



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura



Programa Hidrológico Internacional



Balance hídrico superficial del Perú a nivel multianual

phi - LAC

Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO
para América Latina y el Caribe

PHI-VI / Documento Técnico N° 1



Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos



REPUBLICA DEL PERU



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura



Programa Hidrológico Internacional

Balance Hídrico Superficial del Perú a nivel multianual

..... Documento Técnico del PHI - LAC N° 1



Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos



REPUBLICA DEL PERU

Publicado en el 2006 por el Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

Dr. Luis P. Piera 1992, 2º piso, 11200 Montevideo, Uruguay

Documento Técnico del PHI-LAC, N° 1
ISBN 92-9089-084-3

© UNESCO 2006

Las denominaciones que se emplean en esta publicación y la presentación de los datos que en ella figura no suponen por parte de la UNESCO la adopción de postura alguna en lo que se refiere al estatuto jurídico de los países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, no en cuanto a sus fronteras o límites. Las ideas y opiniones expresadas en esta publicación son las de los autores y no representan, necesariamente, el punto de vista de la UNESCO.

Se autoriza la reproducción, a condición de que la fuente se mencione en forma apropiada, y se envíe copia a la dirección abajo citada. Este documento debe citarse como:

UNESCO, 2006. Balance hídrico superficial del Perú a nivel multianual.
Documentos Técnicos del PHI-LAC, N°1.

Dentro del límite de la disponibilidad, copias gratuitas de esta publicación pueden ser solicitadas a:

Programa Hidrológico Internacional
para América Latina y el Caribe (PHI-LAC)
Oficina Regional de Ciencia para América
Latina y el Caribe
UNESCO
Dr. Luis P. Piera 1992, 2º piso
11200 Montevideo, Uruguay
Tel.: + 598 2 413 20 75
Fax: + 598 2 413 20 94
E-mail: phi@unesco.org.uy
<http://www.unesco.org.uy/phi>

I N D I C E

RESUMEN	5
I. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	
1.1 INTRODUCCIÓN	7
1.2 OBJETIVOS	7
1.2.1 Generales	7
1.2.2 Especificos	8
1.3 JUSTIFICACIÓN	8
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
2.1 BALANCE HÍDRICO	9
2.1.1 Entradas	9
2.1.2 Salidas	9
2.1.3 Reserva	10
2.2 DEFINICIONES	11
2.2.1 Ciclo Hidrológico	11
2.2.2 Sistema Hidrológico	12
2.2.3 Hidrograma	12
2.2.4 Precipitación	13
2.2.5 Evapotranspiración	14
III. ASPECTOS GENERALES	
3.1 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS	17
3.1.1 Ubicación	17
3.1.2 Extensión	17
3.1.3 Superficie	18
3.2 CARACTERÍSTICAS SOCIALES	19
3.2.1 Población	19
3.3 EL PERÚ EN SU CONTEXTO	19
3.3.1 Perú: País Andino Central	19
3.3.2 Perú: País Bioceánico	19
3.3.3 Perú: Eje Amazónico	20
3.3.4 Perú: Eje Medio de la Cuenca del Pacífico	20
3.3.5 Perú: País Antártico	21
3.3.6 Perú: y los Países Industrializados	21
3.4 LAS REGIONES NATURALES	21
3.4.1 Las Ocho Regiones	23
3.4.2 Las Ecorregiones	23
3.5 EL RELIEVE	26
3.6 EL CLIMA	29
3.6.1 Tipos de Clima	29
3.7 EL SUELO	32
3.7.1 Grupos	32
3.7.2 Clases	35
3.7.3 Subclases	35
3.8 EL AGUA	35
3.8.1 Vertiente del Pacífico	35
3.8.2 La Cuenca del Amazonas	41
3.8.3 La Hoya del Titicaca	44
3.9 HETEROGENEIDAD O DIVERSIDAD BIOLÓGICA EN EL PERÚ	47
3.9.1 Flora	47

3.9.2 Fauna	49
3.9.3 Áreas Protegidas	50
3.9.4 Ecosistemas especiales	53
3.9.5 Ordenamiento Forestal	56
3.9.6 Degradación Forestal y Rehabilitación en Perú	57
IV. APROVECHAMIENTO SECTORIAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS	
4.1 AGRICULTURA Y RIEGO (AGROPECUARIO)	58
4.2 APROVECHAMIENTO POBLACIONAL	59
4.3 APROVECHAMIENTO MINERO	60
4.4 APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL	60
4.5 APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO	62
4.6 APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	63
4.7 APROVECHAMIENTO EN EL SECTOR PESQUERO	66
V. MATERIALES Y MÉTODOS	
5.1 AREA DE ESTUDIO	68
5.2 INFORMACIÓN REQUERIDA Y EQUIPOS	69
5.2.1 Selección de Información	69
5.3 METODOLOGÍA	70
5.3.1 Análisis de la precipitación	71
5.3.2 Análisis de la Temperatura	73
5.3.3 Determinación de la Evapotranspiración	73
5.3.4 Análisis de Caudales	76
5.3.5 Determinación de Isolíneas	78
5.4 BALANCE HÍDRICO	78
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES	
6.1 RESULTADOS	79
6.1.1 Análisis de la Precipitación	79
6.1.2 Análisis de la Temperatura	89
6.1.3 Determinación de la Evapotranspiración	95
6.1.4 Determinación de la Escorrentía Multianual	98
6.1.5 Determinación de Mapas de Isolíneas	104
6.1.6 Determinación del Balance Hídrico Superficial	106
6.2 DISCUSIÓN	106
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1 CONCLUSIONES	108
7.2 RECOMENDACIONES	110
VIII. BIBLIOGRAFÍA	
BIBLIOGRAFÍA	111
IX. ANEXOS	
9.1 ANEXO DE TABLAS	117
9.2 ANEXO DE FIGURAS	121
9.3 ANEXO DE MAPAS	126

RESUMEN

El estudio de Balance Hídrico Superficial del Perú, desarrollado por el SENAMHI a través de la Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos, en base a la información Meteorológica e Hidrológica que se ha registrado en cada una de las estaciones que opera el servicio, ha permitido caracterizar y zonificar el comportamiento, variabilidad y tendencia de las variables hidrometeorológicas seleccionadas.

La zona de estudio comprende el territorio peruano, que cubre una superficie total de 1'285 215 km², está ubicado en la costa central del continente Sudamericano, entre las coordenadas geográficas:

- Longitud oeste: 81° 19' 35" y 68° 30' 11"
- Longitud sur: 0° 01' 48" y 18° 21' 05"

Compuesta por 24 departamentos, con una población según INEI en su última proyección al 30 de junio de 2004; de 27'546 574 habitantes; concentrada principalmente en la costa peruana.

Dicho balance, permitirá conocer y planificar un adecuado manejo a nivel espacial y temporal del agua superficial; en apoyo a los diferentes sectores productivos usuarios de este recurso. Para el análisis de las variables seleccionadas en el desarrollo del estudio, se ha requerido la selección de una red de estaciones con información de Precipitación, Temperatura y Caudal a nivel medio mensual y para el período comprendido entre 1969 y 2000.

Para el análisis, se ha seleccionado una red hidrometeorológica representativa para cada una de las variables:

- Precipitación: 167 estaciones
- Temperatura: 160 estaciones
- Caudal: 60 estaciones

El procesamiento y análisis de la precipitación, se inició con el proceso de consistenciado y homogenización de la serie histórica, completado de información y finalmente la determinación del gradiente pluviométrico. Esto ha permitido caracterizar y zonificar el régimen de precipitaciones a nivel nacional y por vertientes:

- Pacífico: fluctúan entre 0 mm y 750 mm, alcanzando un promedio multianual de 274,3 mm.
- Atlántico: fluctúan entre 0 mm y 5 500 mm, alcanzando un promedio multianual de 2 060,8 mm.
- Lago Titicaca: fluctúan entre 0 mm y 1 500 mm, alcanzando un promedio multianual de 813,5 mm.

Los mismos procesos de análisis desarrollados para la precipitación, fueron aplicados para consistenciar y uniformizar el período para la temperatura, lo que ha permitido conocer la distribución espacial y temporal del comportamiento térmico para las tres vertientes hidrográficas:

- Pacífico: fluctúa entre menos de 6 °C y 22 °C, alcanzando un promedio multianual de 16,61 °C.
- Atlántico: fluctúa entre menos de 6 °C y 26 °C, alcanzando un promedio multianual de 23,00 °C.
- Lago Titicaca: fluctúa entre menos de 6 °C y 14 °C, alcanzando un promedio multianual de 8,91 °C

El régimen de caudales, analizados en el presente estudio, contempló el procesamiento y análisis de la información registrada en la vertiente del Pacífico, la cual cuenta con estaciones hidrométricas equipadas para realizar aforo, mientras que en la vertiente del Atlántico sólo se cuenta con estaciones que registran variación de niveles de agua, por lo cual se ha realizado un análisis regional que permita generar valores en función del área de recepción en las principales cuencas amazónicas, lográndose de esta manera caracterizar el régimen hídrico superficial:

- Pacífico: fluctúa entre 0 mm y 650 mm, alcanzando un promedio multianual de 168,10 mm.
- Atlántico: fluctúa entre 0 mm y 3 850 mm, alcanzando un promedio multianual de 1 742,00 mm.
- Lago Titicaca: fluctúa entre 0 mm y 250 mm, alcanzando un promedio multianual de 89,00 mm.

Para conocer la pérdida de agua por efectos de la evaporación y transpiración, se ha seleccionado el método empírico de Thornthwaite (1948), el cual permite conocer la distribución y comportamiento de esta variable a nivel espacial, en función de la temperatura media mensual y de un factor conocido como Número de horas sol máximo. Todo este proceso ha permitido caracterizar el régimen de la evapotranspiración para cada vertiente, obteniéndose lo siguiente.

- Pacífico: fluctúa entre 500 mm y 1 100 mm, alcanzando un promedio multianual de 825,84 mm.
- Atlántico: fluctúa entre 500 mm y 1 700 mm, alcanzando un promedio multianual de 1 343,76 mm.
- Lago Titicaca: fluctúa entre 500 mm y 800 mm, alcanzando un promedio multianual de 589,94 mm.

