2. Distribución de los vientos**

La distribución de los vientos en el sistema T.D.P.S. varía de mes a mes, pero es más marcada la variación de estación a estación. Es en este sentido, que el estudio de los vientos se toma las 4 estaciones del año, representadas cada estación por un mes tipo.

#### **FEBRERO**

Examinando el plano 11 correspondiente a este mes, se puede comentar los siguientes aspectos:

En la cuenca del río Ramis (comenzando la descripción por la parte alta del sistema T.D.P.S.), existe predominancia de calmas, a excepción de Pampahuta y Llally cuyos vientos dominantes son de dirección SO. El gran porcentaje de calmas que se advierte en esta región, se debe a los grandes obstáculos existentes (zona montañosa).

Analizando la zona del Lago Titicaca, se advierte claramente que, las direcciones de procedencia de los vientos dominantes, vienen del lago. El origen de estos vientos se encuentra fundamentalmente en las brisas Lago-Tierra, que ya se comentó en párrafos anteriores. La velocidad del viento dominante en esta zona es casi constante durante Febrero, con valores desde 2 hasta 4 m/s.

En la parte oriental del Sistema, la Dirección Este es predominante y las velocidades registradas para estos vientos están entre 2,2 y 5 m/s, la dirección Norte sigue en orden de importancia. En la parte meridional del sistema, existe predominancia de vientos de dirección Norte. Las velocidades registradas para estos vientos están entre 1,5 y 3 m/s, la excepción

para esta zona es el sector de Salinas de Garci Mendoza, donde se registra 70% de calma para el presente mes.

### **MAYO**

El estudio del mes de mayo (ver plano N° 12), presenta características similares a la del mes de Febrero es decir que, en el sector de la cuenca del río Ramis la mayor frecuencia es la de calmas.

La estación de Llally es la excepción al régimen anterior, con direcciones dominantes de Sudoeste y velocidad promedio de 4,8 m/s.

En la zona del Lago, y tal como sucedió en el mes de febrero, la dirección del viento prevalente es perpendicular a él por el fenómeno ya descrito anteriormente y con una velocidad media de 2 a 3 m/s.

Los vientos de Nor-oeste dominan en el sector oriental, salvo la estación de el Alto que registra vientos del oeste y la estación de Calamarca vientos del norte. La velocidad promedio registrada en esta zona varía entre 2 y 5 m/s.

En la zona del sudeste (sector del Lago Poopó), los vientos del sur alcanzan mayor frecuencia y registran velocidades relativamente bajas, en torno a 2 m/s.

Finalmente se constata que la zona de Coipasa y tomando como referencia las estaciones de Huachacalla y Salinas de Garci Mendoza, las calmas alcanzan a 100% de frecuencia en el mes de Mayo.

### **AGOSTO**

Analizando el plano N° 13 correspondiente al mes de Agosto, se constata que no existen grandes variaciones en la dirección dominante respecto a los dos meses que se analizaron anteriormente.

La diferencia que se puede apreciar en forma general, es que la velocidad media para este mes se incrementa de 1 a 2 m/s respecto a las anteriores. Así se observa que, en la zona del río Ramis las calmas se registran con mayor frecuencia, a excepción de la estación de Pampahuta que registra vientos de dirección Noroeste como frecuencia dominante.

Analizando la zona del Lago Titicaca, se constata una vez más, que las direcciones dominantes vienen del Lago y la velocidad media de estos vientos prevalentes alcanzan valores entre 3 y 4 m/s.

En el sector oriental, las direcciones de procedencia de los vientos mas frecuentes por lo general vienen del sureste, a excepción de la estación de El Alto que registra vientos de dirección oeste y la estación de Calamarca que registra vientos con dirección Sud. Se advierte que la velocidad media en esta última alcanza a 9,3 m/s.

En torno al Lago Poopó, las direcciones dominantes varían de un lugar a otro, así tenemos que, en el observatorio de Oruro se registra dirección norte como prevalente, Corque registra dirección Sud, Orinoca dirección Sudoeste y río Mulato registra un viento dominante de dirección Oeste.

La zona del Salar de Coipasa se caracteriza por la elevada frecuencia de Calmas: 78% en Salinas de Garci Mendoza y 86% en Huachacalla.

### **NOVIEMBRE**

El plano N° 14 nos muestra, la variación de los vientos de superficie para el mes de Noviembre. Una vez mas se constata que en la cuenca del río Ramis las calmas se presentan un mayor número de veces, con excepción tal como aconteció en los meses anteriores - de los observatorios de Llally y Pampahuta que registran vientos mas frecuentes en las direcciones Sudoeste y sud respectivamente.

Analizando la zona del Lago Titicaca, las direcciones de los vientos prevalentes vienen del lago y con una velocidad media de 1,4 a 4,3 m/s.

En la parte oriental la dirección del viento dominante viene del este y las velocidades medias registradas varía de 2,5 a 5,6 m/s.

La excepción para esta zona es la estación de Calamarca, con vientos dominantes de dirección Norte y velocidad media de 6.6 m/s.

En el sector del Lago Poopó, los observatorios de Oruro y Corque registran vientos de dirección Sud y velocidad media de 3 y 3,3 m/s respectivamente, la estación de Orinoca registra vientos de Sudoeste como la mas frecuente y una velocidad media de 3,4 m/s y las estaciones de río Mulatos y Uyuni, que observan vientos de dirección Oeste como la prevalente.

Finalmente en la zona de Coipasa, los observatorios de Huachacalla y Salinas de Garci Mendoza, registran calmas de 100% y 67% respectivamente.

### 3.4. HUMEDAD RELATIVA

En el sistema T.D.P.S., se dispone de 47 estaciones. La tabla 3.4.1, reproduce los valores medios mensuales y anuales de la humedad relativa para estas estaciones.

Analizando dicha tabla se observa que la humedad ambiental es relativamente elevada en las cercanías al lago Titicaca, debido a la extensa superficie de agua, y luego disminuye rápidamente hacia al sur hasta alcanzar valores bajos característicos de climas áridos.

El valor promedio anual de la humedad relativa para el conjunto de las estaciones, es de 54 % .

Los datos de las 47 estaciones, muestran que los meses de junio a octubre la humedad del aire es muy baja (menos o igual a 50 % para la mayoría de las estaciones) y aumenta un poco en la época de lluvias (diciembre a marzo), sin todavía rebasar los 70 % (excepto las estaciones de Pampahuta, Macusani, Salcedo, Huancané y Charaña) .

A nivel diario, en general, la humedad relativa varía en forma opuesta a la temperatura, tiende a ser más baja al principio de la tarde y más elevada por la noche.

### 3.5. PRESION ATMOSFERICA MEDIA

Esta variable se ha medido en 9 estaciones dentro del sistema T.D.P.S.: Juliaca, Puno, Chuquibambilla, Salcedo, Chacaltaya, Charaña, El Alto, Oruro y Patacamaya; y en 2 estaciones próximas pero fuera del sistema: Potosí y Uyuni.

Las estaciones con mayor número de años de observación son El Alto y Oruro con 44 y 45 años respectivamente; y la de menor número de años, Juliaca con 7.

Los valores de la presión atmosférica media anual varían entre 656.36 mb en Uyuni y 536.16 mb en Chacaltaya (tabla 3.5.1).

### 3.6. RADIACION E INSOLACION

#### 3.6.1 Introducción

El aprovechamiento de la energía solar y de la agrometeorología exigen de un conocimiento de ciertos factores del clima.

TABLA N° 3.4.1

## HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%)

COD.	ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO
708	PUNO	61	62	61	53	43	39	40	42	44	44	45	52	49
761	LLALLY (*)	62	63	63	59	50	47	47	46	49	49	47	56	53
762	PAMPAHUTA	73	72	72	65	56	53	50	47	52	53	57	65	60
763	LAGUNILLAS	63	63	62	53	46	45	44	43	42	42	46	52	50
764	CHUQUIBAMBILLA	66	67	65	60	55	51	49	48	51	51	53	59	56
776	AYAVIRI	63	63	61	57	48	42	41	41	45	44	50	55	51
777	MACUSANI	73	75	75	73	72	68	66	67	72	70	71	72	71
778	PROGRESO	71	71	68	65	61	58	55	57	58	60	59	64	62
779	LAMPA	66	67	68	64	55	52	51	48	50	51	50	57	57
780	CABANILLAS	63	63	64	54	44	45	46	46	46	48	46	53	52
781	AZANGARO (*)	66	68	67	61	56	52	47	47	51	51	53	59	57
783	ARAPA	66	67	67	61	54	50	51	51	53	52	54	59	57
784	SALCEDO	70	72	71	62	54	48	45	47	52	54	54	63	58
785	MUNANI	65	64	64	59	48	44	45	43	47	50	54	58	53
786	HUANCANE	73	73	73	68	61	62	61	58	62	61	63	67	65
787	HUARAYA-MOHO	65	65	63	59	55	51	49	50	51	54	54	60	56
788	CAPACHICA	64	63	61	52	45	41	40	42	47	48	49	56	51
878	MAZO CRUZ	62	65	65	58	54	54	52	52	52	48	52	58	56
879	ILAVE	67	70	68	62	52	51	48	49	50	46	48	57	56
880	JULI	64	65	65	56	47	42	44	44	49	49	50	57	53
881	PIZACOMA	51	56	57	46	43	42	42	43	40	37	38	43	45
882	YUNGUYO	67	72	71	64	60	54	59	58	61	57	56	64	62
883	DESAGUADERO(PERU)	64	63	61	58	53	52	53	55	55	53	53	59	57
CAL	CALACOTO	60	58	55	46	37	39	36	38	40	40	41	46	45
CHC	CHACALTAYA (*)	83	85	83	83	81	74	75	72	76	78	83	82	80
CHR	CHARANA	56	57	55	43	37	36	33	34	35	35	36	44	42
COL	COLLANA	59	57	58	48	39	38	37	40	43	45	46	53	47
COP	COPACABANA	70	68	70	65	57	55	54	53	57	56	57	62	60
COR	CORQUE	70	47	53	40	33	35	37	34	37	41	36	42	42
ELA	EL ALTO LA PAZ	72	73	70	63	50	44	44	46	54	54	57	65	58
ELB	EL BELEM	73	72	71	67	62	59	58	58	61	63	65	71	65
HUA	HUACHACALLA	65	71	72	62	56	52	55	53	54	53	55	57	59
HUR	HUARINA COTA COTA	73	72	72	66	56	54	53	53	55	56	58	66	61
ICH	ICHUCOTA	71	70	67	63	58	56	53	56	56	61	62	67	62
ORI	ORINOCA	60	56	57	46	42	42	41	44	44	42	38	47	47
ORU	ORURO	55	56	52	44	37	36	35	35	37	36	38	46	42
PAT	PATACAMAYA	61	58	57	49	37	37	38	39	45	42	45	52	47
RIO	RIO MULATOS	53	59	64	46	53	44	47	43	45	34	35	43	47
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	47	47	50	38	36	35	37	35	35	32	33	37	39
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	58	58	61	55	53	50	50	46	46	48	46	51	52
SIC	SICASICA	66	64	60	50	44	43	43	47	46	46	46	55	51
TIA	TIAHUANACU	70	67	67	61	51	50	47	48	55	55	58	64	58
VIA	VIACHA	64	61	62	53	46	49	42	44	43	47	47	50	51
	PROMEDIOS	65	65	64	57	51	48	47	47	50	50	51	57	54

(F) Estacion fuera del sistema T.D.P.S.

(\*) Estacion clausurada

Tabla Nº 3.5.1 :

PRESION ATMOSFERICA MEDIA (en mb)

COD.	ESTACION	Nº DE AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
704	JULIACA	7	644	644	645	645	645	645	645	645	645	644	644	644	645
708	PUNO	27	646	646	646	647	647	647	646	646	646	646	645	645	646
764	CHUQUIBAMBILLA	50	640	640	640	640	641	641	641	641	640	639	639	640	640
784	SALCEDO	41	645	645	646	646	646	646	646	646	646	645	645	645	646
CHC	CHACALTAYA	13	536	536	537	537	537	537	536	535	536	535	536	536	536
CHR	CHARAÑA (*)	43	626	626	626	626	627	627	627	627	626	626	626	625	626
ELA	EL ALTO	46	626	626	626	627	627	627	627	626	626	626	625	625	626
ORU	ORURO	45	653	654	654	655	655	655	655	655	654	654	653	653	654
PAT	PATACAMAYA	14	648	649	649	650	650	650	650	650	649	649	649	649	649
POT	POTOSI (F)	41	628	629	629	629	629	629	629	629	629	629	628	629	629
UYU	UYUNI (F)	42	655	656	656	657	657	658	658	656	657	656	656	655	656

(F) Estación fuera del sistema T.D.P.S.

(\*) Estación clausurada

Las medidas de radiación global, duración de insolación y cálculo de ciertos datos actinométricos son necesarias para precisar los parámetros del balance de energía en el suelo; y por ende de la evapotranspiración potencial que se estudiará en el próximo capítulo. Es en este sentido que, el desarrollo del presente capítulo estará orientado al análisis del Balance Radiativo.

### 3.6.2. Estimación de la Radiación Solar

#### 3.6.2.1. Correlación entre radiación global y duración de insolación

Esta correlación tiene como objetivo encontrar una estimación razonable de la radiación solar global, puesto que muy pocas estaciones - solo 3 - dentro el sistema TDPS poseen observaciones de radiación solar, mientras que medidas de duración de insolación son más frecuentemente observadas en la cuenca (13 observatorios).

Considerando la relación de Black (Black, 1954), que se presenta bajo la forma:

$$R_g/R_{g0} = a + b(n/N)$$

donde:

$R_g$  Es la radiación solar global  
 $R_{g0}$  Es la radiación solar global en la cima de la atmósfera

$n$  y  $N$  Horas de sol real y teórico  
 $a$  y  $b$  Son coeficientes

Los coeficientes  $a$  y  $b$  dependen de la situación geográfica del lugar (latitud, altitud). Estos valores fueron determinados por ajuste lineal (método de mínimos cuadrados), para las estaciones de Puno, El Alto y Patacamaya ( ver tabla 3.6.1).

La fórmula de estimación de la  $R_g$  para la estación de Puno es:

$$R_g = R_{g0} (0,344 + 0,323 n/N )$$

Coefficiente de correlación: 0,92

TABLA N° 3.6.1 :

ESTIMACION DE LA RADIACION SOLAR GLOBAL

ESTACION: PUNO		LAT. : 15° 50' S										
ALT. : 3812 m		LONG. : 67° 55' W										
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
RG (Cal/Cm2-Dia)	492.0	452.0	456.0	469.0	390.0	394.0	390.0	447.0	485.0	522.0	549.0	501.0
RGo (Cal/Cm2-Dia)	966.7	936.8	872.8	767.9	671.7	622.2	642.4	724.8	827.6	908.0	952.7	968.2
n (Horas)	6.0	6.5	6.7	8.3	9.3	9.3	9.6	9.4	9.0	8.9	8.5	7.2
N(Horas)	12.8	12.5	12.1	11.6	11.3	11.1	11.2	11.5	11.9	12.3	12.7	12.9
RG/RGo	0.51	0.48	0.52	0.61	0.58	0.63	0.61	0.62	0.59	0.57	0.58	0.52
n/N	0.47	0.52	0.55	0.72	0.82	0.84	0.86	0.82	0.76	0.72	0.66	0.55
ECUACION : $R_g = R_{go}(0.344+0.323(n/N))$ Coef. correlacion : 0.92												

ESTACION: EL ALTO		LAT. : 16° 31' S										
ALT. : 4038		LONG. : 68° 11' W										
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
RG (Cal/Cm2-Dia)	535.3	550.1	557.8	498.7	488.0	459.8	504.4	499.5	555.5	555.2	611.9	588.1
RGo (Cal/Cm2-Dia)	970.3	938.6	870.5	763.0	664.4	613.7	634.4	719.2	824.2	908.1	955.1	972.8
n (Horas)	5.1	5.5	5.5	8.1	9.3	9.5	9.3	9.0	8.0	8.2	7.6	5.9
N(Horas)	12.9	12.5	12.1	11.6	11.2	11.0	11.1	11.5	11.9	12.4	12.8	13.0
RG/RGo	0.55	0.59	0.64	0.65	0.73	0.75	0.80	0.69	0.67	0.61	0.64	0.60
n/N	0.40	0.44	0.46	0.70	0.82	0.86	0.84	0.78	0.68	0.66	0.59	0.45
ECUACION : $R_g = R_{go}(0.419+0.378(n/N))$ Coef. correlacion : 0.89												

ESTACION: PATACAMAYA		LAT. : 17° 15' S										
ALT. : 3789 m		LONG. : 67° 55' W										
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
RG (Cal/Cm2-Dia)	531.9	503.8	530.8	538.2	482.2	457.0	487.3	494.6	480.0	585.2	596.0	529.8
RGo (Cal/Cm2-Dia)	974.3	941.3	867.8	758.0	656.1	604.1	625.5	712.8	819.6	908.7	957.8	978.1
n (Horas)	5.4	6.3	6.6	7.9	8.8	8.8	8.8	8.5	7.8	7.7	7.5	6.3
N(Horas)	12.9	12.5	12.1	11.6	11.2	11.0	11.1	11.4	11.9	12.4	12.8	13.0
RG/RGo	0.55	0.54	0.61	0.71	0.73	0.76	0.78	0.69	0.59	0.64	0.62	0.54
n/N	0.42	0.50	0.55	0.68	0.78	0.80	0.80	0.74	0.65	0.62	0.58	0.48
ECUACION : $R_g = R_{go}(0.251+0.623(n/N))$ Coef. correlacion : 0.93												

Tomaremos esta fórmula como la representativa de la parte Norte del Sistema (aproximadamente entre 14 y 16° Lat. Sur).