La determinación del Balance Hídrico Superficial, ha permitido conocer cual es la distribución y disponibilidad del recurso agua para cada una de las vertientes, obteniéndose lo siguiente:

- Pacífico: fluctúa entre 0 mm y 500 mm, alcanzando un promedio multianual de 16,42 mm
- Atlántico: fluctúa entre 500 mm y 4 500 mm, alcanzando un promedio multianual de 2 696,56 mm.
- Lago Titicaca: fluctúa entre 0 mm y 500 mm, alcanzando un promedio multianual de 129,85 mm.

De los resultados obtenidos, observamos que la vertiente del Pacífico es la que presenta la mayor deficiencia de escurrimiento superficial, y la de mayor demanda de agua; para atender a los diferentes sectores usuarios de este importante recurso. En la vertiente del Atlántico sin embargo sucede todo lo contrario ya que la disponibilidad de agua superficial es la mayor en el territorio peruano, pero su demanda es mínima.

I. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Durante su vida sobre la tierra el hombre ha sido testigo, muchas veces sin entenderlo, del desarrollo del ciclo del agua en la naturaleza. La distribución de los climas, la formación de las nubes y su inestabilidad, la producción de las lluvias, la variación de los niveles de los ríos, y el almacenamiento de agua en depósitos superficiales o subterráneos son temas en cuyo estudio se ha venido profundizando a lo largo de los años, conformando una rama de la física que se conoce como Hidrología.

La Hidrología en su definición más simple es la ciencia que estudia la distribución, cuantificación y utilización de los recursos hídricos que están disponibles en el globo terrestre. Estos recursos se distribuyen en la atmósfera, la superficie terrestre y las capas del suelo. Las aguas dulces superficiales, componente principal del medio natural, han desempeñado y desempeñarán un papel de suma importancia para el hombre y la sociedad.

La necesidad de conocer la distribución y disponibilidad del recurso hídrico a nivel nacional, nos llevo a plantear y desarrollar el Balance Hídrico Superficial del Perú, que se sustenta en conocer cuanta del agua precipitada desde la atmósfera; llega a la superficie terrestre y genera escurrimiento superficial directo.

El Balance Hídrico, que relaciona las variables de precipitación, evapotranspiración y escurrimiento superficial, ha sido determinado a una escala temporal anual; cuyo período de registro esta comprendido entre 1969 - 1999 (31 años).

El procesamiento, análisis y cuantificación de cada una de las variables analizadas; ha permitido conocer su variabilidad y comportamiento a nivel espacial y temporal, permitiendo zonificar el estudio por vertiente y a nivel nacional.

En la determinación de la evapotranspiración, se seleccionó el método de Thornwaite, que nos ha permitido cuantificar; el agua que es evaporada, desde superficies libre y transpirada por los estomas de la cobertura vegetal, es devuelta hacia la atmósfera.

El presente estudio se complementa con información descriptiva y analítica de las condiciones hidrometeorológicas, geomorfológicas, edafológicas, agrícola, poblacional, forestal y uso del agua. Las que en forma integral permitirán un manejo eficiente y óptimo del recurso agua, en apoyo al desarrollo local, regional y nacional del país.

1.2 OBJETIVOS

El estudio forma parte de las iniciativas que viene realizando el SENAMHI, para conocer las características principales de nuestra realidad hídrica, como respuesta a la ocurrencia de los Cambios Climáticos, proceso que se ha desarrollado bajo dos aspectos:

1.2.1 Generales

Desarrollar y elaborar un documento técnico que contenga información procesada, analizada y cuantificada de los recursos hídricos superficiales a nivel nacional, en la cual se conozca cual es la

distribución y disponibilidad del recurso hídrico con el fin de desarrollar un manejo óptimo y sostenido en beneficio del desarrollo socio – económico de la población.

1.2.2 Específicos

- Caracterizar la distribución y comportamiento de las principales variables del ciclo hidrológico
- Determinar la pérdida de agua por efecto de la evaporación y transpiración, denominada evapotranspiración.
- Estimar la disponibilidad neta del recurso hídrico superficial en las tres vertientes hidrográficas, que conforman nuestro territorio nacional.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Para el desarrollo del Balance Hídrico Superficial, se evalúa las condiciones hidrológicas y meteorológicas del territorio peruano, con el fin de conocer la distribución, comportamiento y tendencia de cada una de las variables del ciclo hidrológico, consideradas en el presente análisis.

Dicho balance, permitirá conocer y planificar un adecuado manejo a nivel espacial y temporal del agua superficial; en apoyo a los diferentes sectores productivos que tengan en el recurso agua, su principal soporte de desarrollo, entre los cuales tenemos:

Desde el punto de vista agrícola, el balance ayudará a conocer las zonas con mayores deficiencias de recurso agua, permitiendo de esta manera planificar, desarrollar y aplicar métodos de riego que optimicen al máximo el agua; así como la construcción de reservorios de regulación diaria.

En la demanda población, la zonificación de áreas urbanas con deficiencia de recurso agua, permitirá el desarrollo de programas alternos para suplir el déficit de este recurso, dándole a la población seguridad y atención en el servicio de agua potable, en forma eficiente. Además de cuantificar las zonas vulnerables de ocurrencia de huaycos, desbordes e inundaciones y zonas de vertido de contaminación al río.

A nivel industrial, apoyar en la planificación para la ubicación de tareas óptimas para la instalación de industrias y asegurarle de esta manera una atención eficaz en el abastecimiento del recurso agua, así como un control de los vertidos industriales que se generen dentro de la industria.

En lo que respecta a la parte energética, se dispondría de un estudio que nos brindaría la disponibilidad de agua en la cuenca y su posible utilización en la generación de energía hidroeléctrica, para lo cual sería necesario realizar un estudio sobre condiciones y desniveles óptimos para la ubicación de mini centrales.

Es por ello que la elaboración, desarrollo y culminación de este importante estudio hidrológico, contribuirá a una mejor planificación de programas de desarrollo que busquen atender de una manera eficiente y óptima la distribución del recurso agua, en apoyo a la sostenibilidad socio – económica; a nivel local, regional y nacional.

Esperando que este aporte técnico, desarrollado por el SENAMHI; tenga la debida acogida y uso por todos los usuarios involucrados con el recurso agua, nos dará un mayor incentivo para seguir elaborando estudios que sustenten el apoyo del desarrollo del Perú.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La necesidad de conocer en forma cualitativa y cuantitativa la disponibilidad y distribución del recurso hídrico superficial, en el territorio nacional, conlleva a realizar una evaluación del sistema hidrológico, que se caracteriza por (Estrela, 1992):

- Su estructura, que determina su capacidad para contener y conducir agua: constituido por la red fluvial y los acuíferos.
- Las aportaciones de origen interno, procedentes de las precipitaciones.
- Las cantidades de aguas presentes en forma de almacenamiento o en movimiento (flujos).
- Las transferencias de agua: sistemas de transvases y abastecimiento.

2.1 BALANCE HÍDRICO

Las entradas a la ecuación detallada de balance hídrico comprenden la precipitación total (P), como lluvia y nieve que alcanza el terreno, y las importaciones de agua exteriores al sistema, superficial (Im) y subterráneas (Ima). Las salidas incluyen la evapotranspiración (ET) y los flujos superficial (A) y subterráneo (F) que salen de los límites de la cuenca (Estrela, 1992a).

2.1.1 Entradas

Los aportes naturales de agua recogidos por un territorio, cuenca en estudio (entradas al sistema) pueden tener dos orígenes:

- **Precipitaciones eficaces (P - ET):**
Se obtiene sustrayendo la acción de la evapotranspiración (ET) y retenciones a las precipitaciones totales (P), y que a su vez provocan:
 - Escorrentía (E) inmediata en los cauces superficiales.
 - Infiltración (I) que alimenta a los acuíferos subterráneos y a la parte subsuperficial.
- **Importaciones (Im):**
Proviene del agua exterior que pueden entrar en el sistema por la red fluvial (Im) o a través de acuíferos conexos (Ima).

2.1.2 Salidas

Se define como aportación total (At) al flujo efluente de un determinado territorio y es la suma de:

- Los caudales circulantes por los cursos superficiales de agua que abandonan el territorio considerado: Aportaciones de la red fluvial (A)
- El flujo subterráneo que sale del territorio a través de los acuíferos existentes: Fugas subterráneas (F).

En la aportación de la red fluvial se puede distinguir el **componente superficial (As)** que proviene directamente de la escorrentía y el **componente subterráneo (Af)**, consistente en las salidas de aguas subterráneas a los cauces superficiales.

En los sistemas en que las importaciones de territorios conexos tengan importancia, es conveniente definir la **aportación total de origen interno (At - Im)** como la diferencia entre la aportación total y las importaciones.

2.1.3 Reserva

La reserva es el almacenamiento natural de agua presente en un determinado territorio y en una fecha dada, pudiendo encontrarse:

- En superficie: cursos fluviales, lagos, nieve, glaciares.
- En el subsuelo, tanto en la zona no saturada, como en los acuíferos.

Las reservas varían con el tiempo de acuerdo con las diferencias que se producen entre los flujos de entrada y de salida del territorio considerado.

Se define como **reservas medias** la media de las reservas existentes en un sistema a lo largo de un período suficientemente extenso como para ser considerado representativo. Este período deberá cumplir la propiedad de que los flujos medios de entrada y de salida coincidan sensiblemente, lo que asegura un equilibrio en el sistema.

Cuando las entradas exceden las salidas, el total de agua almacenada en el territorio (S) se incrementa, y la expresión que engloba estos parámetros es (Estrela, 1992a):

$$P + Im_s + Im_a - ET - Esc - F - \Delta S = 0 \quad (2.1)$$

Esta ecuación puede simplificarse o hacerse más compleja dependiendo de la disponibilidad de datos, finalidad del cálculo, tamaño del territorio y duración del intervalo de tiempo del balance.

Por ejemplo, si se establecen unidades territoriales que soporten balances hídricos prácticamente independientes, las importaciones y exportaciones a otros territorios serían nulas y si esas unidades tienen, además, una extensión importante, las salidas subterráneas al mar serían porcentualmente despreciables. Con esas hipótesis la ecuación (2.1) quedaría reducida a:

$$P - ET - Esc - \Delta S = 0 \quad (2.2)$$

Donde:

P → Precipitación en mm.,

ET → Evapotranspiración en mm.,

Esc → Representa la salida superficial de la cuenca o aportaciones de la Red Fluvial, en mm.,

ΔS → Cambio de almacenamiento en mm.

La escala temporal hace referencia al intervalo de tiempo adoptado en la evaluación de recursos (día, semana, mes, estación, año) y a la longitud de las series de aportaciones.

El intervalo temporal viene condicionado por la futura gestión de cada sistema, que como mínimo precisa la simulación a escala mensual. La evaluación de aportaciones a escala inferior a la mensual (semanal, diaria) deberá realizarse solo cuando la propia especificidad del sistema lo requiera pues la disponibilidad de datos y su manejo y controlabilidad disminuye de forma notable.

2.2 DEFINICIONES

2.2.1 Ciclo Hidrológico

Se entiende como tal al conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso) en su forma (agua superficial, sub-superficial, subterránea, etc.) (Chereque,1989).

El agua, en la naturaleza se presenta bajo diversas formas, bajo diferentes aspectos, sin embargo hay un orden, una secuencia natural del pasaje de una forma a otra y obedecen a leyes físicas bien precisas.

El ciclo hidrológico se asume que empieza con la evaporación a partir de superficies libres de agua, este vapor asciende en la atmósfera hasta cierta altura donde se condensa para formar las nubes, estas darán lugar a las **precipitaciones** bajo sus diferentes formas: líquida, granizo, nieve, garúa. Durante el proceso mismo de la precipitación, parte del agua, vuelve a la atmósfera por evaporación de las gotas de lluvia; sin embargo, la mayor parte llega hasta la superficie de la tierra donde sigue diferentes caminos: parte se evapora inmediatamente desde la superficie del suelo o desde las hojas y tallos de las plantas sobre las que ha caído, parte se **infiltra** penetrando en el suelo desde donde reaparecerá bajo la forma de manantiales o constituirá la napa de agua subterránea que después pueden ser empleadas por el hombre; o regresará a la atmósfera como consecuencia de la transpiración vegetal, el agua precipitada que no se ha infiltrado ni evaporado, forman junto con parte del agua del sub-suelo cursos de agua superficiales, como riachuelos, ríos, los que va a desembocar en lagos y mareas y océanos, desde donde comienza nuevamente el ciclo, tal como se puede observar en la Figura 2.1.

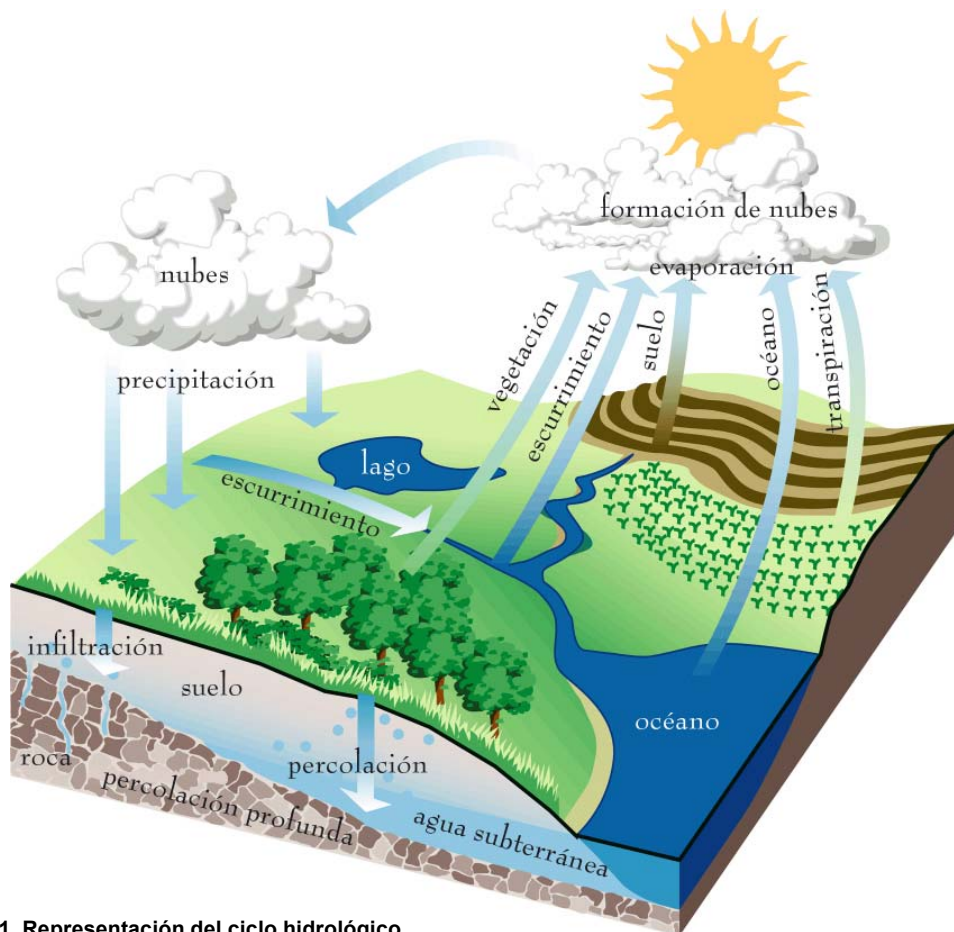


Figura 2.1. Representación del ciclo hidrológico

Fuente: Northern Arizona University – CENS Engineering Programs, 2005
<http://www.cet.nau.edu/Projects/SWRA/research.html> - 4KB

2.2.2 Sistema Hidrológico

Los fenómenos hidrológicos son muy complejos, por lo que nunca pueden ser totalmente conocidos. Sin embargo, a falta de una concepción perfecta, se pueden representar de una manera simplificada mediante el concepto de sistema (Guevara y Cartaya, 1991).

Un sistema viene a ser un conjunto de partes diferenciadas que interactúan como un todo. El ciclo hidrológico podría considerarse como un sistema, cuyos componentes son: precipitación, evaporación, escorrentía, y las otras fases del ciclo, tal como se muestra en la Figura 2.2.

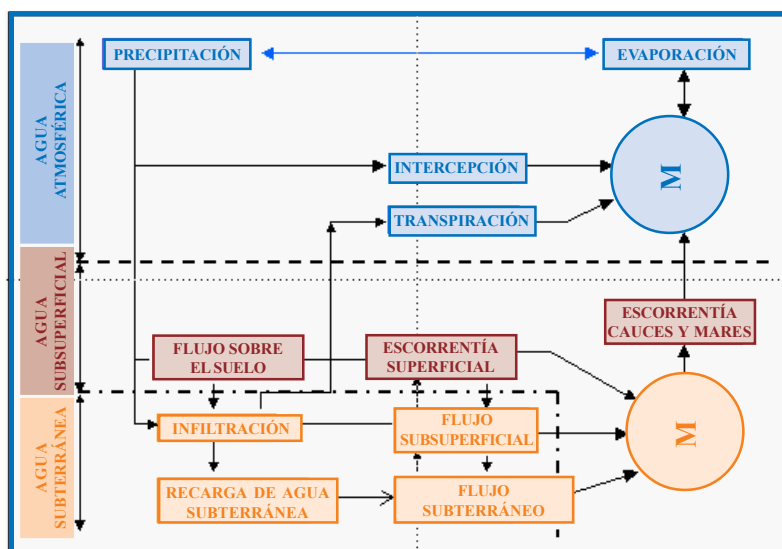


Figura 2.2. Representación del sistema hidrológico
Fuente: CEDEX, Strela, 1992 a.

2.2.3 Hidrograma

El análisis del comportamiento hidrológico de un área de captación (sistema hidrológico) es realizado generalmente por medios de estudios de la reacción hidrológica de la cuenca ante la ocurrencia de la precipitación. Esta reacción es medida por la observación de la cantidad de agua que se pierde fuera del sistema. La representación de la evolución del flujo Q según el tiempo T constituye un hidrograma, tal como se puede apreciar en la Figura 2.3.

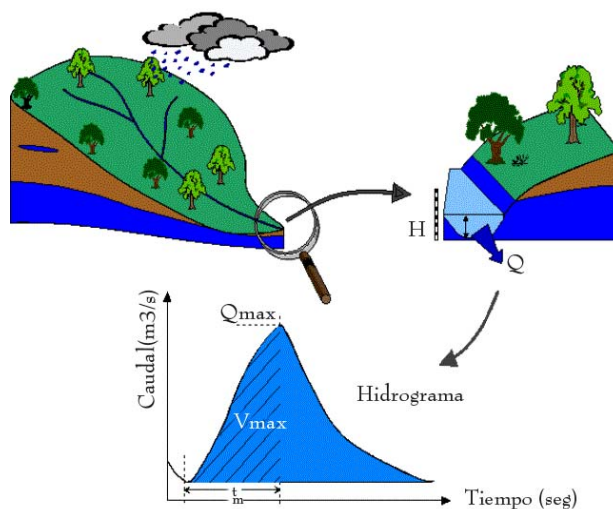


Figura 2.3. Componente hidrológica de la cuenca e hidrograma
Fuente: Musy, 2001

La reacción del área de captación se puede representar también por un limnigrama que represente la variación de la altura de agua en función del tiempo (Musy, 2001).

Según Heras (1983), el hidrograma permite representar la variación del caudal de un río, en función del tiempo.

El hidrograma, esta en función del aporte de precipitaciones que puedan ocurrir en la superficie de la cuenca y de las características físicas de ella, tal como se puede apreciar en la Figura 2.4, donde se observa una comparación de dos hidrogramas en función de la forma de la cuenca. Esto nos indica que a una mayor pendiente de la cuenca, la respuesta del hidrograma es en forma inmediata, por lo que el hidrograma presenta un pico más pronunciado.

El Volumen de fluido que pasa en la unidad de tiempo (seg) a través de una sección transversal de una corriente de agua, se llama caudal, tal como se observa en la Figura 2.5.

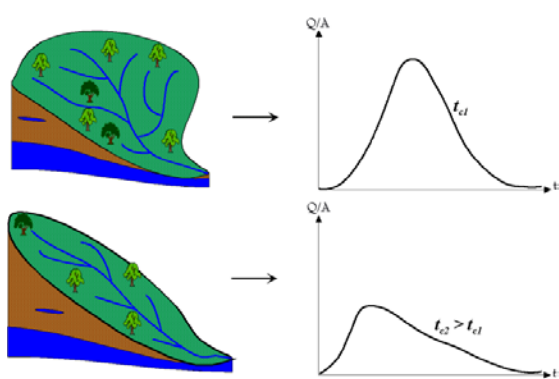


Figura 2.4. Influencia de la forma de la cuenca en el Hidrograma
Fuente: Musy, 2001.