La fórmula de estimación de Rg para el observatorio de el Alto es:

$$R_g = R_{g0} (0,419 + 0,378 n/N)$$

Coefficiente de correlación: 0,89

Siendo esta fórmula representativa de la zona central (aproximadamente entre 16 y 17° Lat. Sur)

Finalmente la fórmula de Rg para la estación de Patacamaya, como representativa de la parte sur (aproximadamente entre 17 y 19° Lat. Sur) es:

$$R_g = R_{g0} (0,251 + 0,623 n/N)$$

Coefficiente de correlación: 0,93

### 3.6.2.2. Balance radiativo de onda larga

La determinación del término de radiación infrarroja R<sub>b</sub>, ha sido estimado de acuerdo con el método propuesto por Brunt (1939):

$$R_b = \epsilon \sigma T^4 (0,56 - 0,08 \sqrt{e}) (0,1 + 0,9 n/N)$$

donde:

- ε Es la emisividad
- σ Es la constante de Stefan-Boltzmann
- T<sub>k</sub> Es la temperatura absoluta
- e Es la presión de vapor expresada en mb
- n/N Es el porcentaje de la duración de insolación

En vista de no contar en el presente estudio, con medidas directas de la Radiación neta en la región, se ha decidido adoptar estos coeficientes ya que son los más universalmente utilizados.

### 3.6.3 Radiación neta

La radiación solar constituye la fuente fundamental de energía en los procesos agrícolas. En consecuencia, el conocimiento de la radiación neta es muy importante en la productividad agrícola del sistema porque, esta productividad está en función - en gran parte - por la energía absorbida o también llamada radiación neta.

El Balance radiativo o radiación neta es una ecuación física que permite encontrar la cantidad de radiación disponible para la región y es igual a la radiación emitida por el sol y la atmósfera hacia la tierra, menos la radiación emitida y reflejada por el suelo hacia el cielo. De donde:

$$R_n = (1-a) R_g - R_b$$

Siendo: "a" el albedo (porcentaje de radiación de onda corta reflejada hacia la atmósfera por la superficie receptora) y  $R_g$  y  $R_b$  son respectivamente la radiación global y el Balance radiativo de onda larga.

### 3.7 EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (ETP)

#### 3.7.1. Introducción

La evapotranspiración (ETP) de una superficie natural es a la vez función de la humedad al nivel de esta superficie, y de la energía disponible (radiativa, si la energía viene del sol y advectiva, si la energía es aportada por la masa de aire en movimiento). Constituye una de las componentes principales del ciclo hidrológico, pero a la escala de la cuenca, ella es frecuentemente mal conocida.

El estudio del régimen de la ETP, en el sistema TDPS, es de vital importancia para una mejor comprensión del clima. Por otra parte, una estimación más precisa de la evapotranspiración es fundamental para determinar las necesidades de agua de los cultivos.

Existe un gran número de fórmulas empíricas, nacidas de la necesidad de obtener valores de la ETP a falta de su medición directa (material costoso y sofisticado). Tres de estas fórmulas serán analizadas en los párrafos siguientes, para determinar cual de ellas da resultados más satisfactorios para el clima del sistema TDPS. La primera es la fórmula de Thornthwaite muy utilizada en nuestro continente, pues ella no necesita mas que el conocimiento de la temperatura media del aire; la segunda, la fórmula de Turc y la tercera es el método de Penman, fórmula basada en el Balance de energía que toma en cuenta el proceso físico real del fenómeno; esta última, debido al número de variables meteorológicos a considerar y los cálculos complejo que ella necesita, constituyen un obstáculo para su utilización.

### 3.7.2 Métodos

#### 3.7.2.1. La Fórmula de Thornthwaite

Relaciona la ETP a dos parámetros fácilmente accesibles: La temperatura media del aire bajo abrigo (dato atmosférico), y la duración teórica de insolación (dato astronómico en función de la latitud de la estación).

Thornthwaite llega a la fórmula siguiente:

$$ETP = 16 \left(10 \frac{T}{I}\right)^\alpha$$

esta fórmula conviene multiplicarla por un término correctivo K función de la duración teórica de insolación para obtener la ETP.

$$ETP = k * 16 \left(10 \frac{T}{I}\right)^\alpha$$

Donde:

T = temperatura media del período considerado

$\alpha = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,79 \times 10^{-3} I + 0,49$

I = Representa un índice térmico anual, suma de doce índices térmicos mensuales "i" y cada índice mensual está calculado por:  $i = (t/5)^{1.514}$

El método de Thornthwaite exige un mínimo de datos climáticos ya que en la fórmula sólo la temperatura del aire es tomada explícitamente en cuenta. Pero esta fórmula no puede ser utilizada mas que en casos extremos (falta de datos), ya que no fueron tomados en cuenta ciertos parámetros principales. Así, para una misma temperatura el poder evaporante del aire depende mucho de su grado higrométrico, así como del viento.

#### 3.7.2.2. La fórmula de Turc

La fórmula toma 2 formas:

1.- Si la humedad relativa media es superior a 50%

$$ETP = 0.013 J \left[ \left( \frac{t}{t + 15} \right) (Rg + 50) \right]$$

2.- Si la humedad relativa media es inferior a 50%

$$ETP = 0.013 J \left[ \left( \frac{t}{t + 15} \right) (Rg + 50) \left( 1 + \frac{50 - HR}{70} \right) \right]$$

Donde:

J = Número de días del período considerado

La utilización de esta fórmula es fácil, ya que no usa mas que tres variables meteorológicas, la temperatura media, la humedad relativa y la duración de insolación; sin embargo, aunque este método permite obtener resultados interesantes se debe reconocer que por utilizar también observaciones de insolación, en muchos casos resulta preferible utilizar la fórmula más racional de Penman y que solo utiliza como variable adicional, el viento.

### 3.7.2.3. El método de Penman

Esta fórmula, ha sido ampliamente utilizada en todo el mundo, con resultados generalmente satisfactorios su suceso es debido a que el modelo de evaporación propuesto por Penman está basado en principios físicos razonables y es una expresión simplificada de la ecuación del balance de energía.

$$ETP = \frac{\Delta R_n + \gamma E_a}{\Delta + \gamma}$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial, para un período determinado, expresada en mm.

$\Delta$  = Pendiente media de la curva de presión a saturación para la temperatura T

$\gamma$  = Constante Psicrométrica (0,66)

$R_n$  = Radiación neta, sea medida, sea calculada por las fórmulas determinadas en el capítulo precedente:

- Zona Norte (Aprox. de 14 a 16° de Lat. Sur)

$$R_n = (1-a) R_{go} (0,344 + 0,323 n/N) - \epsilon \nabla T^4 (0,56 - 0,08 \sqrt{e}) (0,1 + 0,9 n/N)$$

- Zona Central (Aprox. de 16 a 17° de Lat. Sur)

$$R_n = (1-a) R_{go} (0,410 + 0,80 n/N) - \epsilon \nabla T^4 (0,56 - 0,08 \sqrt{e}) (0,1 + 0,9 n/N)$$

- Zona Sur (Aprox. de 17 a 19° de Lat. Sur)

$$R_n = (1-a) R_{go} (0,250 + 0,62 n/N) - \epsilon \nabla T^4 (0,56 - 0,08 \sqrt{e}) (0,1 + 0,9 n/N)$$

Tenemos:

$$E_a = \text{Poder Evaporante del aire}$$
$$E_a = 0.26 (1 + 0,54 V) (e_s - e)$$

Con:

$$V = \text{Velocidad del viento en m/seg a 2 m de altura}$$
$$e_s = \text{Presión de saturación del vapor de agua en mb}$$
$$e = \text{Presión real del vapor de agua en mb}$$

La ecuación de Penman establece que la evaporación es una función de la energía radiactiva disponible ( $R_n$ ) y en segundo término depende de un factor aerodinámico ( $E_a$ ) expresado por el déficit de saturación y velocidad del viento.

El cociente adimensional  $\Delta/\alpha$  es una función de la temperatura y de la altitud; en el caso de la región, se debe multiplicar por el cociente  $P_o/P_z$  ( $P_o$  presión al nivel del mar y  $P_z$  presión a la altitud del lugar).

### 3.7.3. Comparación de Fórmulas

Para elegir la fórmula que dé mejor resultado en el cálculo de la ETP en el sistema TDPS, se tomó la estación de Puno como representativa de la zona norte y la estación de Patacamaya como representativa de la zona sur. Esta elección se basó en la disponibilidad, precisión y fiabilidad de los registros de ambas estaciones.

Para estos dos observatorios, se compararon los resultados obtenidos por las fórmulas de Penman, Turc y Thornthwaite. Los resultados de estas comparaciones se presentan, parcialmente, en la tabla 3.7.1 (sumas anuales) y en la tabla 3.7.2 la distribución mensual (ver también figura 3.7.1); los resultados muestran que, la ETP calculada a partir de la fórmula de Penman (fórmula basada en el balance de energía) presenta los valores más satisfactorios. La fórmula tuvo una evolución muy similar a la evaporación del tanque clase A en ambas estaciones (Puno y Patacamaya). La ETP calculada por la fórmula de Penman para la estación de Puno, también se la comparó con las medidas hechas por un lisímetro en Mañazo; los resultados también se pueden considerar satisfactorios, (ver figura 3.7.1). Los cálculos de la ETP, en base a datos de temperatura (fórmula de Thornthwaite) es inadecuada para las condiciones del Altiplano, puesto que subestima notablemente los valores de la misma.

**TABLA N° 3.7.1:**

**COMPARACION DE LA ETP A NIVEL ANUAL**

ESTACION	TANQUE "A" (mm)	f	f x TAN."A" (mm)	LISIMETRO (mm)	PENMAN (mm)	TURC (mm)	THORNTHWAITE (mm)
PUNO	2010	0.63	1266	1359	1269	946	574
PATACAMAYA	1993	0.69	1375	-	1381	1107	587

**TABLA N° 3.7.2 :**

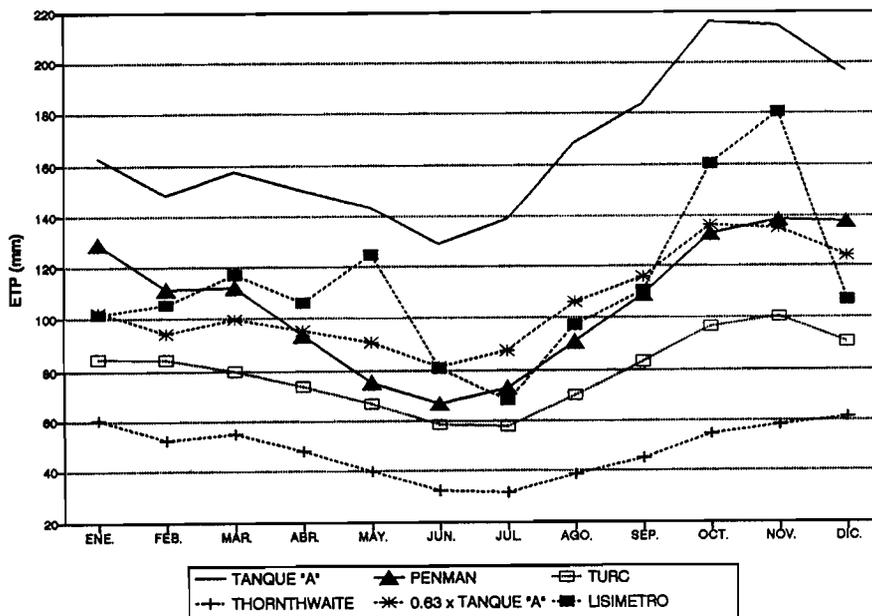
**CALCULO DE VALORES MENSUALES DE LA ETP POR DIFERENTES METODOS**

ESTACION: PUNO		LAT.: 15° 50' S											
ALT.: 3812 m		LONG.: 70° 01' W											
FORMULA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TANQUE "A"	163	149	158	151	144	129	139	168	184	216	215	196	2010
f	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
f x TANQUE "A"	103	94	99	95	90	81	87	106	116	136	135	124	1266
LISIMETRO	101	105	117	106	125	81	69	97	111	160	180	107	1359
PENMAN	129	111	112	93	76	67	73	90	109	133	138	138	1269
TURC	85	84	80	74	67	58	58	70	63	96	100	90	946
THORNTHWAITE	60	52	55	48	40	32	31	38	45	54	58	61	574

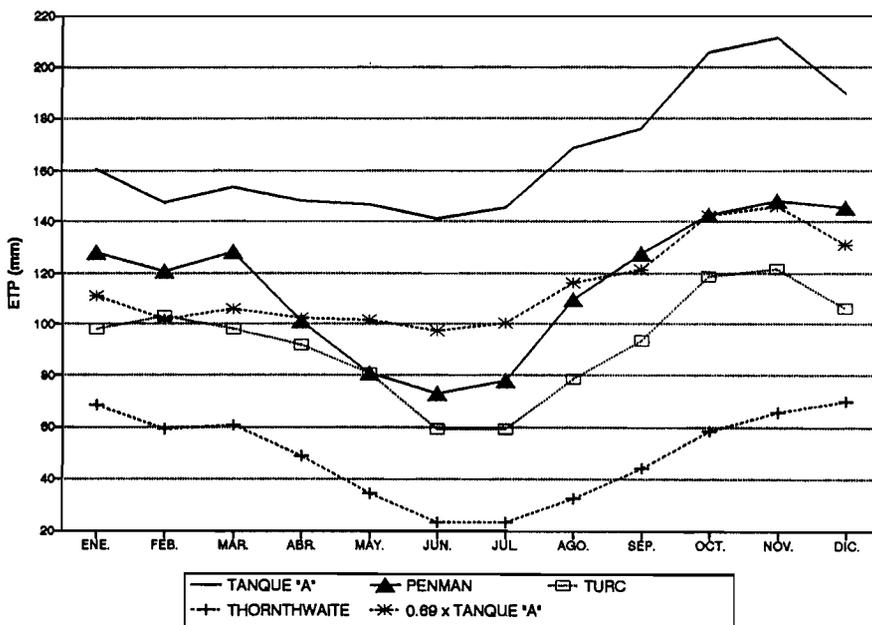
ESTACION: PATACAMAYA		LAT.: 17° 15' s											
ALT.: 3789 m		LONG.: 67° 55' W											
FORMULA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TANQUE "A"	161	147	154	148	147	141	145	168	176	206	211	190	1993
f	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
f x TANQUE "A"	111	102	106	102	101	97	100	116	121	142	146	131	1375
PENMAN	128	120	128	101	81	73	78	109	127	142	148	145	1381
TURC	98	103	98	92	81	59	59	78	93	119	122	106	1107
THORNTHWAITE	68	59	60	49	34	23	23	32	44	58	66	70	587

**FIGURA 3.7.1**

**ETP MENSUAL SEGUN DIVERSAS FORMULAS  
PUNO**



**ETP MENSUAL SEGUN DIVERSAS FORMULAS  
PATACAMAYA**



### 3.7.4

#### La fórmula de Penman y las medidas de la evaporación en un tanque tipo A

La comparación entre el cálculo de la ETP (Penman) y las medidas de evaporación en un tanque tipo "A" (Ev), ha sido efectuado a partir de resultados de 15 estaciones con disponibilidad de parámetros meteorológicos básicos necesarios en la fórmula de Penman, de ellas, 6 se sitúan en la Zona Norte, 5 en la Zona Central y 4 en la Zona Sur.

En las estaciones donde existe registros de horas de Insolación, la Radiación Global ha sido calculada a partir de estos datos; para las otras estaciones, la radiación global se ha calculado tomando los registros de Insolación de la estación más cercana.

De acuerdo a la cobertura vegetal del sistema se eligió un albedo igual a 0,20 para el cálculo de la ETP a partir de la fórmula de Penman.

Los resultados se indican en la tabla 3.7.3 en mm/mes y los coeficientes  $f = ETP_p / Ev$  han sido llevados a la tabla 3.7.4.

La primera conclusión que se puede sacar de los valores de la tabla 3.7.3 es que la ETP, como era de suponerse, aumenta conforme aumenta la aridez de la región, es decir con un gradiente norte a sur y de oeste a este.

Analizando los valores de la tabla 3.7.4 se concluye que los coeficientes de reducción, a nivel anual, se encuentra entre 0,55 a 0,63 para el sector norte, a excepción de Huaraya-Moho que tiene un coeficiente de 0,72 y para los sectores centro y sur, el coeficiente  $f$  varía aproximadamente entre 0,64 a 0,88.