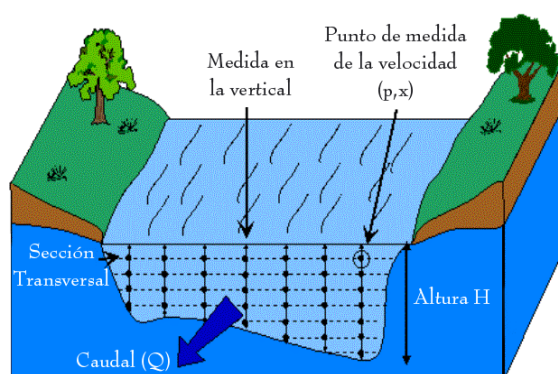


Figura 2.5: Caudal circulante a través de la sección transversal
Fuente: Musy, 2001

2.2.4 Precipitación

Se llama precipitación, a toda agua meteórica que cae en la superficie de la Tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc) y sólida (nieve, granizo, etc) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc). Ellos son provocados por un cambio de la temperatura o de la presión. La precipitación constituye la única entrada principal al sistema hidrológico continental (Musy, 2001).

Para la formación de la precipitación se requiere la condensación del vapor de agua atmosférico. La saturación es una condición esencial para desbloquear la condensación. Varios procesos termodinámicos son convenientes para realizar la saturación de las partículas atmosféricas inicialmente no saturadas y causar su condensación:

- Saturación y condensación isobárica (a presión constante),
- Saturación y condensación por presión adiabática,
- Saturación y condensación por presión de vapor de agua,
- Saturación por mezcla y turbulencia

Existen diferentes tipos de precipitación: precipitación convectiva, precipitación orográfica y precipitaciones frontales, tal como se puede apreciar en la Figura 2.6.

- **Precipitación Convectiva.** Resultan de una subida rápida de las masas del aire en la atmósfera. Se asocian a los cúmulos y cumulonimbus, desarrollo vertical significativo, y son generados así por el proceso de Bergeron. La precipitación que resulta de este proceso es generalmente

tempestuosa, de corta duración (menos de una hora), de intensidad fuerte y de una extensión espacial débil.

- **Precipitación Orográfica.** Como su nombre indica (griego oros, montaña), este tipo de precipitación se relaciona con la presencia de una barrera topográfica. La característica de la precipitación orográfica depende de la altitud, de la pendiente y de su orientación, pero también de la distancia que separa el origen de la masa del aire caliente del lugar del levantamiento. En general, presentan una intensidad y una frecuencia regular.
- **Precipitación Frontal o del Tipo Ciclónico.** Se asocian a las superficies de contacto entre la temperatura de la masa de aire, el gradiente térmico vertical, la humedad y de los diversos índices del recorrido, que uno nombra Frentes. Los frentes fríos crean precipitaciones cortas e intensas. Los Frentes calientes generan precipitaciones de larga duración pero no muy intensas.

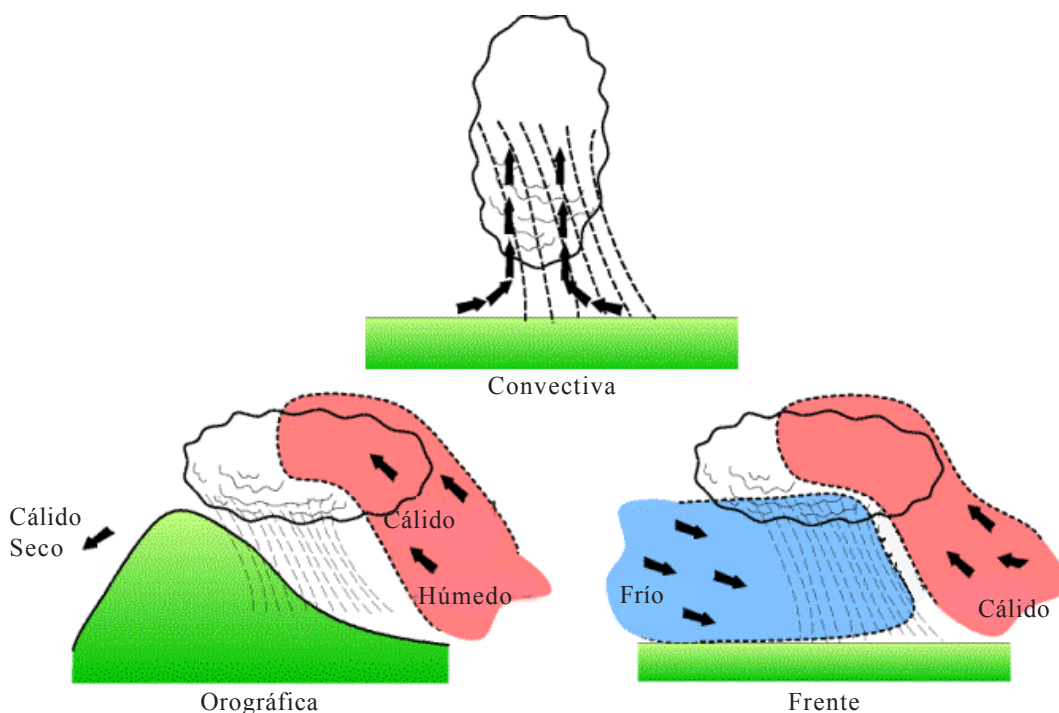


Figura 2.6. Principales tipos de precipitación: convectiva, orográfica y frontal
Fuente: Musy, 2001.

2.2.5 Evapotranspiración

Es el total de agua convertido en vapor por una cobertura vegetal; incluye la evaporación desde el suelo, la evaporación del agua interceptada y la transpiración por los estomas de las hojas.

La alta tasa de evapotranspiración de los bosques puede provocar que durante épocas relativamente secas el subsuelo sea más seco que el mismo tipo de suelo bajo otra cobertura. Si en estas condiciones ocurre un evento fuerte de precipitación, gran parte del agua infiltra es usada para llenar la capacidad de almacenamiento del suelo, y no escurre superficialmente. Este fenómeno puede contribuir en ciertos casos a mitigar un evento de inundación (sobre todo en cuencas pequeñas). Sin embargo, de este fenómeno no se puede deducir que los bosques protegen contra inundaciones grandes.

La correcta determinación de la ETP es uno de los mayores problemas prácticos de la agrometeorología y su resolución contribuiría en gran medida al aumento de la efectividad de la agricultura, tanto de riego como de secano. En algunos países, la agricultura es la actividad que consume más agua, con

una muy baja eficiencia, llegando a representar más del 85% del consumo total, lo que va acompañado de una eficiencia global del 30 al 40%; en general, se trata de una utilización excesiva del recurso (Martelo, 1986).

En condiciones tropicales el cálculo del balance hídrico hecho a partir de fórmulas de evapotranspiración presenta diferencias apreciables con el obtenido a partir de mediciones de humedad en el suelo. Entre otras cosas, estas diferencias se deben a que tales métodos no son representativos para aquellas condiciones, al haberse desarrollado en latitudes templadas. Por este motivo se considera conveniente disponer de una ecuación más adaptable al trópico, en especial para la faja latitudinal 15°N-15°S (García y López, 1970).

En la obtención de la misma se debe adoptar el criterio de utilizar los factores climatológicos de más fácil consecución. Para este orden de ideas, hay que analizar la disponibilidad de registros climatológicos de la región en consideración. Tal estudio conduce a los siguientes razonamientos:

- Existe una baja densidad total de estaciones climatológicas,
- Hay baja densidad de registradores de radiación solar,
- Los registros más abundantes son temperatura, humedad y evaporación.

Con referencia al aparte (b) se observa que los pocos registradores de radiación solar son aparatos mecánicos de relativa precisión que pueden incurrir en errores del 10%.

En lo que respecta al factor humedad relativa se considera más conveniente la utilización del valor medio de las horas diurnas ya que presenta varias ventajas en comparación con la humedad media diaria, así:

- La evapotranspiración es un proceso fundamentalmente diurno,
- El valor calculable por la expresión corresponde muy aproximadamente a la humedad relativa media de las horas diurnas. Estos valores son los únicos que presenta la mayoría de los boletines meteorológicos.

La evapotranspiración, es la combinación de dos procesos separados que originan pérdida de agua:

- **Evaporación:** es el proceso por el cual el agua líquida es convertida en vapor de agua (vaporización) y removida de la superficie evaporante.

La energía requerida para cambiar el estado de las moléculas de agua a vapor es la radiación solar directa, la temperatura ambiental del aire.

- **Transpiración:** Consiste en la vaporización del agua líquida contenida en las plantas y el vapor removido a la atmósfera. La pérdida del agua es a través de los estomas de las plantas.

La transpiración, depende de la energía radiante, gradiente de presión de vapor y viento, radiación, temperatura del aire, humedad del aire y viento. La razón de la transpiración también está influenciada por la característica de la vegetación, aspecto del ambiente y práctica de cultivo.

La evaporación y transpiración ocurren simultáneamente que no es fácil de distinguirlos. Cuando la planta es pequeña, el agua perdida es por evaporación del agua en el suelo, pero cuando la planta va desarrollándose paulatinamente, la transpiración va cobrando mayor importancia en este proceso, tal como se aprecia en la Figura 2.7, donde se observa que el 100% de la ET es por evaporación y cuando la planta está en su máximo desarrollo sólo llega al 90% la transpiración.

Los factores que afectan la evapotranspiración son: clima, característica de la planta, aspecto del ambiente y manejo, son estos parámetros los que afectan los procesos de evaporación y transpiración, tal como se puede observar en la Figura 2.8.

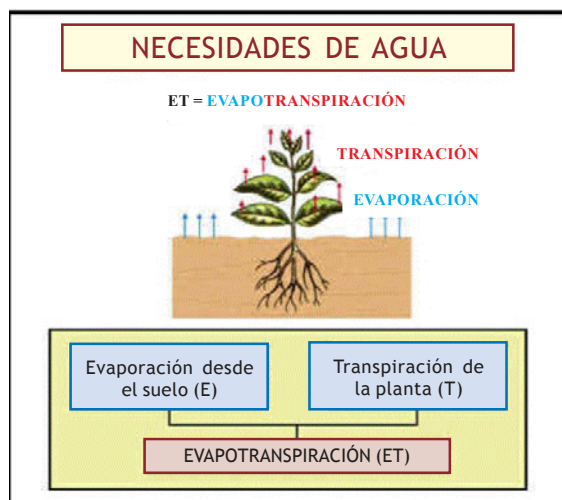


Figura 2.7. Componentes de la evapotranspiración
Fuente: Elriego, 2001

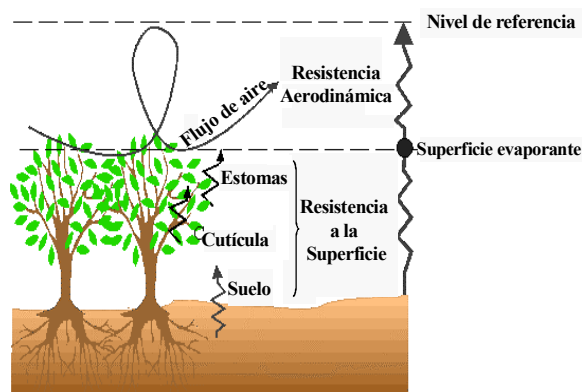


Figura 2.8. Factores que afectan la evapotranspiración
Fuente: Musy, 2001

- **Parámetro Clima:**

Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, temperatura del aire, humedad y velocidad del viento. El poder de evaporación de la atmósfera está expresado por la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo).

- **Factores del Cultivo:**

El tipo de cultivo, variedad y estado de desarrollo son considerados cuando se evalúa la evapotranspiración del cultivo. La resistencia de la transpiración difiere por la altura del cultivo, rugosidad del cultivo, reflexión del suelo cubierto y característica de las raíces de los cultivos, todo ello da como resultado diferentes niveles de ET en diferentes tipos de cultivo y bajo condiciones ambientales idénticas. La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones standard (ETc), se refiere a la demanda de evaporación para cultivos que están creciendo en grandes campos bajo condiciones de agua óptima en el suelo, excelentes condiciones ambientales y de manejo.

- **Condiciones Ambientales y de Manejo:**

Factores tales como salinidad del suelo, suelo poco fértil y de limitada aplicación de fertilizante, presencia de horizontes impermeables del suelo, ausencia de control de enfermedades y peste, y poco manejo de suelo pueden limitar el desarrollo del cultivo y reducir la evapotranspiración. Otros factores a ser considerados cuando se evalúa la ET son: suelo cubierto, densidad de la planta y el contenido de agua en el suelo.

La evapotranspiración puede determinarse mediante medidas directas a base de evapotranspirómetros de pesada o lisímetros de drenaje, pero dadas las dificultades que encierra su instalación y lo costoso de ésta, la estimación indirecta de ET a base de fórmulas empíricas, seguirá siendo de gran utilidad (Cebas, 2000).

Los métodos de Thornthwaite (1948), Blaney-Criddle (1950) y Turc (1961), han sido los más comúnmente utilizados en nuestro país para el cálculo de la evapotranspiración. Hasta años muy recientes, la estimación de las necesidades de agua de los cultivos del regadío, se han basado en las valoraciones aportadas por tales métodos, principalmente el de **Thornthwaite**.

III. ASPECTOS GENERALES

3.1 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

3.1.1 Ubicación

El territorio peruano se localiza en el hemisferio Sur, en el sector centro occidental de América del Sur con sus costas bañadas por las aguas del Océano Pacífico, extendiéndose al continente Antártico por factores geográficos, ecológicos y por antecedentes históricos. Este territorio está comprendido dentro de la zona intertropical del hemisferio Sur, esto es entre los dos principales paralelos que son: la Línea Ecuatorial y el Trópico de Capricornio.

3.1.2 Extensión

La superficie continental del territorio peruano se extiende entre los meridianos 68° 39' 27" de longitud Este (Boca del Río Health o Abuyama en el Departamento de Madre de Dios) y 81° 19' 34,5" longitud Oeste (Punta Balcón, en el Departamento de Piura); y entre los paralelos 0° 01' 48" (Thalweg en el río Putumayo, Departamento de Loreto) y 18° 21' 03" (Pascana del Hueso, en el Departamento de Tacna).

El territorio Antártico Peruano tiene una extensión de 9 km², está comprendido entre los meridianos 84° y 90° Longitud Oeste y hasta el Polo Sur, a los 90° Latitud Sur (desde el 10 de abril de 1981; en virtud al Tratado Antártico, firmado en Washington D.C., Estados Unidos de América, el 1° de diciembre de 1959).

Limita al Norte con Ecuador, en una extensión de 1 529 km de frontera, y con Colombia, en 1 506 km de frontera; al Sur con Chile, en una extensión de 169 km de frontera; al Este con Brasil, con una frontera de 2 822 km y Bolivia, en una extensión de 1 047 km de frontera, y al Oeste sus costas son bañadas por el Océano Pacífico, a lo largo de 3 080 km (Figura 3.1) (Wikipedi, 2005).



Figura 3.1. Ubicación del Perú en Sudamérica
Fuente: Abc-latina, 2005

3.1.3 Superficie

El territorio peruano abarca una superficie total de 1'285 215,6 km² que incluyen las islas y la parte peruana del lago Titicaca. Además, tiene soberanía y jurisdicción sobre una franja de 200 millas (371 km² del Mar Pacífico Peruano) del océano Pacífico.

Es el tercer país de América del Sur después de Brasil y Argentina, figurando entre las 20 naciones más grandes del mundo. Perú también tiene derechos territoriales sobre un área de 60 millones de hectáreas en la Antártida.

Lima es la capital del Perú, y se divide en 24 regiones: Amazonas, Ancash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cuzco, Huancavelica, Huanuco, Ica, Junín, Lambayeque, La Libertad, Lima, Loreto, Madre de Dios, Moquegua, Pasco, Piura, Puno, San Martín, Tacna, Tumbes, Ucayali, más la Provincia Constitucional del Callao y que es el puerto más importante del país, las cuales están representadas en la Figura 3.2, que muestra la distribución de cada una de las regiones.

Las ciudades más importantes son: Lima, Cusco, Trujillo, Arequipa, Chiclayo, Cajamarca, Iquitos, Piura, Juliaca, Huancayo.



Figura 3.2. Mapa con las Regiones a Nivel Nacional
Fuente: <http://congreso.gob.pe/peru/divpol.html>

3.2 CARACTERÍSTICAS SOCIALES

3.2.1 Población

El Perú según el último censo (INEI, 1994), contaba con 22'639 443 millones de habitantes, de los cuales casi 7 millones viven en la capital, Lima. Alrededor del 45 % de los peruanos son campesinos, 37 % mestizos, 15 % de origen europeo y 3 % descienden de esclavos negros o de inmigrantes japoneses y chinos.

Las dos lenguas oficiales son el castellano y el quechua. Según estimaciones, el 92 % de peruanos es católico.

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI,2002), en su última proyección al 30 de junio de 2004 indicó que la población peruana asciende a 27'546 574 de personas y que el incremento es de 398 000 personas respecto a las cifras del año 2003, lo cual representa un crecimiento promedio anual de 1,5%. (Figura 3.3)

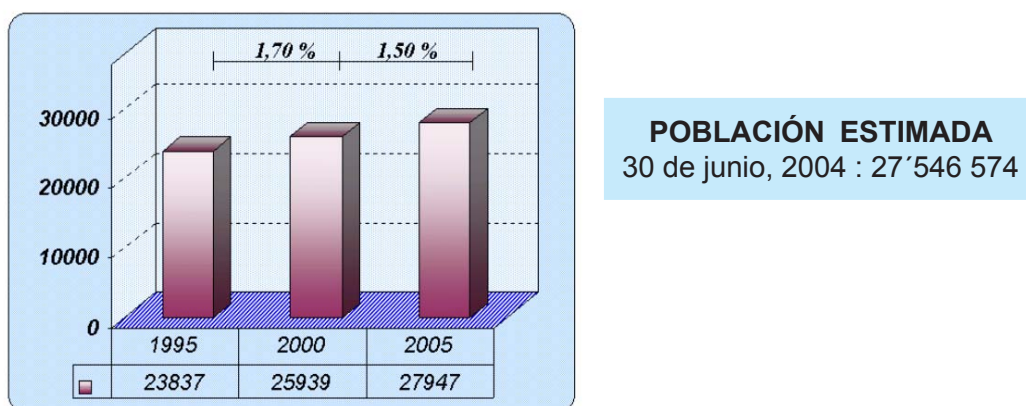


Figura 3.3. Población y Tasa de Crecimiento (Miles)
Fuente: INEI, 2002

Entre los años 1981 y 1993, la tasa de crecimiento de la población de 0 a 14 años era de 1,3% y la del grupo de 15 a 64 años de 2,7%. En cambio, entre 2000 y 2004 el ritmo de crecimiento de esos grupos es de 0,2% y 2,1%, respectivamente.

3.3 EL PERÚ EN SU CONTEXTO

3.3.1 Perú: País Andino Central

La cordillera de los Andes es el gran fenómeno fisiográfico que ocupa la parte occidental de América del Sur, en la que impera un relieve accidentado, conformado por cordilleras y cadenas de montañas muy altas, numerosos nudos o macizos donde confluyen dos o más cadenas de montañas; mesetas muy altas, llamadas también altiplanos, ubicadas entre las cadenas montañosas; amplios valles interandinos y numerosas quebradas por donde discurren algunos ríos que vierten sus aguas en el Océano Pacífico; en el río Amazonas o en el lago Titicaca, erosionadas en el curso de millones de años por las aguas continentales.

3.3.2 Perú: País Bioceánico

Su posición estratégica se acrecienta debido a que es un país bioceánico, es decir que tiene acceso vial a dos grandes océanos: el Pacífico, hacia el Oeste, el más grande del mundo, en cuyas orillas se

localizan muchos países desarrollados de América, Asia y Oceanía; y el Atlántico, hacia el Este, a través del río Amazonas, que se forma a su vez en territorio peruano, por la confluencia de los ríos Ucayali y Marañón e incrementa su caudal con el Napo y el Madre de Dios. A través de estos ríos nos vinculamos con los países desarrollados del Atlántico y del Medio Oriente.