A nivel mensual, se tiene la repartición siguiente:

#### Sector Norte: (6 estaciones)

$f$  comprendido entre 0,25 y 0,50: Número de meses 18  
 $f$  comprendido entre 0,51 y 0,70: Número de meses 35  
 $f$  comprendido entre 0,71 y 0,86: Número de meses 19

#### Sector Centro y Sur: (12 estaciones)

$f$  comprendido entre 0,45 y 0,70: Número de meses 37  
 $f$  comprendido entre 0,71 y 0,90: Número de meses 50  
 $f$  comprendido entre 0,91 y 1,10: Número de meses 21

**TABLA N° 3.7.3 :**

**LA ETP EN EL SISTEMA T.D.P.S. SEGUN LA FORMULA DE PENMAN**

COD.	ESTACION	ALT. (m)	LAT. (S)	LONG. (W)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
778	PROGRESO (1)	3970	14° 42'	70° 22'	103	90	91	78	64	53	60	76	93	109	108	110	1036
764	CHUQUIBAMBILLA	3970	14° 48'	70° 44'	108	93	97	78	60	48	54	69	85	103	105	108	1008
786	HUANCANE (2)	3890	15° 12'	69° 45'	112	99	99	83	65	50	57	78	95	117	119	118	1093
787	HUARAYA-MOHO (2)	3890	15° 23'	69° 28'	110	100	102	84	63	49	59	80	101	122	116	119	1105
763	LAGUNILLAS (2)	4200	15° 46'	70° 39'	111	98	99	80	60	50	53	72	87	107	112	114	1042
708	PUNO	3812	15° 50'	70° 01'	129	111	112	93	76	67	73	90	109	133	138	138	1269
ELB	EL BELEN	3820	16° 04'	68° 40'	139	125	129	108	86	73	82	104	125	149	150	145	1415
879	ILAVE (2)	3880	16° 06'	69° 38'	141	123	126	103	87	71	79	99	123	149	153	152	1406
ICH	ICHUCOTA	4460	16° 10'	68° 22'	133	119	122	105	94	85	86	102	121	144	143	145	1399
ELA	EL ALTO	4038	16° 31'	68° 11'	132	115	118	100	87	77	81	100	116	138	140	139	1344
878	MAZO CRUZ (3)	4050	16° 45'	69° 43'	139	119	117	92	72	60	62	78	101	125	135	141	1241
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	3980	17° 04'	69° 12'	156	132	129	111	100	80	88	112	127	150	165	167	1516
PAT	PATACAMAYA	3789	17° 15'	67° 55'	128	120	128	101	81	73	78	109	127	142	148	145	1381
CAR	CARACOLLO	3770	17° 38'	67° 13'	145	133	131	120	102	86	93	119	136	157	166	117	1505
ORU	ORURO (4)	3702	17° 58'	67° 04'	152	137	138	120	93	78	88	112	131	163	172	132	1516

Nota :

- (1) La radiación global fue calculada a partir de la duración de insolación de la estación de Chuquibambilla
- (2) La radiación global fue calculada a partir de la duración de insolación de la estación de Puno
- (3) La radiación global fue calculada a partir de la duración de insolación de la estación de Santiago de Machaca
- (4) La radiación global fue calculada a partir de la duración de insolación de la estación de Caracollo

TABLA N° 3.7.4 :

COEFICIENTE DE REDUCCION "K" (TANQUE TIPO "A" - PENMAN) A NIVEL MENSUAL

COD.	ESTACION	ALT. (m)	LAT. (S)	LONG. (W)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
778	PROGRESO (1)	3970	14° 42'	70° 22'	0.72	0.68	0.62	0.54	0.42	0.37	0.39	0.46	0.52	0.61	0.62	0.69	0.55
764	CHUQUIBAMBILLA	3970	14° 48'	70° 44'	0.76	0.69	0.67	0.58	0.43	0.36	0.38	0.43	0.51	0.57	0.64	0.70	0.56
786	HUANCANE (2)	3890	15° 12'	69° 45'	0.77	0.86	0.75	0.41	0.25	0.47	0.45	0.50	0.55	0.64	0.72	0.75	0.57
787	HUARAYA-MOHO (2)	3890	15° 23'	69° 28'	0.86	0.91	0.84	0.69	0.55	0.47	0.52	0.59	0.68	0.81	0.77	0.85	0.72
763	LAGUNILLAS (2)	4200	15° 46'	70° 39'	0.82	0.78	0.78	0.62	0.46	0.41	0.40	0.47	0.51	0.55	0.60	0.69	0.59
708	PUNO	3812	15° 50'	70° 01'	0.79	0.75	0.71	0.62	0.53	0.52	0.53	0.54	0.59	0.62	0.65	0.70	0.63
ELB	EL BELEN	3820	16° 04'	68° 40'	1.01	1.01	0.96	0.85	0.68	0.67	0.70	0.72	0.81	0.83	0.86	0.94	0.84
879	ILAVE (2)	3880	16° 06'	69° 38'	0.87	0.82	0.89	0.70	0.58	0.58	0.53	0.57	0.62	0.70	0.71	0.68	0.69
ICH	ICHUCOTA	4460	16° 10'	68° 22'	1.01	0.98	0.90	0.81	0.74	0.73	0.69	0.67	0.74	0.80	0.81	0.90	0.81
ELA	EL ALTO	4038	16° 31'	68° 11'	0.97	1.00	0.98	0.82	0.65	0.62	0.69	0.73	0.88	0.94	1.02	0.98	0.86
878	MAZO CRUZ (3)	4050	16° 45'	69° 43'	0.80	0.66	0.66	0.62	0.49	0.45	0.46	0.56	0.70	0.66	0.74	0.82	0.64
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	3980	17° 04'	69° 12'	0.86	0.79	0.80	0.74	0.70	0.60	0.61	0.70	0.73	0.77	0.79	0.91	0.76
PAT	PATACAMAYA	3789	17° 15'	67° 55'	0.80	0.82	0.83	0.68	0.55	0.52	0.54	0.65	0.72	0.69	0.70	0.77	0.69
CAR	CARACOLLO	3770	17° 38'	67° 13'	0.91	0.96	1.03	0.90	0.85	0.84	0.86	0.88	0.90	0.87	0.87	0.70	0.88
ORU	ORURO (4)	3702	17° 58'	67° 04'	0.93	0.98	0.92	0.78	0.71	0.72	0.76	0.85	0.83	0.95	0.98	0.78	0.86
Promedio mensual					0.86	0.85	0.82	0.69	0.57	0.55	0.57	0.62	0.69	0.73	0.77	0.79	0.71

Nota :

- (1) La radiacion global fue calculada a partir de la duracion de insolacion de la estacion de Chuquibambilla
- (2) La radiacion global fue calculada a partir de la duracion de insolacion de la estacion de Puno
- (3) La radiacion global fue calculada a partir de la duracion de insolacion de la estacion de Santiago de Machaca
- (4) La radiacion global fue calculada a partir de la duracion de insolacion de la estacion de Caracollo

De los valores la tabla 3.7.4 también se puede deducir que existe claramente una variación estacional. Vemos que en los meses húmedos (Noviembre - Marzo), se tienen los valores más altos de f, e inversamente para los meses secos y fríos.

Los valores de f que se pueden proponer, son los siguientes:

Zona Norte: (Aprox. entre 14 y 16° de Lat. Sur)

Estación de lluvias (Nov. - Marzo):	0,74
Estación seca (Mayo - Agosto) :	0,45
Meses de transición (Abril, Sept y Oct.):	0,59

Zona Central y Sur: (Aprox. Entre 16 y 19° de Lat. Sur)

Estación de lluvias (Nov - Marzo):	0,87
Estación seca (Mayo - Agosto) :	0,66
Meses de transición (Abril, Sept y Oct.):	0,78

Justificar estos últimos valores resulta difícil, pero sin embargo se pueden hacer algunos comentarios. En general, los valores registrados en los tanques de evaporación de la zona norte son mayores que los del sector central y sur, y por el contrario la radiación neta son mayores en estas dos últimas zonas.

En vista de que la exactitud de la estimación de la ETP en el modelo de Penman depende principalmente de la precisión con que se estime la radiación disponible para la evaporación (Radiación Neta), sería recomendable que se iniciaran mediciones de este parámetro en el Sistema TDPS con objeto de determinar con mayor precisión las constantes en el término energético, ya que como se ha observado en otros países, los mayores errores que se cometen en la estimación de la componente energética se deben generalmente al uso de constantes inapropiadas en las relaciones empíricas que requiere el método.

### **3.7.5 Variaciones de la ETP en tiempo y espacio**

En este capítulo, se describe la variación espacio temporal de la ETP.

El comportamiento temporal toma como referencia las estaciones de Puno y Patacamaya que cuentan con registros confiables y regímenes pluviométricos diferentes.

La variación espacial de la ETP en el Sistema TDPS, se estructura haciendo uso de 61 estaciones (15 calculadas en 3.7.4 y 46 estaciones generadas con relaciones lineales y múltiples).

Las estimaciones de la ETP para las 46 estaciones, se realizaron en base a extrapolaciones de los resultados obtenidos en las 15 estaciones básicas. Las extrapolaciones se efectuaron correlacionando las variables: latitud y longitud geográfica y altura sobre el nivel del mar.

Se realizaron correlaciones mensuales de tipo múltiple y lineal considerando las variables físicas anotadas en las cuales los coeficientes de correlación más altos definieron las relaciones que se resumen en la tabla 3.7.5.

#### **3.7.5.1 Variación Temporal**

La Figura 3.7.1 indica la variación mensual de la ETP para las estaciones de Puno y Patacamaya, situadas en el Norte y Sur del sistema.

La evolución de la ETP en ambas estaciones es similar y presenta un máximo y un mínimo bien marcado. El máximo se presenta en verano (Nov - Marzo), y el mínimo en Invierno (Mayo-Agosto), siguiendo principalmente la evolución de la radiación neta.

La amplitud estacional es reducida, ya que existe un equilibrio entre el período cálido (mayor duración de insolación, pero a la vez época lluviosa y por lo tanto nubosa), y el período frío (menor duración de insolación, pero cielos descubiertos). Las diferencias no exceden de 20 mm/mes, o sea un máximo de 15 %. Para los valores extremos, las amplitudes pueden ser más del 100 %, como por ejemplo: Puno de 67 mm (Junio) a 138 mm (Nov) y Patacamaya de 73 mm (Junio) a 148 mm (Nov).

#### **3.7.5.2 Variación Espacial**

La distribución espacial de la ETP en el sistema se desarrolla en base a 61 estaciones, (tabla 3.7.6).

La variación de la ETP es baja, oscilando entre 1000 y 1800 mm, o sea una relación de 1 a 1,8, contra 1 a 6 e incluso más para la precipitación.

**TABLA N° 3.7.5 : RELACIONES DE CORRELACION MENSUAL  
ETP - SISTEMA T.D.P.S.**

<b>Mes</b>	<b>Ecuacion</b>	<b>Coef. de Correlacion</b>
Enero	$ETP = -109.6951 + 14.7248 * Lat$	0.84
Febrero	$ETP = -114.4620 + 14.0982 * Lat$	0.90
Marzo	$ETP = -105.6892 + 13.6561 * Lat$	0.88
Abril	$ETP = -112.7600 + 12.9331 * Lat$	0.87
Mayo	$ETP = -112.7920 + 11.8421 * Lat$	0.78
Junio	$ETP = -111.6410 + 10.9904 * Lat$	0.77
Julio	$ETP = -107.1020 + 11.0927 * Lat$	0.77
Agosto	$ETP = -135.3420 + 14.0949 * Lat$	0.82
Septiembre	$ETP = -119.4580 + 14.2540 * Lat$	0.82
Octubre	$ETP = -128.1030 + 16.1470 * Lat$	0.83
Noviembre	$ETP = -185.3800 + 19.9322 * Lat$	0.88
Diciembre	$ETP = -1958.695 + 188.538 * Lat - 0.2243 * Lat^3$	0.73
Diciembre (1)	$ETP = -12.13720 + 8.92420 * Lat$	0.74

(1) Mejor ajuste para las estaciones ubicadas por encima de 18° de Latitud Sur.

TABLA N° 3.7.6 :

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (ETP)  
SISTEMA T.D.P.S.

COD.	ESTACION	UBICAC. GEOGRAF.			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
		Lat. (S)	Long. (W)	Altitud (m)													
783	ARAPA	15°09'	70°06'	3840	113	99	101	83	67	55	61	78	96	117	117	118	1105
776	AYAVIRI	14°53'	70°36'	3900	109	95	98	80	63	52	58	74	93	112	111	108	1054
AYO	AYO AYO	17°05'	68°00'	3856	142	126	128	108	90	76	82	105	124	148	155	144	1428
781	AZANGARO (*)	14°55'	70°12'	3860	110	96	98	80	64	52	58	75	93	113	112	109	1060
780	CABANILLAS	15°39'	70°22'	3850	121	106	108	90	73	60	66	85	104	125	127	132	1196
CAL	CALACOTO	17°17'	68°38'	3805	145	129	130	111	92	78	85	108	127	151	159	142	1457
CAM	CALAMARCA	16°54'	68°08'	3954	139	124	125	106	87	74	80	103	121	145	151	145	1401
788	CAPACHICA	15°40'	69°49'	3838	121	106	108	90	73	61	67	85	104	125	127	133	1199
CAR	CARACOLLO	17°38'	67°13'	3770	145	133	131	120	102	86	93	119	136	157	166	117	1505
CHC	CHACALTAYA (*)	16°21'	68°08'	5220	131	116	118	99	81	68	74	95	114	136	141	144	1315
CHR	CHARAÑA	17°35'	69°26'	4054	149	133	134	115	95	82	88	112	131	156	165	137	1498
764	CHUQUIBAMBILLA	14°48'	70°44'	3970	108	93	97	78	60	48	54	69	85	103	105	108	1008
CHU	CHUQUIÑA	17°48'	67°27'	3775	152	136	137	117	98	84	90	116	134	159	169	132	1527
COL	COLLANA	16°54'	68°20'	3940	139	124	125	106	87	74	80	103	121	145	151	145	1401
COM	COMANCHE	16°57'	68°55'	4055	140	125	126	106	88	75	81	104	122	146	152	145	1409
COP	COPACABANA	16°08'	69°04'	3843	128	113	115	96	78	66	72	92	111	132	136	141	1279
COR	CORQUE (1)	18°21'	67°41'	3929	161	144	145	125	105	90	96	123	142	168	180	152	1631
DES	DESAGUADERO(BOL.)	16°34'	69°03'	3803	134	119	121	101	83	70	77	98	117	139	145	145	1350
883	DESAGUADERO(PERU)	16°34'	69°02'	3812	134	119	121	101	83	70	77	98	117	139	145	145	1350
ELA	EL ALTO LA PAZ	16°31'	68°11'	4038	132	115	118	100	87	77	81	100	116	138	140	139	1344
ELB	EL BELEN	16°04'	68°40'	3820	139	125	129	108	86	73	82	104	125	149	150	145	1415
EUC	EUCALIPTUS (*)	17°36'	67°31'	3728	149	134	135	115	96	82	88	113	131	156	165	137	1501
HUA	HUACHACALLA (1)	18°47'	68°16'	3740	167	150	151	130	110	95	101	129	148	175	189	155	1701
HUAC	HUACULLANI (BOL.)(*)	16°28'	68°44'	3880	133	118	119	100	82	69	76	97	115	138	143	144	1334
886	HUACULLANI (PERU)	16°38'	69°20'	3960	135	120	121	102	84	71	77	99	118	140	146	145	1360
786	HUANCANE	15°12'	69°45'	3890	112	99	99	83	65	50	57	78	95	117	119	118	1093
885	HUAPACA SANTIAGO	16°24'	69°16'	3850	132	117	118	99	81	69	75	96	114	137	142	144	1323
787	HUARAYA-MOHO	15°23'	69°28'	3890	110	100	102	84	63	49	59	80	101	122	116	119	1105
HUR	HUARINA COTA COTA	16°12'	68°38'	3825	129	114	116	97	79	66	73	93	111	133	138	142	1291
ICH	ICHUCOTA	16°10'	68°22'	4460	133	119	122	105	94	85	86	102	121	144	143	145	1399
879	ILAVE	16°06'	69°38'	3880	141	123	126	103	87	71	79	99	123	149	153	152	1406
IRP	IRPA CHICO	16°44'	68°22'	3880	137	121	123	104	85	72	79	101	119	142	148	145	1376
SOL	ISLA DEL SOL	16°01'	69°09'	4027	126	111	113	94	77	64	71	90	109	131	134	139	1260
880	JULI	16°13'	69°27'	3820	129	114	116	97	79	67	73	93	112	134	138	142	1293
704	JULIACA	15°29'	70°09'	3826	118	104	106	87	71	59	65	83	101	122	123	128	1166
763	LAGUNILLAS	15°46'	70°39'	4200	111	98	99	80	60	50	53	72	87	107	112	114	1042
779	LAMPA	15°22'	70°22'	3890	117	102	104	86	69	57	63	81	100	120	121	125	1145
761	LLALLY (*)	14°56'	70°53'	3980	110	96	98	80	64	52	59	75	93	113	112	110	1064
878	MAZO CRUZ	16°45'	69°43'	4050	139	119	117	92	72	60	62	78	101	125	135	141	1241
785	MUÑANI	14°46'	69°57'	3948	108	94	96	78	62	51	57	73	91	110	109	103	1031
ORI	ORINOCA (1)	18°58'	67°15'	3780	170	153	153	133	112	97	103	132	151	178	193	157	1731
ORU	ORURO	17°58'	67°04'	3702	152	137	138	120	93	78	88	112	131	163	172	132	1516
762	PAMPAHUTA	15°29'	70°41'	4400	118	104	106	87	71	59	65	83	101	122	123	128	1166
PAT	PATACAMAYA	17°15'	67°55'	3789	128	120	128	101	81	73	78	109	127	142	148	145	1381
PAZ	PAZÑA (1)	18°36'	66°56'	3710	164	148	148	128	107	93	99	127	146	172	185	154	1671
881	PIZACOMA	16°54'	69°22'	3980	139	124	125	106	87	74	80	103	121	145	151	145	1401
778	PROGRESO	14°42'	70°22'	3970	103	90	91	78	64	53	60	76	93	109	108	110	1036
PUA	PUERTO ACOSTA	15°31'	69°15'	3835	119	104	106	88	71	59	65	83	102	122	124	129	1172
708	PUNO	15°50'	70°01'	3812	129	111	112	93	76	67	73	90	109	133	138	138	1269
RIO	RIO MULATOS (1)	19° 42'	66°45'	3809	180	163	163	142	120	105	111	142	161	190	207	164	1850
SAJ	SAJAMA (*) (1)	18°08'	68°59'	4220	157	141	142	122	102	88	94	120	139	165	176	123	1569
784	SALCEDO	15°53'	70°00'	3840	124	109	111	93	75	63	69	89	107	128	131	137	1237
SAL	SALINAS DE G. M. (F) (1)	19° 38'	67°41'	3860	179	162	162	141	120	104	111	141	160	189	206	163	1840
SJU	SAN JUAN HUANCOLLO	16°36'	68°54'	3815	135	120	121	102	84	71	77	99	117	140	145	145	1355
SHU	SANTIAGO DE HUATA	16°03'	68°49'	3850	127	112	113	95	77	65	71	91	109	131	135	140	1265
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	17°04'	69°12'	3980	156	132	129	111	100	80	88	112	127	150	165	167	1516
SIC	SICASICA	17°22'	67°45'	3820	146	130	131	112	93	79	86	109	128	152	161	141	1469
TAC	TACAGUA (1)	18°53'	66°47'	3720	168	152	152	131	111	96	102	131	150	177	191	156	1718
TIA	TIAHUANACU	16°33'	68°41'	3629	134	119	120	101	83	70	76	98	116	139	144	145	1347
VIA	VIACHA	16°39'	68°18'	3850	135	120	122	103	84	71	78	99	118	141	146	145	1363
882	YUNGUYO	16°15'	69°05'	3850	130	115	116	97	80	67	73	94	112	134	139	143	1299

(F) Estación fuera del Sistema T.D.P.S.