PERÚ PAÍS MARÍTIMO, ANDINO, AMAZÓNICO, BIOCEÁNICO Y CON PRESENTÍA EN LA ANTÁRTIDA



Figura 3.4. El Perú en su contexto geopolítico

Fuente: MINDEF, 2005

3.3.3 Perú: Eje Amazónico

El río Amazonas se forma en territorio peruano y es el mayor río del mundo. Atraviesa la llanura Amazónica para desaguar en el Océano Atlántico con un caudal medio anual de 260 000 m³/seg.

Este río está llamado a convertirse en el gran eje amazónico, en torno al cual se puede realizar la gran integración de los países sudamericanos que están en su cuenca y en la de sus afluentes: Brasil, Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, Guyana, Surinam y Guayana Francesa y cuyos objetivos principales serían:

- Ocupar plenamente el territorio de la selva amazónica
- Explorar sus variados recursos naturales: forestales, minerales y fauna silvestre
- Convertir al río Amazonas en la principal vía de intercambio cultural y comercial entre los países amazónicos y el mundo.

3.3.4 Perú: Eje Medio de la Cuenca del Pacífico

El Océano Pacífico es el más extenso del mundo, con un área de 179' 600 000 km², es decir el 35% del planeta.

La ubicación del Perú en la cuenca del Pacífico es estratégica. Conformar un eje medio en las comunicaciones entre América del Sur y América del Norte, tanto en la vía marítima como en la aérea.

Un eje medio en el Océano Pacífico, entre América del Sur, Asia y Oceanía: vale decir entre los países que tienen abundantes recursos naturales y aquellos que cuentan con un gran poder industrial, y que requieren de nuestras materias primas.

3.3.5 Perú: País Antártico

El Perú es un país antártico por la historia, la geografía y la voluntad. Este destino se viabiliza dentro del Sistema Antártico, organización clave de la comunidad internacional, que ha conseguido establecer las características de la Antártida como continente de paz, ciencia y cooperación.

El Perú es Parte Consultiva del Tratado Antártico gracias a la presencia que mantiene en la Antártida, por la Estación Machu Picchu y a través de sus Campañas Científicas anuales y el desarrollo de proyectos científicos nacionales e internacionales. Como Estado Antártico, el Perú posee y ejecuta una Política Nacional Antártica, con objetivos escalonados y permanentes, que conjugan el interés nacional con los fines del Sistema Antártico. En este sentido nuestro país lleva un programa de investigaciones científicas, que se van desarrollando en sus áreas específicas a través de los trabajos de campo que sus responsables van efectuando en las expediciones científicas que se han venido cumpliendo con la regularidad que las difíciles circunstancias actuales han permitido.

3.3.6 Perú y los Países Industrializados

La situación geográfica del Perú en América del Sur le permite mantener relaciones comerciales fluidas con los países industrializados del mundo. En efecto, sus relaciones son intensas con los estados occidentales de los Estados Unidos de América, a través del Océano Pacífico, entre el Callao (primer puerto marítimo del Perú) y California, puerto estadounidense. También, con las provincias occidentales del Canadá, a través de Vancouver, puerto canadiense en el Océano Pacífico.

Hay intensa intercomunicación con los países desarrollados de Asia, como Japón, Hong Kong, Taiwan, Filipinas, Korea del Sur, Malasia, Tailandia y Singapur.

3.4 LAS REGIONES NATURALES

El territorio Peruano puede dividirse en cuatro grandes regiones naturales (tres continentales y una marina), estas son (Figura 3.5):

- El Mar de Grau, la porción peruana del Océano Pacífico;
- La costa, franja territorial entre el océano y el piso inferior de los Andes;
- Los Andes, como se denomina al relieve andino caracterizado por su clima templado a frío, y delimitado por el desierto al Oeste y los bosques tropicales al Este;
- La selva, antiguamente conocida como montaña y ahora denominada Amazonía, ubicada al Este del territorio peruano y cubierta por bosques y otras formaciones vegetales tropicales

En la Tabla 3.1, se muestra las características climatológicas más importantes de cada una de las regiones continentales del Perú, observándose que las mayores temperaturas y precipitaciones; se registran en la selva.

Región	Altitud (m)	Temperatura Mínima - Máxima (°C)	Precipitación Media Anual (mm)
Costa	0 - 500	19 a 27	147
Sierra	500 - 6 780	6 a 19	600
Selva	400 - 1 000	19 a 30	3 000 a 4 000

Tabla 3.1. Características de las regiones naturales del Perú
Fuente: SENAMHI, 2005



Figura 3.5. Mapa de las tres Regiones Naturales

Fuente: INREMA, 2005

3.4.1 Las Ocho Regiones

Pulgar, V. J. (1946, 1986), quien estudió profundamente las regiones naturales en el Perú, encontró que el accidente geográfico característico del Perú es la Cordillera de los Andes y que divide drásticamente nuestro territorio, propiciando el aislamiento de Costa, Sierra y Selva. Las siguientes son las ocho regiones naturales: Chala o Costa, Yunga, Quechua, Suni o Jalca, Puna, Janca o Cordillera, Rupa rupa o Selva Alta y Omagua o Selva Baja.

3.4.2 Las Ecorregiones

Fueron propuestas por Brack, A. E. (1986) y están basadas en una distribución irregular de las especies; que buscan áreas o zonas apropiadas para la vida, denominadas Ecorregión (Figura 3.7).

Una ecorregión es un área geográfica que se caracteriza por condiciones bastante homogéneas en lo referente al clima, a los suelos, a la hidrología, a la flora y a la fauna, y donde los diferentes factores actúan en estrecha interdependencia. Además es delimitable geográficamente y distinguible de otras con bastante claridad. Tomando en consideración las clasificaciones parciales y analizando sus correlaciones, se han logrado establecer en el Perú 11 ecorregiones y son las siguientes:

1. **El Mar Frío de la Corriente Peruana:** Comprende la porción del Pacífico Oriental, donde ejerce su influencia la Corriente Oceánica Peruana de aguas frías, con un ancho de unas 100 millas.
2. **El Mar Tropical:** Comprende la porción marina al Norte de los 05 grados de Latitud Sur, y se extiende hasta Baja California. Se caracteriza por aguas cálidas y por flora y fauna propias de los mares tropicales.
3. **El Desierto del Pacífico:** Se extiende a lo largo de la costa, desde los 05 grados de Latitud Sur, hasta los 270 grados de Latitud Sur, con un ancho variable, siendo su límite altitudinal promedio los 1 000 msnm, en el centro del Perú.
4. **El Bosque Seco Ecuatorial:** Comprende una faja costera de 100 a 150 km de ancho en los Departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad, hasta los 71° Lat. Sur. en las vertientes occidentales y la porción seca del valle del Marañón, hasta los 90° Lat. Sur.
5. **El Bosque Tropical del Pacífico:** Se extiende a lo largo de la costa del Pacífico desde el Norte del Perú hasta América Central. En el Perú comprende un área poco extensa en el interior del Departamento de Tumbes, en El Caucho.
6. **La Serranía Esteparia:** Se extiende a lo largo del flanco occidental andino, desde el Departamento de La Libertad (70° Lat. Sur.) hasta el Norte de Chile, entre los 1 000 y 3 800 msnm en promedio.
7. **La Puna y los Altos Andes:** Se extiende encima de los 3 500-3 800 msnm desde Cajamarca, al Sur del Paso de Porculla, hasta Chile y Argentina.
8. **El Páramo:** Se extiende desde Venezuela hasta el Norte del Perú, al Norte del Paso de Porculla, en las alturas andinas encima de los 3 500 msnm.
9. **La Selva Alta:** Se extiende por todo el flanco oriental andino. En el Norte del Perú penetra profundamente hacia ambos flancos del valle del Marañón y pasa a la vertiente del Pacífico en Piura, Lambayeque y Cajamarca.



Figura 3.6. Mapa de las ocho regiones
 Fuente: IGN, 2005

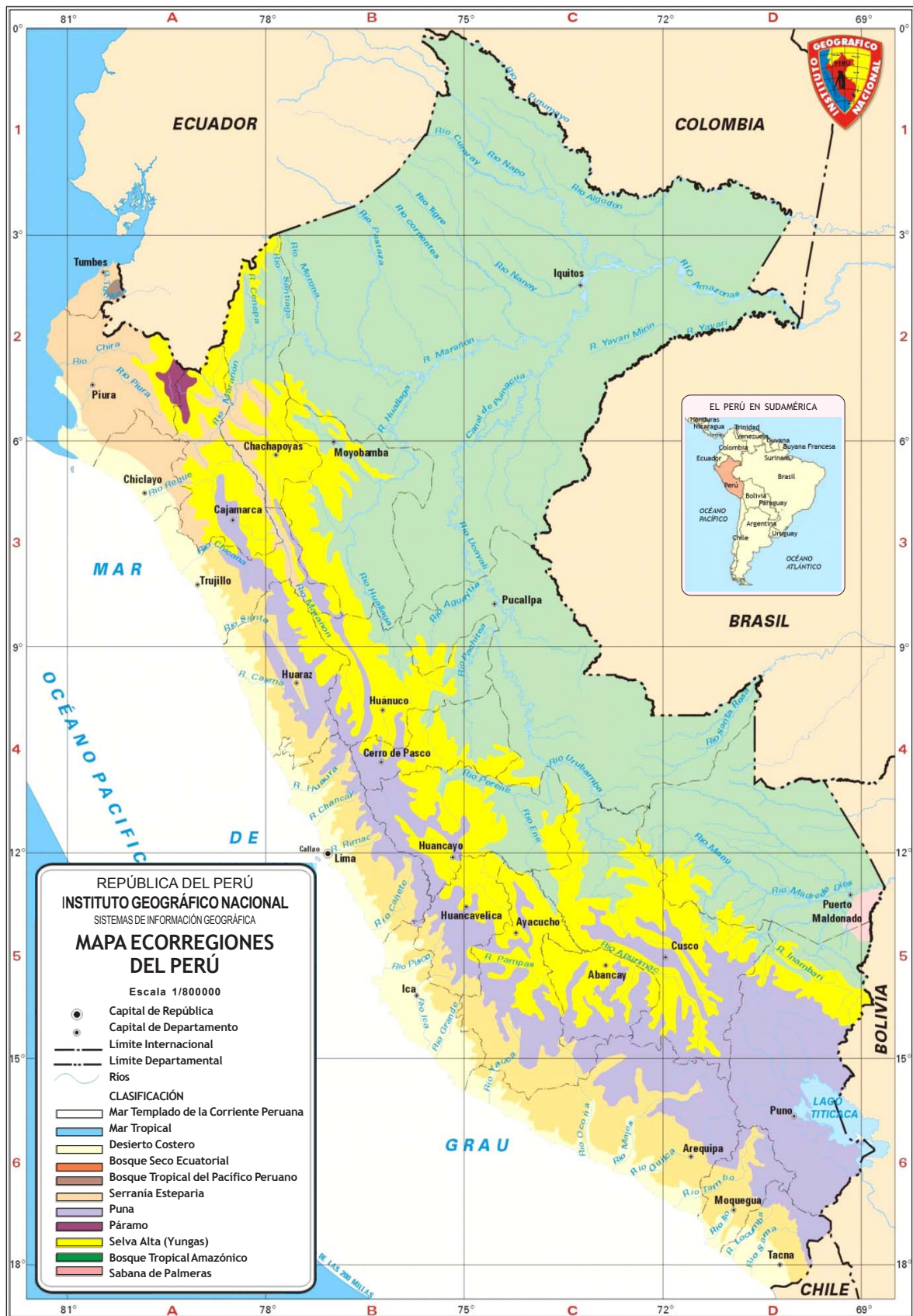


Figura 3.7. Mapa de las 11 Ecorregiones
 Fuente: IGN, 2005

10. El Bosque Tropical Amazónico o Selva Baja: Comprende la Amazonía por debajo de los 800 msnm, y es la más extensa del país.

11. La Sabana de Palmeras: Se presenta en el Perú sólo en las pampas del río Heath, en el Departamento de Madre de Dios.

3.5 EL RELIEVE

El territorio tiene una topografía sumamente accidentada, exceptuando: la angosta faja costanera, las altas mesetas o punas andinas y el llano amazónico.

El territorio peruano es atravesado de noroeste a sudeste por la cordillera de los Andes, que en algunos puntos alcanza cotas superiores a los 6 700 metros y forma varios ramales que dividen al país en tres zonas claramente diferenciadas:

- La costa, que ocupa un 11% de la superficie total;
- La sierra, con valles surcados por grandes ríos y salpicada de lagos;
- La región oriental o también llamada selva, con un 62% de la superficie total, que abarca desde alturas cercanas a los 2.000 metros hasta los inmensos llanos de la cuenca amazónica, (Figura 3.8).

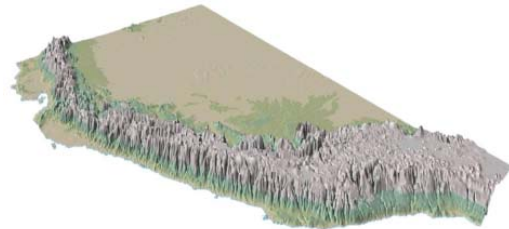


Figura 3.8. Relieve Superficial del Perú y Cordillera de los Andes

Fuente: www.virtualperu.net

- **La Costa:** Desde un punto de vista morfológico, no es una llanura; tiene un relieve ondulado, debido a levantamientos relacionados con la orogenia andina; donde alternan colinas bajas, con terrazas fluviales y marítimas, de hasta 4 niveles, las cuales se pueden observar sobre todo en la región sur del Perú y en el norte, zona del departamento de Piura, donde reciben el nombre de tablazos, como por ejemplo los de la zona de Talara.

Cerca del mar presentan gran variedad de formas, como acantilados rocosos o modelados en terrazas marítimas y fluviales, o en depósitos desérticos. Hacia el este presenta terrazas fluviales, ríos secos y quebradas secas, entre otros. Los cauces secos, que suelen recibir los nombres de “quebrada seca” o “río seco”, son paleoformas, modeladas en épocas en que la lluvia era más abundante y bastaba para mantener una escorrentía durante todo el año (Figura 3.9).



Figura 3.9. Desierto de Sechura (Piura) y el Cañón del Colca (Arequipa)

Los valles de la costa, que en número de 53, la recorren en forma transversal de Este a Oeste; los desiertos interfluviales, ubicados entre los valles, comprenden sub-paisajes tales como: planicies o pampas, cerros y quebradas secas; el bosque seco del desierto costero del Norte, que se extiende desde la frontera con el Ecuador hasta el Sur del Departamento de Lambayeque; el ecosistema de los manglares, pequeño pero único en su género en el Perú, ubicado en el extremo Norte del Departamento de Tumbes; y el ecosistema de “lomas” dispuesto en las estribaciones andinas, más cercanas al Océano Pacífico.

- **El Sistema Andino:** Los Andes constituyen el eje organizador de los ecosistemas peruanos, donde nacen los ríos que pertenecen tanto a la cuenca del Océano Pacífico como a la del Atlántico y en él se determinan los regímenes de lluvias de gran parte del país.

En Perú existen cincuenta picos que se elevan por encima de los 6 000 metros, distribuidos en cordilleras que jalonan los Departamentos de Ancash, Arequipa, Cusco, Huánuco, Puno y Ayacucho.

Las principales cumbres del país son el Huascarán (6 768 metros, Cordillera Blanca, Departamento Ancash), el Yerupaja (6 632 metros, Cordillera Huayhuash, entre los Departamentos de Ancash y Huánuco) y el Coropuna (6 425 metros, en la Cordillera Ampato, entre los Departamentos de Arequipa y Ayacucho), como se observa en la Tabla 3.2.

Cordillera	Departamento	Longitud (km)	Número de montañas
Blanca	Ancash	200	20
Vilcanota	Cusco	80	11
Ampato	Arequipa y Ayacucho	150	6
Huayhuash	Ancash y Huanuco	40	5
Vilcanota	Cusco	100	3
Apolobamba	Puno	50	2
Chila	Arequipa	100	1
Volcánica	Arequipa	5,79	1
Urubamba	Cusco	13,52	1

Tabla 3.2. Longitud de Cordilleras y montañas en el Perú.

Fuente: CIDEIBER, 2005

Los Andes, como ocurre en otros países del continente, son determinantes para la economía peruana. La riqueza de esta cadena montañosa radica en la diversidad de sus pisos ecológicos, que permiten desarrollar la actividad agrícola durante todo el año y que, al reproducir gran parte de los ecosistemas del planeta, admiten prácticamente cualquier tipo de cultivo. El clima de las

partes más altas y sus pastos favorecen la cría de la alpaca y de la llama. Los valles del flanco oriental, con pendientes pronunciadas, clima cálido y húmedo y suelos profundos, mantienen una flora y fauna abundantes; en estas zonas se cultiva el cacao y el café.

Además, en los Andes peruanos se encuentran una amplia gama de minerales y metales que convierten al Perú en uno de los países mineros más importantes del mundo. Existen yacimientos de cobre, plata, oro, plomo, zinc, hierro, carbón y sal, además de uranio, arcilla, fosfatos, manganeso, molibdeno, tungsteno y calcáreas. Como característica principal, el Perú es un país polimetálico.



Figura 3.9. Desierto de Sechura (Piura) y el Cañón del Colca (Arequipa)

- **La Llanura Amazónica.** La selva peruana, con unos 76 millones de hectáreas de superficie, cuenta con miles de especies en el bosque tropical que aportan al país materia prima para la obtención de maderas, alimentos, esencias, resinas, gomas, medicinas, venenos, colorantes, etc.

La Selva Alta conocida como Ceja de Selva comprende las áreas boscosas de la vertiente oriental de los Andes. Su topografía es bastante accidentada y se caracteriza por la presencia de cerros escarpados y boscosos, y quebradas profundas.

Las quebradas o fondos de valles, presentan terrazas escalonadas de hasta 4 niveles, siendo las más bajas las que ofrecen mejores condiciones para la actividad agropecuaria y de hecho están ocupadas casi en su totalidad.

Selva Baja o Llano Amazónico tiene escaso relieve y está cubierto de exuberante vegetación tropical y sujeto a inundaciones periódicas, a excepción de las tierras altas, colinas y cerros bajos. Hidrográficamente, existen grandes sistemas fluviales que forman parte de la gran cuenca del río Amazonas (Figura 3.11).



Figura 3.11. Cobertura vegetal de la Amazonia y vista del río Ucayali

Sin embargo, el mayor recurso que ofrece la región es su potencial de hidrocarburos; si bien se halla petróleo también en la costa y en el zócalo continental, las dieciocho cuencas sedimentarias comprendidas en el área amazónica con filiación petrolera abarcan unos 84 millones de hectáreas.

3.6 EL CLIMA

En el Perú, la influencia de la Cordillera de los Andes, la Corriente de Humboldt y el anticiclón del Pacífico Sur, determinan las características climáticas de las distintas regiones geográficas (Figura 3.12):

- La región Costa es extremadamente seca, con precipitaciones anuales inferiores a 40 mm desde Chimbote hasta Tacna y de 400 mm en el extremo Norte. A pesar de su aridez, algunas partes de la costa reciben suficiente humedad de las nieblas invernales (garúa) para desarrollar vegetación.
- En la Sierra, la latitud, altitud, presencia de vientos locales y el efecto pantalla de la cordillera dan lugar a diferentes condiciones climáticas. En general, las temperaturas decrecen al aumentar la altitud, mientras que la precipitación lo hace de Norte a Sur y de Oeste a Este. Durante la estación húmeda (diciembre-marzo), las precipitaciones más altas se dan en el Norte y en el flanco Este de la cordillera. Las temperaturas varían poco estacionalmente, siendo la oscilación térmica diaria (hasta 22°C en un solo día) mucho mayor que la estacional.
- La Selva o Montaña presenta un clima tropical cálido y húmedo, con precipitaciones durante todo el año, aunque con mayor intensidad entre diciembre y enero, y con una oscilación térmica estacional muy pequeña. A continuación se resumen las principales características climáticas de estas regiones.