(\*) Estación clausurada

(1) La ETP para el mes de Diciembre fué calculada con la segunda ecuacion de la tabla 3.7.5.

Como ya se dijo, la ETP depende de la radiación neta, temperatura del aire, déficit de saturación y velocidad del viento como estos factores experimentan una variación espacial menor que el de la lluvia, la variación de la ETP, también es menor. Sin embargo, la región presenta la siguiente variación: la región Nor occidental más húmeda, con una radiación solar total menor y menos ventosa, presenta un ETP menor, próximo a 1000 mm/año. Por el contrario las regiones con un ETP más elevado se encuentran en el sector Sur oriental con valores promedio en torno a 1800 mm/año (valores de la radiación neta altos).

Estos resultados son importantes para el desarrollo de la producción agrícola, puesto que determinando la ETP de las regiones, se podrán optimizar las estrategias de riego y además ayudará en la estimación de los índices de sequía y clasificación climática que se desarrollará en el capítulo 4.

#### 4.- CARACTERISTICAS CLIMATICAS

##### 4.1. CLASIFICACION CLIMATICA

###### 4.1.1 Introducción

La clasificación climática en el sistema TDPS, se ha realizado según la metodología propuesta por W. Thornthwaite. Se considera este método útil e interesante desde el punto de vista de la favorabilidad del clima para la vida vegetal y puede servir de base, o al menos de orientación, en la delimitación de zonas aptas para la agricultura en lo que a limitaciones climáticas se refiere. Son evidentes las restricciones impuestas por el corto número de estaciones utilizadas (56 observatorios), y en la representación cartográfica de los distintos tipos climáticos, se recurrió a interpolaciones excesivas, por lo que los límites o bordes de las zonas climáticas pueden, en algunos casos apartarse de la realidad.

Para la clasificación, se han tenido en cuenta los valores medios de precipitación estimados y completados para el período 1960-1990, y los valores de temperaturas medias mensuales se han determinado a partir de las series disponibles en cada estación.

La tabla 4.1.1. muestra las estaciones seleccionadas indicando la serie de años (para la variable temperatura), coordenadas geográficas y altitud de cada una de ellas.

###### 4.1.2 Sistema de clasificación

Son varios los autores poseedores de sistemas de clasificación climatológica: Martonne, Köppen, Thornthwaite, etc, en el estudio, como hemos indicado, se eligió el de Thornthwaite. Este autor determina los tipos climáticos, mediante fórmulas, de índices climáticos referidos al grado de beneficio o eficiencia de la precipitación y la temperatura sobre el crecimiento de la vegetación. Estos índices, se comparan luego con rangos de valores en tablas jerárquicas de precipitación y temperatura que presentan características definidas para cada una de ellas. Thornthwaite considera fundamentalmente las siguientes fórmulas:

TABLA N° 4.1.1 : ESTACIONES DE REFERENCIA PARA LA CLASIFICACION CLIMATICA

COD.	ESTACION	LAT. (S)	LONG. (W)	ALTITUD (m)	PERIODO
704	JULIACA	15 29'	70 09'	3826	1966-1987,1989-1990
708	PUNO	15 50'	70 01'	3825	1964-1990
761	LLALLY (*)	14 56'	70 53'	3980	1964-1981
762	PAMPAHUTA	15 29'	70 41'	4400	1961-1990
763	LAGUNILLAS	15 46'	70 39'	4200	1962-1990
764	CHUQUIBAMBILLA	14 48'	70 44'	3970	1939-1950,1954-1990
776	AYAVIRI	14 53'	70 36'	3900	1965-1969,1982-1980
777	MACUSANI (F)(*)	14 05'	70 25'	4250	1964-1974,1976-1980,1989-1990
778	PROGRESO	14 42'	70 22'	3970	1964-1990
779	LAMPA	15 22'	70 22'	3892	1964-1990
780	CABANILLAS	15 39'	70 22'	3850	1964-1990
781	AZANGARO (*)	14 54'	70 12'	3860	1963-1982,1984-1987,1989-1990
783	ARAPA	15 09'	70 06'	3830	1964-1990
784	SALCEDO	15 53'	70 00'	3852	1931-1971,1980-1990
785	MUNANI	14 46'	69 57'	3948	1966-1990
786	HUANCANE	15 12'	69 45'	3890	1964-1990
787	HUARAYAMOHO	15 23'	69 28'	3890	1956-1990
788	CAPACHICA	15 40'	69 49'	3838	1957-1980,1984-1990
878	MAZO CRUZ	16 45'	69 43'	4050	1964-1990
879	ILAVE	16 06'	69 38'	3880	1964-1978,1989-1990
880	JULI	16 13'	69 27'	3852	1956-1959,1962-1980,1985-1990
881	PIZACOMA	16 54'	69 22'	3980	1965-1980
882	YUNGUYO	16 15'	69 05'	3850	1964-1990
883	DESAGUADERO(PERU)	16 34'	69 02'	3860	1957-1958,1961-1990
888	ILLPA	15 42'	70 04'	3815	1978-1990
AYO	AYO AYO	17 05'	68 00'	3856	1958-1963,1965-1990
CAL	CALACOTO	17 17'	68 38'	3805	1973-1990
CAM	CALAMARCA	16 54'	68 08'	3954	1958-1974
CAR	CARACOLLO	17 38'	67 13'	3770	1975-1984
CHC	CHACALTAYA (*)	16 21'	68 08'	5220	1953,1957-1958,1960-1966
CHR	CHARANA	17 35'	69 26'	4054	1945-1965,1968-1990
COL	COLLANA	16 54'	68 20'	3940	1973-1990
COM	COMANCHE	16 57'	68 25'	4055	1967-1975,1978-1981,1984-1990
COP	COPACABANA	16 08'	69 04'	3843	1958-1961,1964-1968,1970-1990
ELA	EL ALTO LA PAZ	16 31'	68 11'	4038	1943-1990
ELB	EL BELEM	16 04'	68 40'	3820	1949-1955,1957-1958,1960-1990
EUC	EUCALIPTUS (*)	17 36'	67 31'	3728	1962-1984
HUR	HUARINA COTA COTA	16 10'	68 36'	3825	1974-1990
ICH	ICHUCOTA	16 10'	68 22'	4460	1978,1980-1990
IRP	IRPA CHICO	16 44'	68 22'	3880	1974-1979
ORI	ORINOCA	18 58'	67 15'	3780	1975-1976,1978-1982,1984-1985
ORU	ORURO	17 58'	67 04'	3702	1943-1990
PAT	PATACAMAYA	17 15'	67 55'	3789	1958-1990
PAZ	PAZNA	18 36'	66 56'	3710	1945-1956,1958-1959
PUA	PUERTO ACOSTA	15 31'	69 15'	3835	1945-1949,1980-1987,1990
RIO	RIO MULATOS	19 42'	66 45'	3809	1983-1988
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	19 38'	67 41'	3860	1947-1957,1959-1985
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	17 04'	69 12'	3980	1979-1990
SHU	SANTIAGO DE HUATA	16 03'	68 49'	3850	1986-1990
SIC	SICASICA	17 22'	67 45'	3820	1943-1968,1970-1981
SOL	ISLA DEL SOL	16 01'	69 09'	4027	1979-1987
TAC	TACAGUA	18 53'	66 47'	3720	1942-1948,1960-1976,1981-1985
TIA	TIAHUANACU	16 33'	68 41'	3629	1973-1978
VIA	VIACHA	16 39'	68 18'	3850	1962-1963,1965-1981,1985-1990

(F) Estacion fuera del sistema TDPS

(\*) Estacion paralizada

$$I = \sum_{i=1}^{12} ; \quad i = 1.64 (P/(T+12,2))^{10/9}$$

$$I' = \sum_{i=1}^{12} ; \quad i' = (9T/20)$$

donde:

P = Precipitación mensual en mm  
T = Temperatura media mensual en °C  
I = Índice anual de precipitación favorable  
I' = Índice anual de temperatura eficiente  
i = Índice mensual de precipitación favorable  
i' = Índice mensual de temperatura eficiente

Las tablas 4.1.2. y 4.1.3 muestran respectivamente las tablas jerárquicas de precipitación y temperatura.

Se observa que en las fórmulas precedentes, el autor utiliza valores de temperaturas medias que en la realidad no son las más adecuadas; preferible hubiera sido tomar valores extremos de temperaturas que suelen ser más decisivas en la hora de definir y delimitar zonas aptas para determinados cultivos (ver capítulo 4.2). Asimismo, las cifras utilizadas en las fórmulas para el cálculo de los índices climáticos, así como los rangos de valores, parecerían ser arbitrarios, sin embargo, no hay que olvidar que los límites elegidos por Thornthwaite corresponden en principio, a los principales climas del mundo. Hasta el momento no existe una clasificación climática que satisfaga en todo el mundo, probablemente a causa de la complejidad de los fenómenos estudiados y del enorme trabajo de recopilación de datos que eso significa. Tomando en cuenta esas limitantes y las que presenta la clasificación dada por Thornthwaite, que caracteriza el clima de la región utilizando tipos climáticos que a menudo no llegan a identificarla completa y correctamente, en el capítulo 4.2 pretendemos completar y destacar el interés y posibilidad que ofrece determinar los factores limitantes como son agua y temperaturas mínima, variables fundamentales en el momento de programar períodos de siembra y cosecha.

#### 4.1.3 Descripción de los tipos de clima

Es indudable que el tipo de agricultura y los cultivos de una región están o deben estar íntimamente ligados al clima de la misma. Thornthwaite analiza los climas y los define en función de índices climáticos ya considerados anteriormente. En la tabla 4.1.4 figuran los tipos climáticos identificados en el sistema TDPS.

**TABLA N° 4.1.2 : JERARQUIAS DE PRECIPITACION**

Valor de l	Simbologia	Nominacion
128 a mayor	A	Muy lluvioso
64 a 127	B	Lluvioso
32 a 63	C	Semilluvioso
16 a 31	D	Semiarido
menor de 16	E	Arido

**DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION A TRAVES DEL AÑO**

Simbologia	Significado
r	Sin estacion seca
v	Verano seco
o	Otoño seco
i	Invierno seco
p	Primavera seca
d	Todas las estaciones secas

**TABLA N° 4.1.3 : JERARQUIAS DE TEMPERATURA**

Valor de l'	Simbologia	Nominacion
128 a mayor	A'	Calido
101 a 127	B'1	Semicalido
80 a 100	B'2	Templado
64 a 79	B'3	Semifrio
32 a 63	C'	Frio
16 a 31	D'	Semifrigido
1 a 15	E'	Frigido
0	F'	Polar

TABLA N° 4.1.4 :

## CLASIFICACION CLIMATICA SEGUN EL METODO DE THORNTHWAITE

COD.	ESTACION	LAT. (S)	LONG. (W)	ALTITUD (m)	PRECIP. (mm)	TEMP. (°C)	INDICE DE HUMED. I	INDICE DE TEMP. I'	TIPO CLIMATICO (*)
704	JULIACA	15° 29'	70° 09'	3826	599	8.2	51	44	C(o,i,p)C'
708	PUNO	15° 50'	70° 01'	3825	717	8.5	63	46	C(o,i,p)C'
761	LLALLY	14° 56'	70° 53'	3980	758	6.8	73	37	B(o,i,p)C'
762	PAMPAHUTA	15° 29'	70° 41'	4400	771	4.4	84	24	B(o,i,p)D'
763	LAGUNILLAS	15° 46'	70° 39'	4200	667	6.4	67	35	B(o,i,p)C'
764	CHUQUIBAMBILLA	14° 48'	70° 44'	3970	666	7.0	61	38	C(o,i,p)C'
776	AYAVIRI	14° 53'	70° 36'	3900	688	7.6	62	41	C(o,i,p)C'
777	MACUSANI	14° 05'	70° 25'	4250	808	5.4	85	29	B(o,i,p)D'
778	PROGRESO	14° 42'	70° 22'	3970	623	8.7	54	47	C(o,i,p)C'
779	LAMPA	15° 22'	70° 22'	3892	710	7.9	64	42	B(o,i,p)C'
780	CABANILLAS	15° 39'	70° 22'	3850	635	9.2	54	49	C(o,i,p)C'
781	AZANGARO	14° 54'	70° 12'	3860	587	8.5	50	46	C(o,i,p)C'
783	ARAPA	15° 09'	70° 06'	3830	700	9.2	60	50	C(o,i,p)C'
784	SALCEDO	15° 53'	70° 00'	3840	753	8.4	68	46	B(o,i,p)C'
785	MUÑANI	14° 46'	69° 57'	3948	620	8.4	55	45	C(o,i,p)C'
786	HUANCANE	15° 12'	69° 45'	3890	686	7.6	63	41	C(o,i,p)C'
787	HUARAYAMOHO	15° 23'	69° 28'	3890	929	8.8	84	47	B(o,i,p)C'
788	CAPACHICA	15° 40'	69° 49'	3838	808	7.9	76	42	B(o,i,p)C'
878	MAZO CRUZ	16° 45'	69° 43'	4050	549	4.5	55	24	C(o,i,p)C'
879	ILAVE	16° 06'	69° 38'	3880	715	7.9	65	42	B(o,i,p)C'
880	JULI	16° 13'	69° 27'	3852	862	8.2	80	44	B(o,i,p)C'
881	PIZACOMA	16° 54'	69° 22'	3980	672	7.4	62	40	C(o,i,p)C'
882	TAHUACO-YUNGUYO	16° 15'	69° 05'	3850	850	7.8	79	42	B(o,i,p)C'
883	DESAGUADERO(PERU)	16° 34'	69° 02'	3860	741	7.8	66	42	B(o,i,p)C'
888	ILLPA	15° 42'	70° 04'	3815	680	7.4	62	40	C(o,i,p)C'
AYO	AYO AYO	17° 05'	68° 00'	3856	403	7.9	33	43	C(d)C'
CAL	CALACOTO	17° 17'	68° 38'	3805	379	7.6	31	41	D(d)C'
CAM	CALAMARCA	16° 54'	68° 08'	3954	396	8.9	31	48	D(d)C'
CAR	CARACOLLO	17° 38'	67° 13'	3770	439	8.3	39	50	C(d)C'
CHC	CHACALTAYA	16° 21'	68° 08'	5220	587	-0.9	100	-5	BF'
CHR	CHARAÑA	17° 35'	69° 26'	4054	328	8.6	29	32	D(d)C'
COL	COLLANA	16° 54'	68° 20'	3940	564	9.1	47	49	C(d)C'
COM	COMANCHE	16° 57'	68° 25'	4055	545	7.5	48	41	C(d)C'
COP	COPACABANA	16° 08'	69° 04'	3843	865	9.4	76	51	B(o,i,p)C'
ELA	EL ALTO LA PAZ	16° 31'	68° 11'	4038	612	7.9	57	40	C(d)C'
ELB	EL BELEN	16° 04'	68° 40'	3820	500	7.1	45	38	C(d)C'
EUC	EUCALIPTUS	17° 36'	67° 31'	3728	395	9.9	29	54	D(d)C'
HUR	HUARINA COTA COTA	16° 10'	68° 36'	3825	597	7.7	53	42	C(o,i,p)C'
ICH	ICHUCOTA	16° 10'	68° 22'	4460	687	6.1	60	33	C(o,i,p)C'
IRP	IRPA CHICO	16° 44'	68° 22'	3880	478	7.4	42	40	C(o,i,p)C'
ORI	ORINOCA	18° 58'	67° 15'	3780	366	6.7	32	36	C(d)C'
ORU	ORURO	17° 58'	67° 04'	3702	381	10.7	30	43	D(d)C'
PAT	PATACAMAYA	17° 15'	67° 55'	3789	409	9.5	31	51	D(d)C'
PAZ	PAZÑA	18° 36'	66° 56'	3710	538	8.5	43	46	C(d)C'
PUA	PUERTO ACOSTA	15° 31'	69° 15'	3835	768	9.2	66	50	B(o,i,p)C'
RIO	RIO MULATOS	19° 42'	66° 45'	3809	299	6.5	25	35	D(d)C'
SAL	SALINAS DE G. M.	19° 38'	67° 41'	3860	235	9.0	17	49	D(d)C'
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	17° 04'	69° 12'	3980	478	7.5	41	41	C(d)C'
SHU	SANTIAGO DE HUATA	16° 03'	68° 49'	3850	599	9.7	48	53	C(o,i,p)C'
SIC	SICASICA	17° 22'	67° 45'	3820	383	9.4	30	51	D(d)C'
SOL	ISLA DEL SOL	16° 01'	69° 09'	4027	799	8.8	73	47	B(o,i,p)C'
TAC	TACAGUA	18° 53'	66° 47'	3720	395	10.0	29	54	D(d)C'
TIA	TIAHUANACU	16° 33'	68° 41'	3629	648	7.8	57	42	C(o,i,p)C'
VIA	VIACHA	16° 39'	68° 18'	3850	521	8.0	44	43	C(d)C'

- (\*) BF' : Lluvioso y polar  
B(o,i,p)D' : Lluvioso y semifrío, con otoño, invierno y primavera secos.  
B(o,i,p)C' : Lluvioso y frío, con otoño, invierno y primavera secos.  
C(o,i,p)C' : Semilluvioso y frío, con otoño, invierno y primavera secos.  
C(d)C' : Semilluvioso y frío, con todas las estaciones secas.  
C(d)C' : Semiarido y frío, con todas las estaciones secas.

El mapa N° 15 presenta la distribución de los diferentes tipos climáticos que se presentan en el sistema TDPS. Así se tiene:

El tipo climático lluvioso y Polar (BF'), que se manifiesta a alturas mayores a los 5000 metros y corresponde a todas las áreas cubiertas con nieve y hielo durante gran parte del año. La temperatura media anual, es inferior a 0°C. La precipitación total anual, ya sea en forma líquida o sólida, está por encima de los 600 mm. Debido a estas condiciones climáticas el área es agrícolamente improductiva.

La Figura 4.1.1 muestra la variación de la temperatura y precipitación para la única estación de referencia (Chacaltaya) como representativa de este subtipo climático BF'.

El tipo climático lluvioso y semifrío con Otoño, Invierno y Primavera secos (B(o,i,p)D'), ocurre en las cabeceras de las cuencas del río Suhez, río Ramis y Cuenca del río Coata, a altitudes entre 4400 y los 5000 metros. La temperatura media anual, varía entre 5 y 2°C y las mínimas medias son inferiores a - 4°C.

Los días de heladas son superiores a los 150 días. Si bien la precipitación tiene un carácter lluvioso, precipita entre 700 y 1000 mm, las características térmicas determinan una restricción en la utilización de la tierra con fines agrícolas. La figura 4.1.2 muestra un régimen mensual de la precipitación, evapotranspiración potencial y temperatura promedio para la estación de Pampahuta como característico de este subtipo climático B (o,i,p) D'.

Analizando el mapa N° 15 puede observarse que el área circunlacustre, cuenca del río Suhez, parte media de la cuenca del río Ramis (Aproximadamente hasta los 4200 mm); cuenca del río Coata y cuenca del río Ilave (también hasta los 4200 metros), quedan incluidos dentro del tipo climático lluvioso y frío, con Otoño, Invierno y Primavera Secos (B ( o,i,p) C'). Su carácter lluvioso está dado por la ocurrencia de precipitaciones totales anuales entre 700 y 1000 mm, de las que un 73 por ciento se produce en el verano (Dic. a Marzo). Durante los meses de Abril a Noviembre, la Evapotranspiración potencial (ETP) supera a la precipitación, condición por la cual Otoño, Invierno y Primavera son secos. Los promedios de temperatura anual varían de 8°C en las cercanías al lago Titicaca, hasta los límites superiores, en donde se estiman valores próximos a 6°C. Las mínimas medias

# REGIMEN MENSUAL DE LA PRECIPITACION, ETP Y TEMPERATURA PROMEDIO

FIGURA 4.1.1

## CHACALTAYA

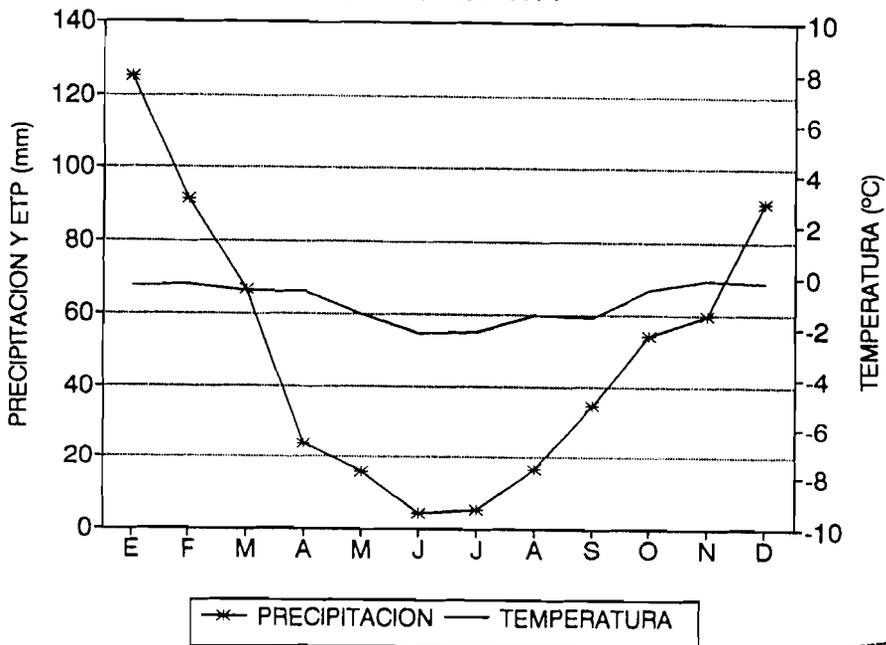
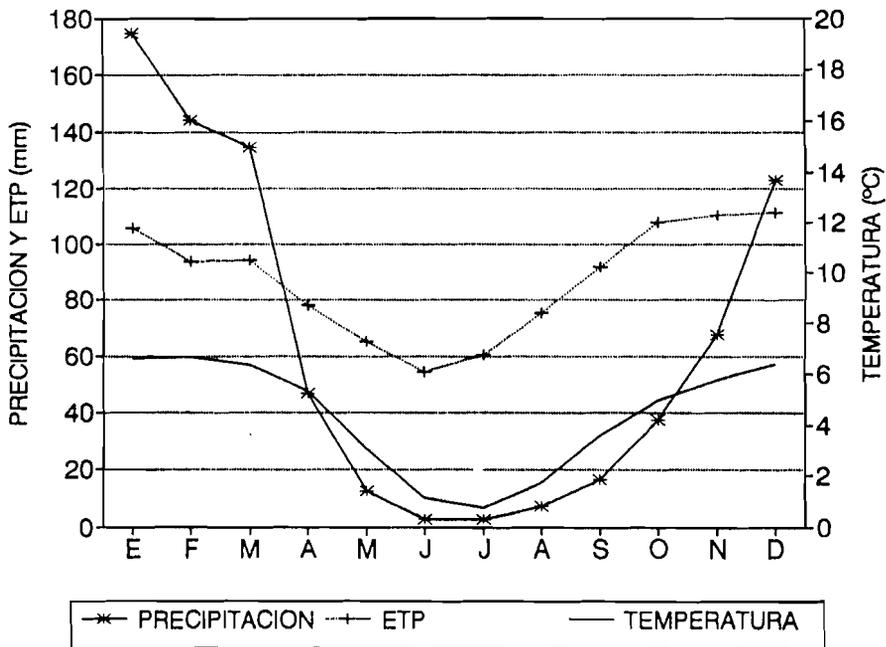


FIGURA 4.1.2

## PAMPAHUTA



anuales, son superiores a  $0^{\circ}\text{C}$  y las heladas son inferiores a 150 días y sólo se presentan durante los meses de Otoño e Invierno. Esto hace que este subtipo climático sea el más favorable de todos para las actividades agrícolas.

La figura 4.1.3 muestra la variación mensual de la precipitación, la ETP, y la temperatura para la estación de Huaraya-Moho como característico de este subtipo climático.

El tipo climático semilluvioso y frío con Otoño, Invierno y Primavera Secos (C (o,i,p,) C') corresponde a la parte baja de la cuenca del río Ramis y gran parte de la cuenca del río Huancané, y al Sur del Lago, hasta las zonas de Pizacoma en el Perú, Irpa Chico en Bolivia (Ver Mapa N° 15). En esta sub-zona, la precipitación disminuye y varía entre 600 y 800 mm. La ETP es superior a la precipitación durante los meses de Abril a Diciembre, condición por la cual el Otoño, Invierno y Primavera son secos.

La temperatura media del ambiente en esta zona se encuentra entre  $7$  y  $8^{\circ}\text{C}$  y la temperatura mínima media anual es superior a  $0^{\circ}\text{C}$ , ya que todavía se deja sentir la influencia termoreguladora del Lago. El número de días de helada es inferior a los 150 días y se puede decir que las condiciones para las actividades agrícolas son buenas.

La Fig. 4.1.4 muestra la variación a lo largo del año de la precipitación, ETP y temperatura para la estación de Progreso como representativa de este subtipo climático B (o,i,p) C'.

Una estrecha franja en la parte meridional del sistema (ver mapa N° 15), como una especie de transición entre el tipo de clima semilluvioso y clima árido, se tiene el tipo climático semilluvioso y frío, con todas las estaciones secas (C (d) C').

En esta zona la precipitación sigue disminuyendo y varía entre 600 y 400 mm al año. La ETP es superior a la precipitación a lo largo de todo el año, por lo que todas las estaciones se las considera como secas. Las temperaturas medias anuales se estiman entre  $5$  y  $8^{\circ}\text{C}$ . Las mínimas medias anuales están por debajo de  $0^{\circ}\text{C}$ , pudiendo alcanzar a  $-4^{\circ}\text{C}$ . Esto hace que las heladas se manifiesten casi durante todo el año (entre 180 y 300 días al año). Las actividades agrícolas en este tipo climático son mucho más restringidas que la anterior. La figura 4.1.5 muestra para la estación de El Alto, la variación de la precipitación, de la ETP y de las temperaturas.

# REGIMEN MENSUAL DE LA PRECIPITACION, ETP Y TEMPERATURA PROMEDIO

FIGURA 4.1.3

## HUARAYA-MOHO

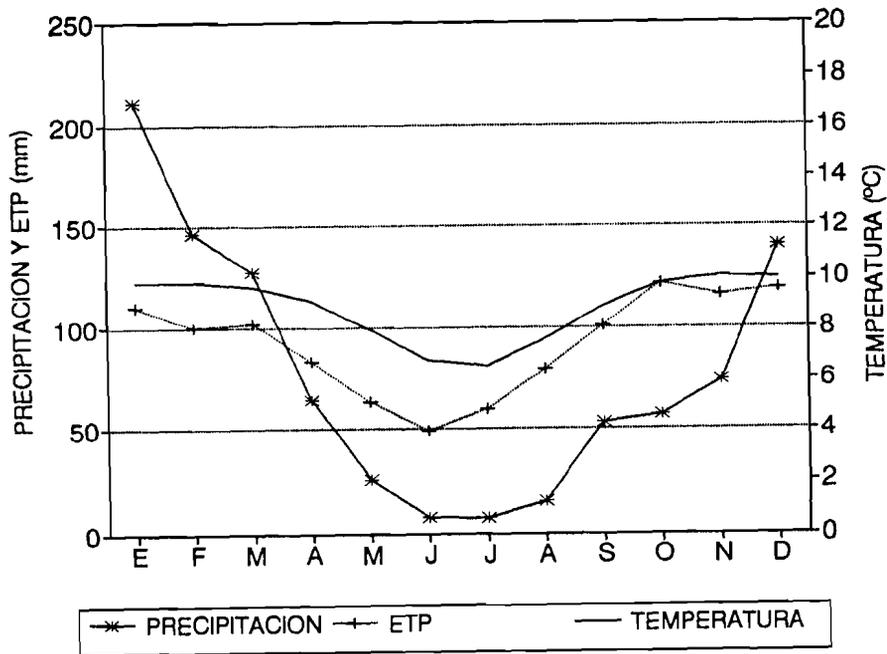
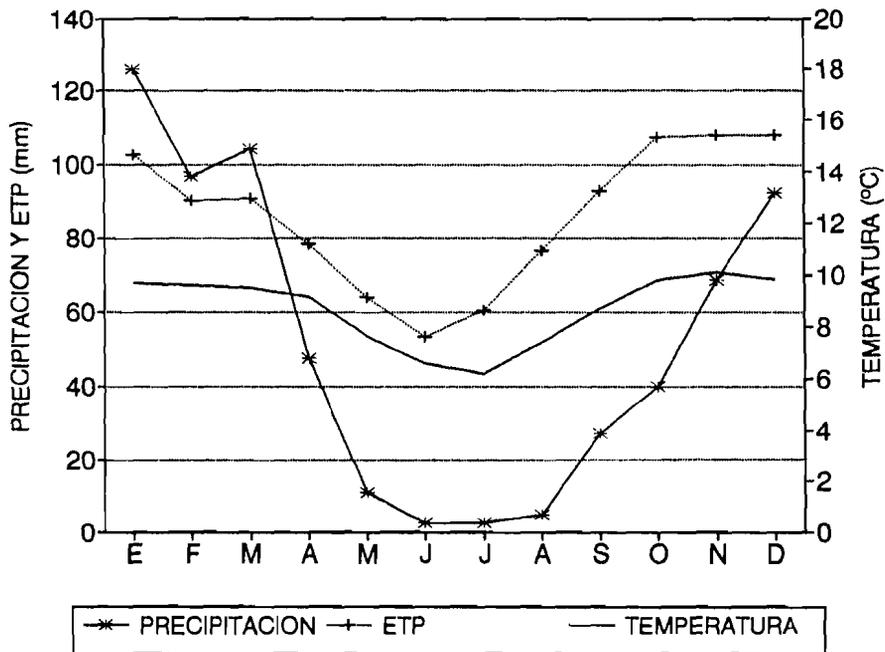


FIGURA 4.1.4

## PROGRESO



Finalmente se tiene el tipo climático semiárido y frío con todas las estaciones secas (D (d) C'). Este tipo de clima impera en toda la parte Sur del Sistema, donde la precipitación total anual es inferior a 400 mm, llegando inclusive en la zona Sud oeste a los 200 mm al año. La temperatura media anual es similar al anterior tipo climático, es decir entre 5 y 8°C y las temperaturas mínimas medias anuales son inferiores a 0°C. Los días de heladas varían entre 150 y 300 días al año, lo que indica que las heladas son intensas y muy frecuentes durante todo el año. Debido a estas condiciones, el área es agrícolamente improductiva, prosperando sólo la ganadería de tipo autóctono.

La figura 4.1.6. muestra la variación mensual de los parámetros climáticos, precipitación, ETP y temperatura para la estación de Oruro, tomando esta estación como representativa del último tipo climático de la región estudiada.

#### 4.2. **ANÁLISIS DE LA HELADA Y DE LA SEQUIA COMO FENOMENOS AGROCLIMATICOS**

En este análisis se considera la inter-relación existente entre las condiciones meteorológicas y las fases de desarrollo del cultivo. La sencillez del método permite el uso de pocas variables (pero fundamentales a lo largo del desarrollo del cultivo) y proporciona una aplicación inmediata.

De esta manera se determinan los meses, y su número, aptos para el desarrollo agrícola, definiéndose períodos (con una probabilidad del 50 %), en que los cultivos estarán libres de heladas y de sequías. Los resultados obtenidos mostrarán definitivamente si una zona o región tiene potencial agrícola o en su totalidad es agrícolamente improductiva.

El estudio no se realiza a nivel diario por no disponer en el presente de series diarias de temperaturas mínimas extremas. Además, el conocimiento de las probabilidades de ocurrencia de lluvias o heladas en una semana específica, tiene poco o ningún significado aplicable a una región tan variable climáticamente como es el sistema T.D.P.S.

##### 4.2.1 **Información utilizada**

La información utilizada es la siguiente:

- a) Precipitación media completada y corregida para el período 1960 - 1990 en 61 estaciones dentro el sistema (tabla 4.2.1).

# REGIMEN MENSUAL DE LA PRECIPITACION, ETP Y TEMPERATURA PROMEDIO

FIGURA 4.1.5

## EL ALTO LA PAZ

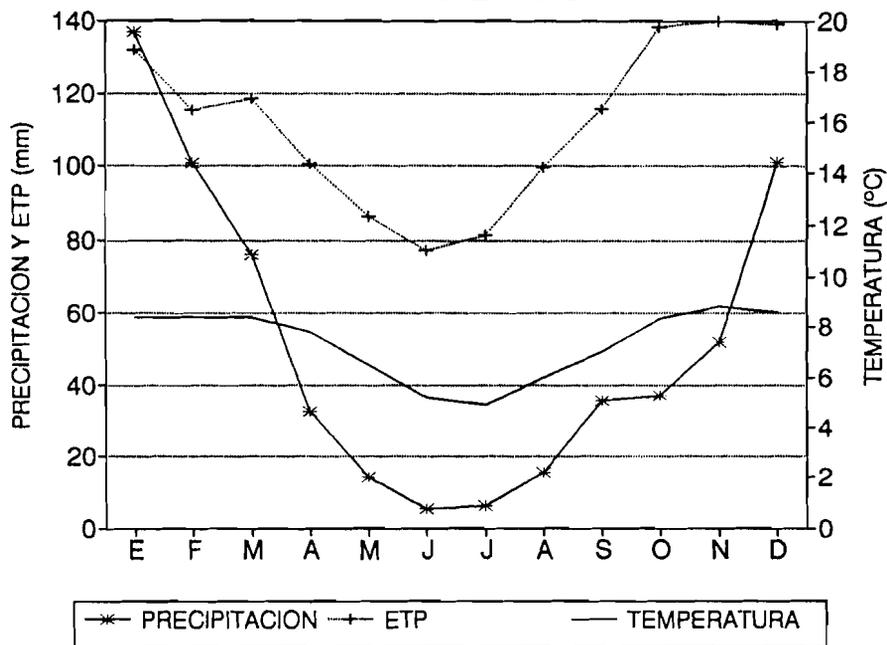


FIGURA 4.1.6

## ORURO

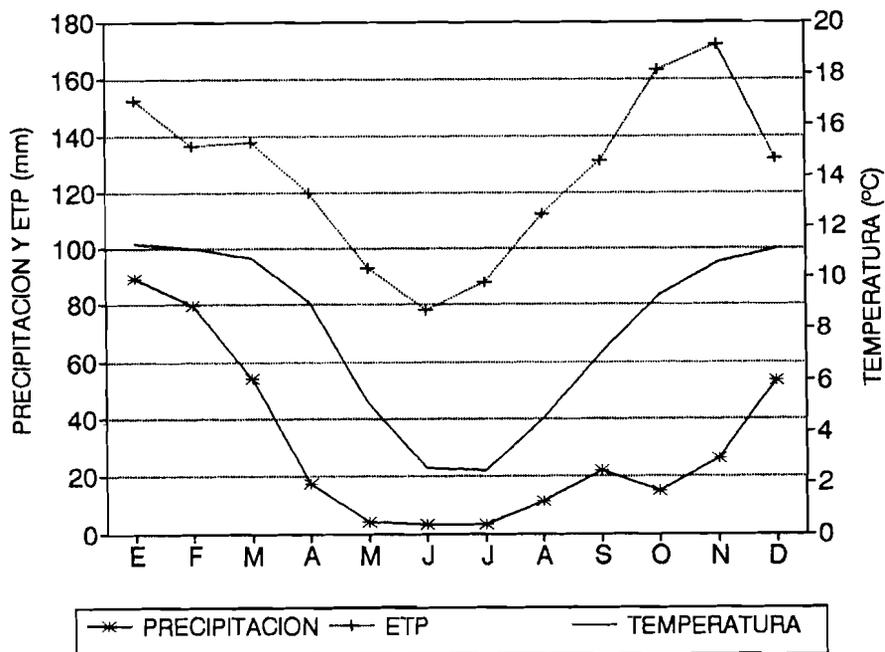


TABLA 4.2.1 : RELACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS UTILIZADAS

COD.	ESTACION	COORDENADAS		ALTIT. ( m )	Nº de Años (*)
		Lat. S	Long. W		
783	ARAPA	15°09'	70°06'	3840	23
776	AYAVIRI	14°53'	70°36'	3900	21
AYO	AYO AYO	17°05'	68°00'	3856	19
781	AZANGARO	14°55'	70°12'	3860	13
780	CABANILLAS	15°39'	70°22'	3850	26
CAL	CALACOTO	17°17'	68°38'	3805	17
CAM	CALAMARCA	16°54'	68°08'	3954	16
788	CAPACHICA	15°40'	69°49'	3838	12
CAR	CARACOLLO	17°38'	67°13'	3770	9
CHC	CHACALTAYA	16°21'	68°08'	5220	8
CHR	CHARAÑA	17°35'	69°26'	4054	30
784	CHUQUIBAMBILLA	14°48'	70°44'	3970	17
CHU	CHUQUIÑA	17°48'	67°27'	3775	20
COL	COLLANA	16°54'	68°20'	3940	18
COM	COMANCHE	16°57'	68°55'	4055	21
COP	COPACABANA	16°08'	69°04'	3843	18
COR	CORQUE	18°21'	67°41'	3929	3
DES	DESAGUADERO(BOL)	16°34'	69°03'	3803	14
883	DESAGUADERO(PERU)	16°34'	69°02'	3812	25
ELA	EL ALTO LA PAZ	16°31'	68°11'	4038	36
ELB	EL BELEN	16°04'	68°40'	3820	24
EUC	EUCALIPTUS	17°36'	67°31'	3728	19
HUA	HUACHACALLA	18°47'	88°16'	3740	5
HUAC	HUACULLANI (BOL)	16°28'	68°44'	3880	5
886	HUACULLANI (PERU)	16°38'	69°20'	3960	3
786	HUANCANE	15°12'	69°45'	3890	25
885	HUAPACA SANTIAGO	16°24'	69°16'	3850	3
787	HUARAYA-MOHO	15°23'	69°28'	3890	23
HUR	HUARINA COTA COTA	16°12'	68°38'	3825	13
ICH	ICHUCOTA	16°10'	68°22'	4460	10
879	ILAVE	16°06'	69°38'	3880	17
IRP	IRPA CHICO	16°44'	68°22'	3880	3
SOL	ISLA DEL SOL	16°01'	69°09'	4027	5
880	JULI	16°13'	69°27'	3820	17
704	JULIACA	15°29'	70°09'	3826	18
783	LAGUNILLAS	15°48'	70°39'	4200	20
779	LAMPA	15°22'	70°22'	3890	23
761	LLALLY	14°56'	70°53'	3980	11
878	MAZO CRUZ	16°45'	69°43'	4050	23
785	MUÑANI	14°46'	69°57'	3948	22
ORI	ORINOCA	18°58'	67°15'	3780	5
ORU	ORURO	17°58'	67°04'	3702	38
782	PAMPAHUTA	15°29'	70°41'	4400	21
PAT	PATACAMAYA	17°15'	67°55'	3789	36
PAZ	PAZÑA	18°36'	66°56'	3710	10
881	PIZACOMA	16°54'	69°22'	3980	16
778	PROGRESO	14°42'	70°22'	3970	21
PUA	PUERTO ACOSTA	15°31'	69°15'	3835	7
708	PUNO	15°50'	70°01'	3812	27
RIO	RIO MULATOS	19 42'	66°45'	3809	2
SAJ	SAJAMA	18°08'	68°59'	4220	4
784	SALCEDO	15°53'	70°00'	3840	34
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	19 38'	67°41'	3860	26
SJU	SAN JUAN HUANCOLLO	16°38'	68°54'	3815	3
SHU	SANTIAGO DE HUATA	16°03'	68°49'	3850	5
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	17°04'	69°12'	3980	11
SIC	SICASICA	17°22'	67°45'	3820	42
TAC	TACAGUA	18°53'	66°47'	3720	17
TIA	TIAHUANACU	16°33'	68°41'	3629	16
VIA	VIACHA	16°39'	68°18'	3850	16
882	YUNGUYO	16°15'	69°05'	3850	16

(F) Estación fuera del sistema T.D.P.S.

(\*) Período utilizado para la variable temperatura

- b) Temperatura mínima extrema a partir de las series disponibles en las estaciones referidas.
- c) Valores de la evapotranspiración potencial (ETP) para períodos mensuales en base a datos climatológicos de 61 estaciones de las cuales 15 fueron estimadas por la fórmula de Penman (ver capítulo 3.7.4) y las 46 estaciones restantes fueron generadas por relaciones lineales y múltiples (capítulo 3.7.5).
- d) Período libre de heladas

En el capítulo 3.2.6.2 las heladas se definen como temperaturas inferiores a 0 °C, medidas en una caseta meteorológica y a una altura de 1.5 metros. La tabla 3.2.7, resume los períodos libres de heladas (en meses), con una probabilidad de ocurrencia o de éxito de 50 %, debido a que se espera un período - en meses - libre de heladas de 1 vez cada 2 años.

- e) Período libre de sequías o déficit hídrico

Este período se determinó encontrando inicialmente la frecuencia de ocurrencia de sequías para cada mes (contando el número de años en que la precipitación fue menor a ETP/2, valor que fue dividido por el número de años de información disponible)(tabla 4.2.2), definiéndose posteriormente el período libre de sequías (en meses), con una probabilidad de ocurrencia o de éxito de 50 %, tal como se realizó para el período libre de heladas (tabla 4.2.3 y figura 4.2.1).

#### 4.2.2 Estimación de índices para el análisis agroclimático

Para la estimación de estos índices se utilizó la metodología siguiente:

Se estima el período libre de heladas P(H) con una probabilidad de ocurrencia o de éxito de 50 % (tabla 3.2.7), luego se determina el déficit hídrico o período libre de sequías P(S) con la misma probabilidad (tabla 4.2.3). El índice para el análisis agroclimático (período libre de heladas y sequías), es el valor final que se obtiene de la unión de P(H) y P(S), dado por:

$$P(H \cup S) = P(H) + P(S) - P(H)*P(S)$$

TABLA 4.2.2 :

FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE SEQUIAS (en %)

COD.	ESTACION	COORDENADAS		ALTIT. ( m )	Nº de Años	Frecuencia de ocurrencia de sequias (en %)											
		Lat. S	Long. W			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
783	ARAPA	15°09'	70°06'	3840	23	100	87	74	65	58	19	6	6	10	52	90	94
776	AYAVIRI	14°53'	70°36'	3900	21	100	90	90	68	48	6	3	6	13	42	94	94
AYO	AYO AYO	17°05'	68°00'	3856	19	100	97	94	100	97	68	35	52	68	100	100	97
781	AZANGARO	14°55'	70°12'	3860	13	100	100	87	77	65	16	3	6	23	58	97	100
780	CABANILLAS	15°39'	70°22'	3850	26	100	97	100	94	68	29	10	10	13	71	97	97
CAL	CALACOTO	17°17'	68°38'	3805	17	100	97	100	100	97	61	35	35	74	100	100	97
CAM	CALAMARCA	16°54'	68°08'	3954	16	100	97	94	100	97	71	39	52	81	90	100	100
788	CAPACHICA	15°40'	69°49'	3838	12	100	100	81	87	55	23	10	6	10	45	84	97
CAR	CARACOLLO	17°38'	67°13'	3770	9	100	100	100	100	100	40	50	50	60	100	100	100
CHC	CHACALTAYA	16°21'	68°08'	5220	8	97	90	81	77	65	32	19	29	48	90	90	94
CHR	CHARAÑA	17°35'	69°26'	4054	30	100	97	100	100	94	81	35	42	58	97	100	100
764	CHUQUIBAMBILLA	14°48'	70°44'	3970	17	100	97	97	65	45	6	3	0	0	29	97	94
CHU	CHUQUIÑA	17°48'	67°27'	3775	20	100	100	97	100	100	77	48	42	71	100	100	100
COL	COLLANA	16°54'	68°20'	3940	18	97	97	87	97	77	45	13	16	48	87	100	97
COM	COMANCHE	16°57'	68°55'	4055	21	100	97	90	100	90	39	10	23	42	84	100	97
COP	COPACABANA	16°08'	69°04'	3843	18	97	97	55	71	58	29	0	6	16	39	81	84
COR	CORQUE	18°21'	67°41'	3929	3	100	100	100	100	100	50	20	50	50	100	100	100
DES	DESAGUADERO(BOL)	16°34'	69°03'	3803	14	100	94	94	100	75	38	6	13	18	88	88	100
883	DESAGUADERO(PERU)	16°34'	69°02'	3812	25	100	94	90	87	61	35	6	10	23	71	94	97
ELA	EL ALTO LA PAZ	16°31'	68°11'	4038	36	100	94	84	94	74	29	16	19	45	84	97	97
ELB	EL BELEN	16°04'	68°40'	3820	24	100	100	97	90	90	42	23	35	71	94	94	94
EUC	EUCALIPTUS	17°36'	67°31'	3728	19	100	100	100	100	96	69	38	50	73	100	100	100
HUA	HUACHACALLA	18°47'	68°16'	3740	5	100	100	100	100	100	40	30	60	60	100	100	100
HUAC	HUACULLANI (BOL.)	16°28'	68°44'	3880	5	100	100	67	56	89	50	0	13	11	67	89	100
886	HUACULLANI (PERU)	16°38'	69°20'	3960	3	100	100	100	100	83	33	0	17	33	67	100	83
786	HUANCANE	15°12'	69°45'	3890	25	97	100	68	81	42	23	6	13	16	61	94	97
885	HUAPACA SANTIAGO	16°24'	69°16'	3850	3	100	100	100	80	100	40	0	60	40	100	80	80
787	HUARAYA-MOHO	15°23'	69°28'	3890	23	94	87	52	68	48	10	3	0	0	29	61	90
HUR	HUARINA COTA COTA	16°12'	68°38'	3825	13	100	100	90	84	71	35	6	23	32	65	100	90
ICH	ICHUCOTA	16°10'	68°22'	4460	10	100	100	87	90	68	26	16	10	19	68	90	97
879	ILAVE	16°06'	69°38'	3880	17	100	97	81	94	71	42	13	10	23	68	97	97
IRP	IRPA CHICO	16°44'	68°22'	3880	3	100	97	94	97	87	61	23	39	61	87	90	100
SOL	ISLA DEL SOL	16°01'	69°09'	4027	5	97	84	65	71	65	39	6	16	19	48	97	100
880	JULI	16°13'	69°27'	3820	17	100	97	77	84	58	32	3	6	10	55	81	97
704	JULIACA	15°29'	70°09'	3826	18	100	97	94	77	65	39	16	13	19	61	94	90
763	LAGUNILLAS	15°46'	70°39'	4200	20	100	94	97	87	65	29	10	13	16	65	94	97
779	LAMPA	15°22'	70°22'	3890	23	100	97	84	71	58	23	10	0	19	48	100	94
761	LLALLY	14°56'	70°53'	3980	11	100	94	87	77	45	3	6	3	0	58	97	97
878	MAZO CRUZ	16°45'	69°43'	4050	23	100	94	100	94	77	45	23	29	32	84	100	100
785	MUÑANI	14°46'	69°57'	3948	22	100	100	71	74	48	29	3	6	23	45	100	97
ORI	ORINOCA	18°58'	67°15'	3780	5	100	100	100	100	100	40	30	70	90	100	100	100
ORU	ORURO	17°58'	67°04'	3702	38	100	97	94	100	100	65	45	61	74	94	100	100
762	PAMPAHUTA	15°29'	70°41'	4400	21	100	97	94	81	52	13	3	3	0	61	94	97
PAT	PATACAMAYA	17°15'	67°55'	3789	36	100	97	94	100	90	77	23	52	68	97	97	97
PAZ	PAZÑA	18°36'	66°56'	3710	10	100	100	90	100	100	40	30	40	50	90	100	100
881	PIZACOMA	16°54'	69°22'	3980	16	100	97	97	94	77	32	19	13	19	71	94	100
778	PROGRESO	14°42'	70°22'	3970	21	100	100	84	74	39	10	6	6	6	55	90	97
PUA	PUERTO ACOSTA	15°31'	69°15'	3835	7	94	90	65	61	65	26	0	6	23	48	74	97
708	PUNO	15°50'	70°01'	3812	27	100	97	94	84	71	35	13	6	10	52	94	97
RIO	RIO MULATOS	19 42'	66°45'	3809	2	100	100	100	100	100	53	72	69	71	100	100	100
SAJ	SAJAMA	18°08'	68°59'	4220	4	100	100	100	100	100	60	40	60	90	100	100	100
784	SALCEDO	15°53'	70°00'	3840	34	100	100	81	87	65	35	6	6	10	58	100	97
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	19 38'	67°41'	3860	26	100	100	100	100	100	58	50	65	85	100	100	100
SJU	SAN JUAN HUANCOLLO	16°36'	68°54'	3815	3	100	100	83	83	50	17	0	33	17	17	100	83
SHU	SANTIAGO DE HUATA	16°03'	68°49'	3850	5	100	90	84	68	71	13	16	23	61	77	71	87
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	17°04'	69°12'	3980	11	100	100	100	100	90	71	23	19	48	94	100	100
SIC	SICASICA	17°22'	67°45'	3820	42	100	97	97	100	87	65	39	55	77	97	100	97
TAC	TACAGUA	18°53'	66°47'	3720	17	100	100	92	100	96	19	46	54	65	100	100	100
TIA	TIAHUANACU	16°33'	68°41'	3629	16	97	97	81	87	68	39	13	13	26	68	87	100
VIA	VIACHA	16°39'	68°18'	3850	16	100	97	94	90	84	42	19	23	55	84	94	97
882	YUNGUYO	16°15'	69°05'	3850	16	100	97	81	81	52	13	0	3	6	52	71	94

(F) Estación fuera del sistema T.D.P.S.

TABLA 4.2.3 :

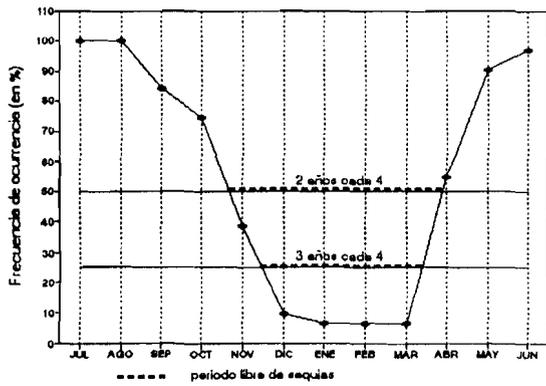
## PERIODO LIBRE DE SEQUIAS (en meses)

COD.	ESTACION	COORDENAD.		ALTIT. ( m )	Nº de Años	Frecuencia de ocurrencia			
		Lat. S	Long. W			50 % (1 año cada 2)		75 % (3 años cada 4)	
						Nº de meses	meses	Nº de meses	meses
783	ARAPA	15°09'	70°06'	3840	23	4	Dic,Ene,Feb,Mar	4	Dic,Ene,Feb,Mar
776	AYAVIRI	14°53'	70°36'	3900	21	6	Nov,Dic,Ene,Feb,Mar,Abr	4	Dic,Ene,Feb,Mar
AYO	AYO AYO	17°05'	68°00'	3856	19	1	Ene	0	Ninguno
781	AZANGARO	14°55'	70°12'	3860	13	4	Dic,Ene,Feb,Mar	4	Dic,Ene,Feb,Mar
780	CABANILLAS	15°39'	70°22'	3850	26	4	Dic,Ene,Feb,Mar	3	Ene,Feb,Mar
CAL	GALACOTO	17°17'	68°38'	3805	17	2	Ene,Feb	0	Ninguno
CAM	CALAMARCA	16°54'	68°08'	3954	16	1	Ene	0	Ninguno
788	CAPACHICA	15°40'	69°49'	3838	12	5	Dic,Ene,Feb,Mar,Abr	4	Dic,Ene,Feb,Mar
CAR	CARACOLLO	17°38'	67°13'	3770	9	1	Dic	0	Ninguno
CHC	CHACALTAYA	16°21'	68°08'	5220	8	4	Dic,Ene,Feb,Mar	1	Ene
CHR	CHARAÑA	17°35'	69°26'	4054	30	2	Ene,Feb	0	Ninguno
784	CHUQUIBAMBILLA	14°48'	70°44'	3970	17	6	Nov,Dic,Ene,Feb,Mar,Abr	4	Dic,Ene,Feb,Mar
CHU	CHUQUIÑA	17°48'	67°27'	3775	20	2	Ene,Feb	0	Ninguno
COL	COLLANA	16°54'	68°20'	3940	18	4	Dic,Ene,Feb,Mar	2	Ene,Feb
COM	COMANCHE	16°57'	68°55'	4055	21	4	Dic,Ene,Feb,Mar	2	Ene,Feb
COP	COPACABANA	16°08'	69°04'	3843	18	5	Dic,Ene,Feb,Mar,Abr	3	Ene,Feb,Mar
COR	CORQUE	18°21'	67°41'	3929	3	1	Ene	1	Ene
DES	DESAGUADERO(BOL.)	16°34'	69°03'	3803	14	4	Dic,Ene,Feb,Mar	3	Ene,Feb,Mar
883	DESAGUADERO(PERU)	16°34'	69°02'	3812	25	4	Dic,Ene,Feb,Mar	3	Ene,Feb,Mar
ELA	EL ALTO LA PAZ	16°31'	68°11'	4038	36	4	Dic,Ene,Feb,Mar	2	Ene,Feb
ELB	EL BELEN	16°04'	68°40'	3820	24	3	Dic,Ene,Feb	1	Ene
EUC	EUCALIPTUS	17°36'	67°31'	3728	19	1	Ene	0	Ninguno
HUA	HUACHACALLA	18°47'	68°16'	3740	5	2	Dic,Ene	0	Ninguno
HUÁC	HUACULLANI (BOL.)	16°28'	68°44'	3880	5	3	Ene,Feb,Mar	3	Ene,Feb,Mar
886	HUACULLANI (PERU)	16°38'	69°20'	3960	3	4	Dic,Ene,Feb,Mar	2	Ene,Feb
786	HUANCANE	15°12'	69°45'	3890	25	5	Nov,Dic,Ene,Feb,Mar	4	Dic,Ene,Feb,Mar
885	HUAPACA SANTIAGO	16°24'	69°16'	3850	3	4	Dic,Ene,Mar,Abr	1	Ene
787	HUARAYA-MOHO	15°23'	69°28'	3890	23	6	Nov,Dic,Ene,Feb,Mar,Abr	4	Dic,Ene,Feb,Mar
HUR	HUARINA COTA COTA	16°12'	68°38'	3825	13	4	Dic,Ene,Feb,Mar	2	Ene,Feb
ICH	ICHUCOTA	16°10'	68°22'	4460	10	4	Dic,Ene,Feb,Mar	3	Ene,Feb,Mar
879	ILAVE	16°06'	69°38'	3880	17	4	Dic,Ene,Feb,Mar	3	Ene,Feb,Mar
IRP	IRPA CHICO	16°44'	68°22'	3880	3	2	Ene,Feb	1	Ene
SOL	ISLA DEL SOL	16°01'	69°09'	4027	5	5	Dic,Ene,Feb,Mar,Abr	3	Ene,Feb,Mar
880	JULI	16°13'	69°27'	3820	17	4	Dic,Ene,Feb,Mar	3	Ene,Feb,Mar
704	JULIACA	15°29'	70°09'	3826	18	4	Dic,Ene,Feb,Mar	3	Ene,Feb,Mar
783	LAGUNILLAS	15°46'	70°39'	4200	20	4	Dic,Ene,Feb,Mar	3	Ene,Feb,Mar
779	LAMPA	15°22'	70°22'	3890	23	5	Dic,Ene,Feb,Mar,Abr	4	Dic,Ene,Feb,Mar
761	LLALLY	14°56'	70°53'	3980	11	5	Nov,Dic,Ene,Feb,Mar	4	Dic,Ene,Feb,Mar
878	MAZO CRUZ	16°45'	69°43'	4050	23	4	Dic,Ene,Feb,Mar	1	Ene
785	MUÑANI	14°46'	69°57'	3948	22	6	Nov,Dic,Ene,Feb,Mar,Abr	3	Ene,Feb,Mar
ORI	ORINOCA	18°58'	67°15'	3780	5	2	Dic,Ene	0	Ninguno
ORU	ORURO	17°58'	67°04'	3702	38	1	Ene	0	Ninguno
762	PAMPAHUTA	15°29'	70°41'	4400	21	4	Dic,Ene,Feb,Mar	4	Dic,Ene,Feb,Mar
PAT	PATACAMAYA	17°15'	67°55'	3789	36	1	Ene	1	Ene
PAZ	PAZÑA	18°36'	66°56'	3710	10	3	Dic,Ene,Feb	0	Ninguno
881	PIZACOMA	16°54'	69°22'	3980	16	4	Dic,Ene,Feb,Mar	3	Ene,Feb,Mar
778	PROGRESO	14°42'	70°22'	3970	21	5	Nov,Dic,Ene,Feb,Mar	4	Dic,Ene,Feb,Mar
PUA	PUERTO ACOSTA	15°31'	69°15'	3835	7	5	Dic,Ene,Feb,Mar,Abr	3	Ene,Feb,Mar
708	PUNO	15°50'	70°01'	3812	27	4	Dic,Ene,Feb,Mar	3	Ene,Feb,Mar
RIO	RIO MULATOS	19 42'	66°45'	3809	2	0	Ninguno	0	Ninguno
SAJ	SAJAMA	18°08'	68°59'	4220	4	1	Ene	0	Ninguno
784	SALCEDO	15°53'	70°00'	3840	34	4	Dic,Ene,Feb,Mar	3	Ene,Feb,Mar
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	19 38'	67°41'	3860	26	0	Ninguno	0	Ninguno
SJU	SAN JUAN HUANCOLLO	16°36'	68°54'	3815	3	5	Dic,Ene,Feb,Mar,Abr	4	Dic,Ene,Mar,Abr
SHU	SANTIAGO DE HUATA	16°03'	68°49'	3850	5	3	Dic,Ene,Feb	3	Dic,Ene,Feb
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	17°04'	69°12'	3980	11	3	Ene,Feb,Mar	2	Ene,Feb
SIC	SICASICA	17°22'	67°45'	3820	42	1	Ene	0	Ninguno
TAC	TACAGUA	18°53'	66°47'	3720	17	2	Dic,Ene	1	Dic
TIA	TIAHUANACU	16°33'	68°41'	3629	16	4	Dic,Ene,Feb,Mar	2	Ene,Feb
VIA	VIACHA	16°39'	68°18'	3850	16	3	Dic,Ene,Feb	2	Ene,Feb
882	YUNGUYO	16°15'	69°05'	3850	16	4	Dic,Ene,Feb,Mar	4	Dic,Ene,Feb,Mar

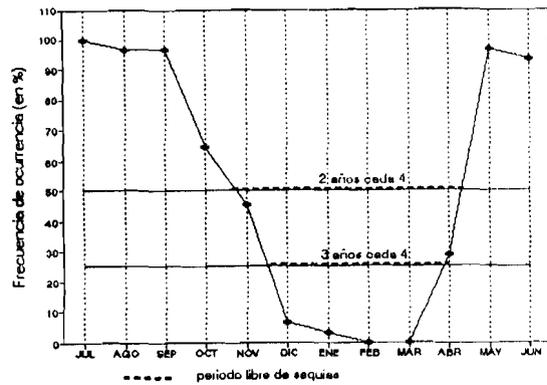
(F) Estación fuera del sistema T.D.P.S.

**Fig. N° 4.2.1 : FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE SEQUIAS**

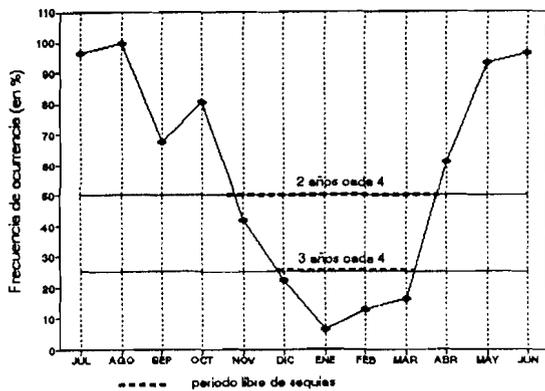
ESTACION : PROGRESO (778)  
PERIODO : 1964 - 1990



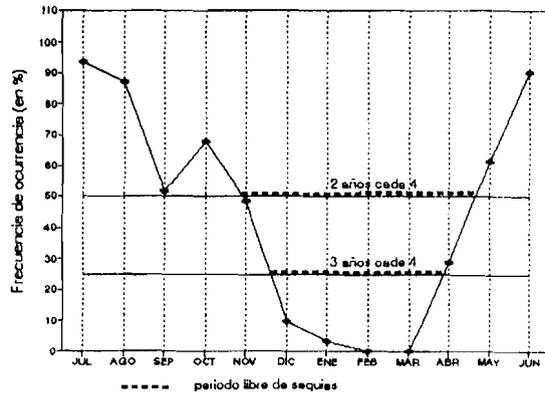
ESTACION : CHUQUIBAMBILLA (764)  
PERIODO : 1939 - 1990



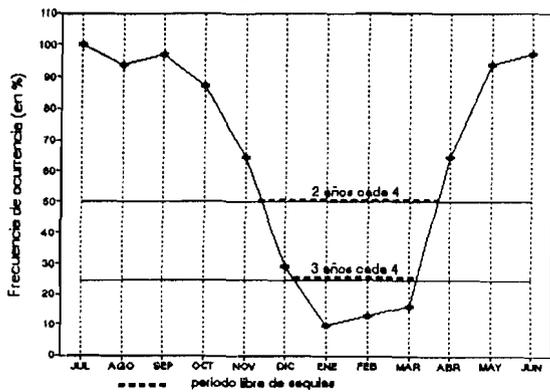
ESTACION : HUANCANE (786)  
PERIODO : 1964 - 1990



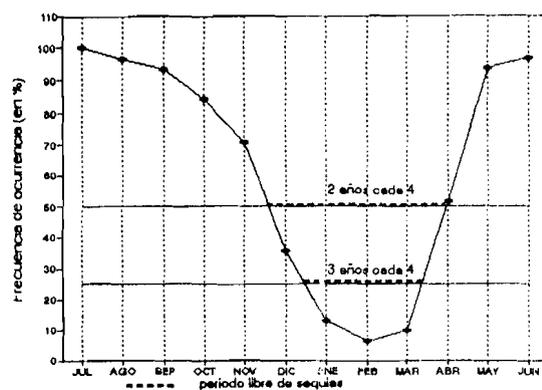
ESTACION : HUARAYA MOHO (787)  
PERIODO : 1956 - 1990



ESTACION : LAGUNILLAS (763)  
PERIODO : 1962 - 1990

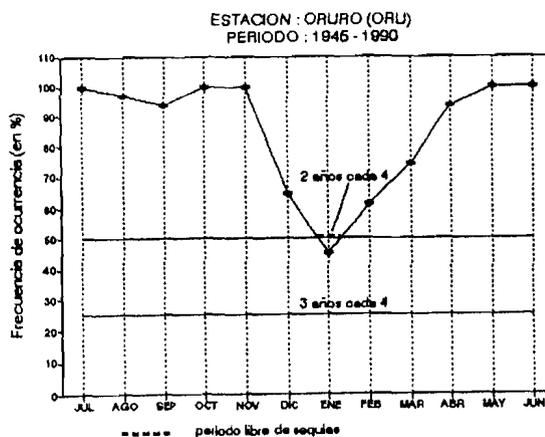
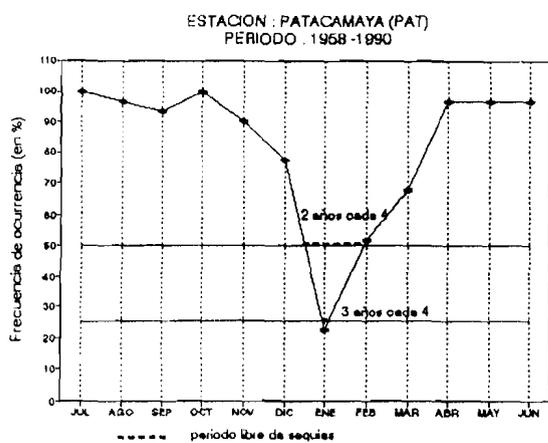
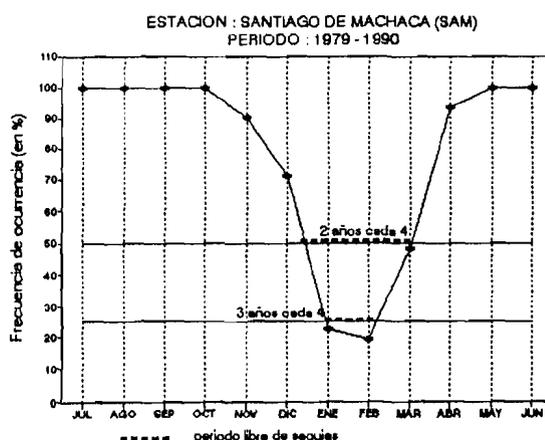
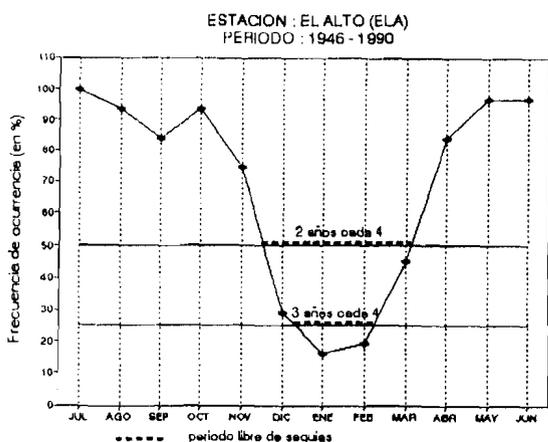
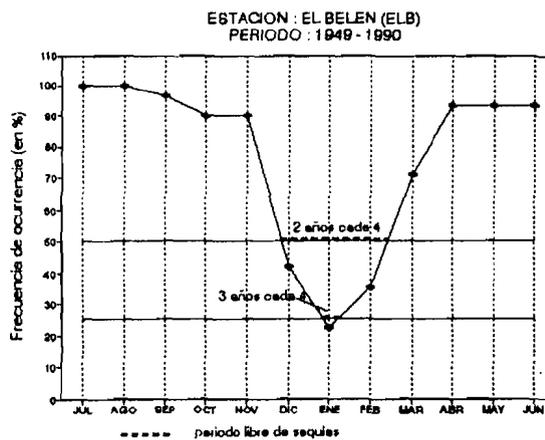
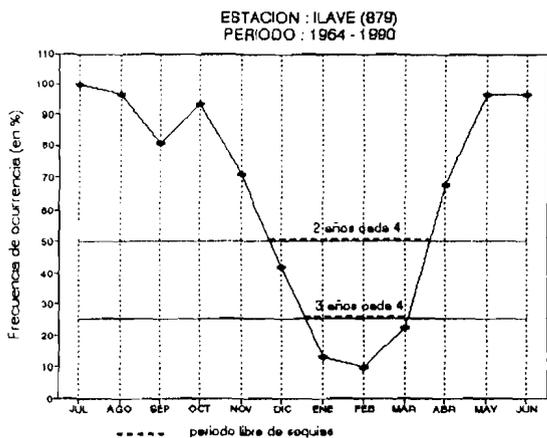


ESTACION : PUNO (708)  
PERIODO : 1964 - 1990



Continua...

Fig. N° 4.2.1 : FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE SEQUIAS



siendo,  $P(H)$  la probabilidad de ocurrencia de un período libre de heladas y  $P(S)$  la probabilidad de ocurrencia de un período libre de sequías, ( se supone que  $H$  y  $S$  son dos sucesos independientes).

La tabla 4.2.4 resume la ocurrencia de heladas y sequías, expresada en porcentaje y la tabla 4.2.5 indica el período de heladas y sequías en meses.

#### 4.2.3 Descripción climática y sus posibilidades agrícolas

Al utilizar el plano de "Período libre de heladas y sequías" (Plano N° 16), se debe tener presente que el mapa está confeccionado sobre una base de 50% de probabilidad de ocurrencia. Por ejemplo, el número de 3 meses significa que en promedio uno de cada dos años no habrá helada ni sequía en este trimestre. Si se requiere de mayor confianza o exactitud, se debe consultar con los datos de probabilidad y trazar nuevas líneas puesto que éstas cambian de posición en el plano, así tendremos que para una probabilidad mayor (75%), el riesgo de ocurrencia de heladas y sequías será menor, pero disminuye también el número de meses aptos para la agricultura.

La distribución espacial del número de meses sin heladas ni sequías se encuentra en el plano N° 16. Las isolíneas indican que: La zona de Huaraya Moho, Isla del Sol y Copacabana señalan 5 meses (Diciembre a Abril) sin heladas ni sequías. Las zonas de Progreso, Azángaro, Arapa, Cabanillas, Puno, Juli, Yunguyo y Puerto Acosta, todas ellas zonas cercanas al Lago Titicaca y Arapa, presentan 4 meses (Diciembre a Marzo) sin riesgo de heladas y sequías. Estas zonas son fácilmente identificables como zonas en las cuales la regulación térmica e influencia hídrica del lago es pronunciada y lógicamente tienen el potencial agrícola más elevado en el sistema T.D.P.S.

Conforme nos alejamos del lago ( isolíneas de 2 y 3 meses), la agricultura se encuentra más limitada por cuanto existe el riesgo que los cultivos sean afectados por las primeras o últimas heladas, o en su defecto sean afectadas por una falta de precipitación.

Finalmente las zonas más lejanas a los lagos y zonas de mayor altitud (isolíneas menores a 1 mes), son casi en su totalidad zonas agrícolamente improductivas, si no es en condiciones muy protegidas y con sistema de riego artificial.

**TABLA 4.2.4 : FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE HELADAS O SEQUIAS (en %)**

COD.	ESTACION	COORDENADAS		ALTIT. ( m )	Nº de Años	Frecuencia de ocurrencia de heladas o sequias (en %)											
		Lat. S	Long. W			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
783	ARAPA	15°09'	70°06'	3840	23	100	100	96	89	76	22	17	6	23	80	100	100
776	AYAVIRI	14°53'	70°36'	3900	21	100	100	100	99	93	80	35	59	60	95	100	100
AYO	AYO AYO	17°05'	68°00'	3856	19	100	100	100	100	100	88	54	70	88	100	100	
781	AZANGARO	14°55'	70°12'	3860	13	100	100	100	95	80	20	12	15	34	94	100	100
780	CABANILLAS	15°39'	70°22'	3850	26	100	100	100	98	80	37	17	13	23	89	100	100
CAL	CALACOTO	17°17'	68°38'	3805	17	100	100	100	100	100	96	50	70	96	100	100	100
CAM	CALAMARCA	16°54'	68°08'	3954	16	100	100	97	100	97	75	39	52	81	93	100	100
788	CAPACHICA	15°40'	69°49'	3838	12	100	100	93	93	71	34	13	13	13	64	98	100
CAR	CARACOLLO	17°38'	67°13'	3770	9	100	100	100	100	100	53	70	61	78	100	100	100
CHC	CHACALTAYA	16°21'	68°08'	5220	8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
CHR	CHARAÑA	17°35'	69°26'	4054	30	100	100	100	100	100	100	97	97	99	100	100	100
764	CHUQUIBAMBILLA	14°48'	70°44'	3970	17	100	100	100	99	99	96	72	79	83	100	100	100
CHU	CHUQUIÑA	17°48'	67°27'	3775	20	100	100	98	100	100	79	48	44	74	100	100	100
COL	COLLANA	16°54'	68°20'	3940	18	100	100	99	99	86	54	23	21	57	97	100	100
COM	COMANCHE	16°57'	68°55'	4055	21	100	100	100	100	100	97	57	80	97	100	100	100
COP	COPACABANA	16°08'	69°04'	3843	18	98	98	60	72	58	29	0	6	16	41	83	90
COR	CORQUE	18°21'	67°41'	3929	3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
DES	DESAGUADERO(BOL.)	16°34'	69°03'	3803	14	100	100	100	100	95	63	25	18	40	98	99	100
883	DESAGUADERO(PERU)	16°34'	69°02'	3812	25	100	100	100	99	89	59	22	27	33	95	100	100
ELA	EL ALTO LA PAZ	16°31'	68°11'	4038	36	100	100	100	100	87	55	36	27	63	96	100	100
ELB	EL BELEN	16°04'	68°40'	3820	24	100	100	100	100	99	65	49	56	88	100	100	100
EUC	EUCALIPTUS	17°36'	67°31'	3728	19	100	100	100	100	98	72	38	52	76	100	100	100
HUA	HUACHACALLA	18°47'	68°16'	3740	5	100	100	100	100	100	100	86	100	92	100	100	100
HUAC	HUACULLANI (BOL.)	16°28'	68°44'	3880	5	100	100	100	85	100	75	0	27	41	100	100	100
886	HUACULLANI (PERU)	16°38'	69°20'	3960	3	100	100	100	100	100	78	0	72	56	100	100	100
786	HUANCAN	15°12'	69°45'	3890	25	100	100	100	96	73	46	34	29	53	89	100	100
885	HUAPACA SANTIAGO	16°24'	69°16'	3850	3	100	100	100	100	100	52	0	90	70	85	100	100
787	HUARAYA-MOHO	15°23'	69°28'	3890	23	100	99	87	72	55	10	6	0	9	42	95	100
HUR	HUARINA COTA COTA	16°12'	68°38'	3825	13	100	100	100	100	86	57	23	36	72	100	100	100
ICH	ICHUCOTA	16°10'	68°22'	4460	10	100	100	100	100	100	69	66	59	71	94	100	100
879	ILAVE	16°06'	69°38'	3880	17	100	100	100	98	87	61	21	23	34	92	100	100
IRP	IRPA CHICO	16°44'	68°22'	3880	3	100	100	100	100	100	100	85	39	85	100	100	100
SOL	ISLA DEL SOL	16°01'	69°09'	4027	5	97	86	65	71	65	39	6	16	19	48	97	100
880	JULI	16°13'	69°27'	3820	17	100	100	96	94	68	35	7	14	17	81	97	100
704	JULIACA	15°29'	70°09'	3826	18	100	100	100	100	94	82	44	42	65	97	100	100
763	LAGUNILLAS	15°46'	70°39'	4200	20	100	100	100	100	100	100	94	97	94	100	100	100
779	LAMPA	15°22'	70°22'	3890	23	100	100	100	100	97	94	43	65	82	98	100	100
761	LLALLY	14°56'	70°53'	3980	11	100	100	100	100	100	100	79	76	100	100	100	100
878	MAZO CRUZ	16°45'	69°43'	4050	23	100	100	100	100	100	100	97	86	100	100	100	100
785	MUÑANI	14°46'	69°57'	3948	22	100	100	100	95	79	46	30	25	63	91	100	100
ORI	ORINCOCA	18°58'	67°15'	3780	5	100	100	100	100	100	100	80	96	98	100	100	100
ORU	ORURO	17°58'	67°04'	3702	38	100	100	100	100	100	85	61	69	87	100	100	100
762	PAMPAHUTA	15°29'	70°41'	4400	21	100	100	100	100	98	100	100	100	100	100	100	100
PAT	PATACAMAYA	17°15'	67°55'	3789	36	100	100	99	100	97	85	39	66	83	100	100	100
PAZ	PAZÑA	18°36'	66°56'	3710	10	100	100	100	100	100	91	70	61	93	100	100	100
881	PIZACOMA	16°54'	69°22'	3980	16	100	100	100	100	100	95	52	65	95	100	100	100
778	PROGRESO	14°42'	70°22'	3970	21	100	100	99	93	62	20	14	10	22	84	100	100
PUA	PUERTO ACOSTA	15°31'	69°15'	3835	7	100	100	92	61	69	26	0	6	23	71	97	100
708	PUNO	15°50'	70°01'	3812	27	100	100	99	92	78	35	13	6	16	82	100	100
RIO	RIO MULATOS	19 42'	66°45'	3809	2	100	100	100	100	100	88	79	77	79	100	100	100
SAJ	SAJAMA	18°08'	68°59'	4220	4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
784	SALCEDO	15°53'	70°00'	3840	34	100	100	98	99	92	69	35	20	37	98	100	100
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	19 38'	67°41'	3860	26	100	100	100	100	100	82	62	80	95	100	100	100
SJU	SAN JUAN HUANCOLLO	16°36'	68°54'	3815	3	100	100	93	93	88	58	25	50	38	38	100	93
SHU	SANTIAGO DE HUATA	16°03'	68°49'	3850	5	100	100	100	94	77	13	16	38	77	83	100	100
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	17°04'	69°12'	3980	11	100	100	100	100	99	93	51	71	91	99	100	100
SIC	SICASICA	17°22'	67°45'	3820	42	100	99	98	100	89	65	39	56	79	98	100	100
TAC	TACAGUA	18°53'	66°47'	3720	17	100	100	99	100	97	25	48	54	68	100	100	100
TIA	TIAHUANACU	16°33'	68°41'	3629	16	100	100	100	100	98	69	36	42	79	98	100	100
VIA	VIACHA	16°39'	68°18'	3850	16	100	100	100	100	94	62	43	46	81	99	100	100
882	YUNGUYO	16°15'	69°05'	3850	16	100	100	98	99	77	29	11	26	27	87	100	100

(F) Estación fuera del sistema T.D.P.S.

TABLA 4.2.5 :

PERIODO LIBRE DE HELADAS Y SEQUIAS (en meses)

COD.	ESTACION	COORDENAD.		ALTIT. ( m )	Nº de Años	Frecuencia de ocurrencia			
		Lat. S	Long. W			50 % (1 año cada 2)		75 % (3 años cada 4)	
						Nº de meses	meses	Nº de meses	meses
783	ARAPA	15°09'	70°06'	3840	23	4	Dic,Ene,Feb,Mar	4	Dic,Ene,Feb,Mar
776	AYAVIRI	14°53'	70°36'	3900	21	1	Ene	0	Ninguno
AYO	AYO AYO	17°05'	68°00'	3856	19	0	Ninguno	0	Ninguno
781	AZANGARO	14°55'	70°12'	3860	13	4	Dic,Ene,Feb,Mar	3	Dic,Ene,Feb
780	CABANILLAS	15°39'	70°22'	3850	26	4	Dic,Ene,Feb,Mar	3	Ene,Feb,Mar
CAL	CALACOTO	17°17'	68°38'	3805	17	1	Ene	0	Ninguno
CAM	CALAMARCA	16°54'	68°08'	3954	16	1	Ene	0	Ninguno
788	CAPACHICA	15°40'	69°49'	3838	12	4	Dic,Ene,Feb,Mar	3	Ene,Feb,Mar
CAR	CARACOLLO	17°38'	67°13'	3770	9	0	Ninguno	0	Ninguno
CHC	CHACALTAYA	16°21'	68°08'	5220	8	0	Ninguno	0	Ninguno
CHR	CHARAÑA	17°35'	69°26'	4054	30	0	Ninguno	0	Ninguno
764	CHUQUIBAMBILLA	14°48'	70°44'	3970	17	0	Ninguno	0	Ninguno
CHU	CHUQUIÑA	17°48'	67°27'	3775	20	2	Ene,Feb	0	Ninguno
COL	COLLANA	16°54'	68°20'	3940	18	2	Ene,Feb	2	Ene,Feb
COM	COMANCHE	16°57'	68°55'	4055	21	0	Ninguno	0	Ninguno
COP	COPACABANA	16°08'	69°04'	3843	18	5	Dic,Ene,Feb,Mar,Abr	3	Ene,Feb,Mar
COR	CORQUE	18°21'	67°41'	3929	3	0	Ninguno	0	Ninguno
DES	DESAGUADERO(BOL.)	16°34'	69°03'	3803	14	3	Ene,Feb,Mar	1	Feb
883	DESAGUADERO(PERU)	16°34'	69°02'	3812	25	3	Ene,Feb,Mar	1	Ene
ELA	EL ALTO LA PAZ	16°31'	68°11'	4038	36	2	Ene,Feb	0	Ninguno
ELB	EL BELEN	16°04'	68°40'	3820	24	1	Ene	0	Ninguno
EUC	EUCALIPTUS	17°36'	67°31'	3728	19	1	Ene	0	Ninguno
HUA	HUACHACALLA	18°47'	68°16'	3740	5	0	Ninguno	0	Ninguno
HUAC	HUACULLANI (BOL.)	16°28'	68°44'	3880	5	3	Ene,Feb,Mar	1	Ene
886	HUACULLANI (PERU)	16°38'	69°20'	3960	3	1	Ene	1	Ene
786	HUANCANE	15°12'	69°45'	3890	25	3	Ene,Feb,Mar	0	Ninguno
885	HUAPACA SANTIAGO	16°24'	69°16'	3850	3	1	Ene	1	Ene
787	HUARAYA-MOHO	15°23'	69°28'	3890	23	5	Dic,Ene,Feb,Mar,Abr	4	Dic,Ene,Feb,Mar
HUR	HUARINA COTA COTA	16°12'	68°38'	3825	13	2	Ene,Feb	1	Ene
ICH	ICHUCOTA	16°10'	68°22'	4460	10	0	Ninguno	0	Ninguno
879	ILAVE	16°06'	69°38'	3880	17	3	Ene,Feb,Mar	2	Ene,Feb
IRP	IRPA CHICO	16°44'	68°22'	3880	3	1	Feb	0	Ninguno
SOL	ISLA DEL SOL	16°01'	69°09'	4027	5	5	Dic,Ene,Feb,Mar,Abr	3	Ene,Feb,Mar
880	JULI	16°13'	69°27'	3820	17	4	Dic,Ene,Feb,Mar	3	Ene,Feb,Mar
704	JULIACA	15°29'	70°09'	3826	18	2	Ene,Feb	0	Ninguno
763	LAGUNILLAS	15°46'	70°39'	4200	20	0	Ninguno	0	Ninguno
779	LAMPA	15°22'	70°22'	3890	23	1	Ene	0	Ninguno
761	LLALLY	14°56'	70°53'	3980	11	0	Ninguno	0	Ninguno
878	MAZO CRUZ	16°45'	69°43'	4050	23	0	Ninguno	0	Ninguno
785	MUÑANI	14°46'	69°57'	3948	22	3	Dic,Ene,Feb	0	Ninguno
ORI	ORINCOCA	18°58'	67°15'	3780	5	0	Ninguno	0	Ninguno
ORU	ORURO	17°58'	67°04'	3702	38	0	Ninguno	0	Ninguno
762	PAMPAHUTA	15°29'	70°41'	4400	21	0	Ninguno	0	Ninguno
PAT	PATACAMAYA	17°15'	67°55'	3789	36	1	Ene	0	Ninguno
PAZ	PAZÑA	18°36'	66°56'	3710	10	0	Ninguno	0	Ninguno
881	PIZACOMA	16°54'	69°22'	3980	16	0	Ninguno	0	Ninguno
778	PROGRESO	14°42'	70°22'	3970	21	4	Dic,Ene,Feb,Mar	4	Dic,Ene,Feb,Mar
PUA	PUERTO ACOSTA	15°31'	69°15'	3835	7	4	Dic,Ene,Feb,Mar	3	Ene,Feb,Mar
708	PUNO	15°50'	70°01'	3812	27	4	Dic,Ene,Feb,Mar	3	Ene,Feb,Mar
RIO	RIO MULATOS	19 42'	66°45'	3809	2	0	Ninguno	0	Ninguno
SAJ	SAJAMA	18°08'	68°59'	4220	4	0	Ninguno	0	Ninguno
784	SALCEDO	15°53'	70°00'	3840	34	3	Ene,Feb,Mar	1	Feb
SAL	SALINAS DE G. M. (F)	19 38'	67°41'	3860	26	0	Ninguno	0	Ninguno
SJU	SAN JUAN HUANCOLLO	16°36'	68°54'	3815	3	3	Ene,Mar,Abr	0	Ninguno
SHU	SANTIAGO DE HUATA	16°03'	68°49'	3850	5	3	Dic,Ene,Feb	2	Dic,Ene
SAM	SANTIAGO DE MACHACA	17°04'	69°12'	3980	11	0	Ninguno	0	Ninguno
SIC	SICASICA	17°22'	67°45'	3820	42	1	Ene	0	Ninguno
TAC	TACAGUA	18°53'	66°47'	3720	17	2	Dic,Ene	0	Ninguno
TIA	TIAHUANACU	16°33'	68°41'	3629	16	2	Ene,Feb	0	Ninguno
VIA	VIACHA	16°39'	68°18'	3850	16	2	Ene,Feb	0	Ninguno
882	YUNGUYO	16°15'	69°05'	3850	16	4	Dic,Ene,Feb,Mar	1	Ene

(F) Estación fuera del sistema T.D.P.S.

La clasificación presentada en 4.1, complementada con el análisis de la helada y sequía puede servir de base para establecer zonas climáticamente análogas (homoclimas) para un plan de ordenación de cultivos, introducción e intercambio de variedades y otros aspectos de gran importancia en la técnica agronómica.