El fenómeno El Niño, se manifiesta con un aumento generalizado de la temperatura de la superficie del mar en gran parte del sector Oriental y Central del Pacífico Ecuatorial que genera una inestabilidad atmosférica con consecuencias en el régimen térmico y de precipitaciones de la costa y el flanco occidental de la Sierra. Este fenómeno es cíclico, con una recurrencia promedio aproximada de 7 años. Una de sus acciones más devastadoras (lluvias torrenciales, inundaciones, alteraciones ecológicas, etc.) tuvo lugar durante los años 1997 y 1998.

Como consecuencia de dicho fenómeno, según la Oficina de Información Agraria (OIA), en la campaña agrícola 97 – 98, en el sector agropecuario fueron afectadas cerca de 205 000 ha, de las cuales se perdió la cosecha de 73 mil ha de forma completa (17 000 ha en cultivos permanentes) y las restantes experimentaron importantes reducciones en los rendimientos. Las mayores pérdidas fueron en cultivos anuales (123 000 ha), como papa, arroz o maíz, mientras que la superficie total afectada de cultivos permanentes (plátano, limón, caña de azúcar, espárrago, olivo, etc.) fue cercana a las 31 000 ha.

Por su ubicación geográfica, al Perú le corresponde un clima eminentemente tropical con precipitaciones abundantes, de temperaturas altas y vegetación exuberante; sin embargo, esta característica se ve afectada por la presencia del sistema montañoso de los Andes que lo atraviesa en sentido longitudinal, a lo cual se suma la Corriente de Humboldt, el Anticiclón del Pacífico Sur, dando lugar a un clima diversificado.

3.6.1 Tipos de Clima

En el Perú destacan principalmente los tipos de climas siguientes:

- **Clima Semi-Cálido Muy Seco (Desértico-Árido-Sub Tropical)**

Este tipo de clima constituye uno de los aspectos climáticos más notables del Perú, comprende casi toda la región de la costa, desde Piura hasta Tacna y desde el litoral del Pacífico hasta el nivel aproximado de 2 000 msnm, representa el 14% de la superficie total del país.

Se caracteriza por presentar precipitación promedio anual de 150 mm. y temperatura media anuales de 18° a 19°C, decreciendo en los niveles más elevados de la región.

- **Clima Cálido Muy Seco (Desértico o Árido Tropical)**

Comprende el sector septentrional de la región costera, que incluye gran parte de los Departamentos de Tumbes y Piura, entre el litoral marino y la costa aproximada de 1 000 msnm. Representa menos del 3,0% (35 mil km²) de la superficie territorial del país. Se caracteriza por ser muy seco, con más precipitación media anual (alrededor de 200 mm) y cálido, con una temperatura promedio anual de 24°C, sin cambio térmico invernal definido.

- **Clima Templado Sub-Húmedo (De Estepa y Valles Interandinos Bajos)**

Este clima es propio de la región de la sierra, correspondiendo a los valles interandinos bajos e intermedios, situados entre los mil y 3 mil msnm.

Las temperaturas sobrepasan los 20°C. y la precipitación anual se encuentra por debajo de los 500 mm. aunque en las partes más elevadas, húmedas y orientales, puede alcanzar y sobrepasar los 1200 mm.

- **Clima Frío o Boreal (De los Valles Mesoandinos)**

Este tipo climático de la región de la sierra, se extiende entre los 3 000 y 4 000 msnm. Se caracteriza por sus precipitaciones anuales promedio de 700 mm. y sus temperaturas medias anuales de 12°C. Presenta veranos lluviosos e inviernos secos con fuertes heladas.

- **Clima Frígido (De Tundra)**

Este tipo de clima, conocido como clima de Puna, corresponden a los sectores altitudinales de la región andina comprendido entre los 4 000 y 5 000 msnm. Cubre alrededor de 13,0% del territorio peruano (170 000 km²). Se caracteriza por presentar precipitaciones promedio de 700 mm. anuales y temperaturas promedio anuales de 6°C. Comprende las colinas, mesetas y cumbres andinas. Los veranos son siempre lluviosos y nubosos; y los inviernos (junio-agosto), son rigurosos y secos.

- **Clima de Nieve (Gélido)**

Este clima corresponde al de nieve perpetua de muy alta montaña, con temperaturas medias durante todos los meses del año por debajo del punto de congelación (0°C). Se distribuye en los sectores altitudinales que sobrepasan los 5 mil msnm y que están representados mayormente por las grandes masas de nieve y hielo de las altas cumbres de los Andes Peruanos.

- **Clima Semi-Cálido Muy Húmedo (Sub-Tropical muy Húmedo)**

Este tipo de clima predomina en la selva alta o contra fuertes orientales andinos boscosos. Se caracteriza por ser muy húmedo, con precipitaciones por encima de los 2 mil mm. y con bolsones pluviales que sobrepasan los 5000 mm, como en la zona de Quincenal.

Las temperaturas están por debajo de 22 °C. en su mayor extensión. Temperaturas más elevadas se registran en los fondos de los valles y en la transición a la llanura amazónica.

- **Clima Cálido Húmedo (Tropical Húmedo)**

Este clima corresponde a las llanuras amazónicas peruanas y se caracterizan por presentar

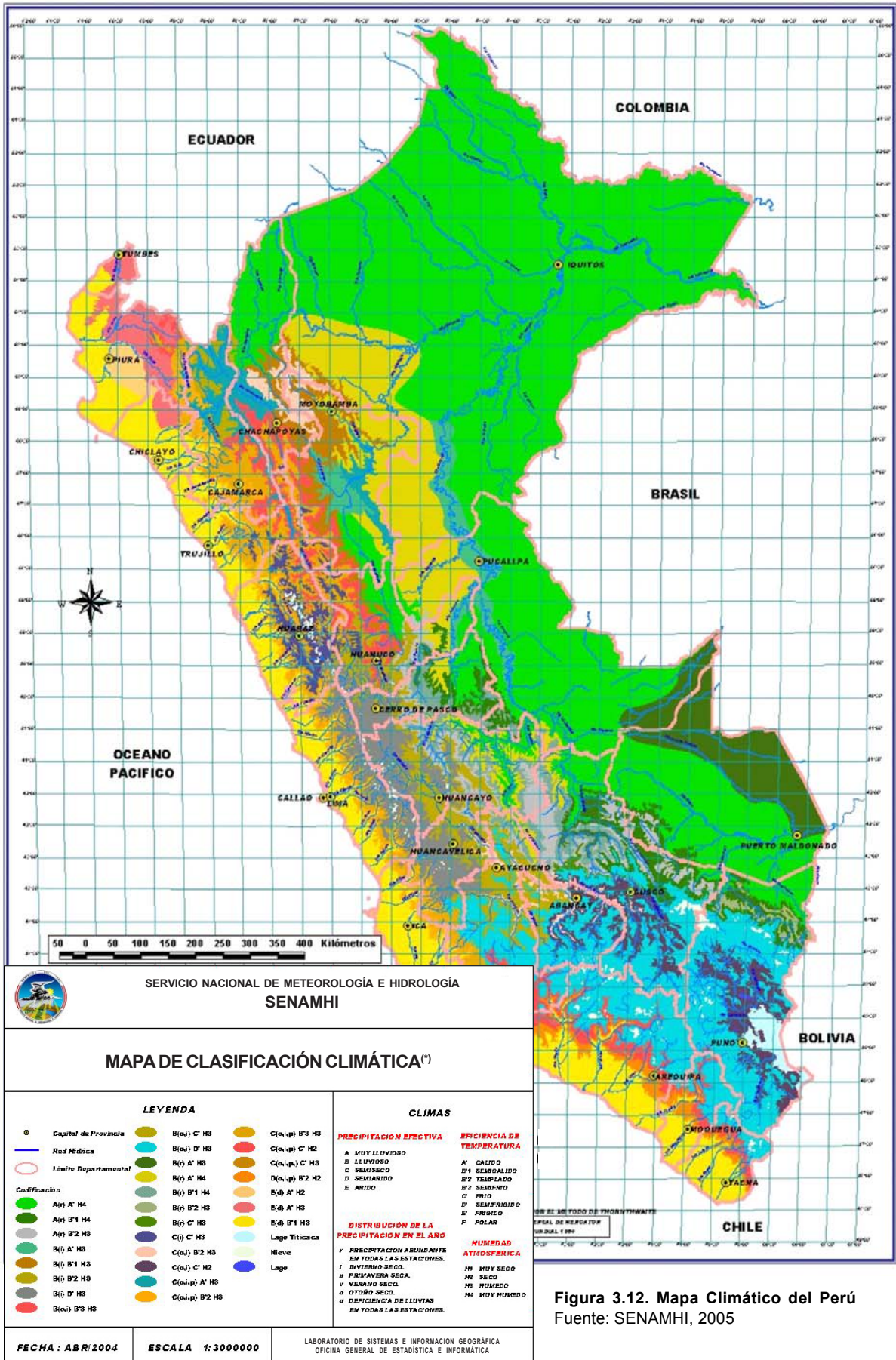


Figura 3.12. Mapa Climático del Perú
Fuente: SENAMHI, 2005

precipitaciones promedios anuales de 2 000 mm. y temperaturas de 25 °C a más, sin cambio térmico invernal bien definido. El área se encuentra bajo la influencia de este tipo climático y comprende alrededor de 43,0% de la superficie territorial del país.

3.7 EL SUELO

El uso de las tierras sin tener en consideración su vocación, conduce a serios problemas de deterioro (derrumbes, huaycos, erosión, destrucción de carreteras, casas, puentes, muertes, pérdida de tierras agrícolas, etc).

Para garantizar el buen uso de los suelos se han clasificado las tierras del Perú según su capacidad de uso mayor, que se basa en las posibilidades permanentes de los suelos para poder mantener actividades agrícolas, pecuarias o forestales dentro de márgenes económicos. Los factores que fijan estas posibilidades, están determinadas también por limitaciones como: condiciones climáticas o bioclimáticas; los riesgos de erosión determinados por la topografía y pendiente; las características del suelo, tales como: propiedades físicas, morfología, salinidad, alcalinidad, fertilidad y otros aspectos propios que inciden en la productividad; y las condiciones de drenaje o humedad definidas por la presencia de niveles freáticos elevados, peligro de inundaciones, presencia de capas densas poco permeables en el subsuelo.

El Sistema de Clasificación de Tierras según su Capacidad de Uso Mayor, fue establecido por el Reglamento de Clasificación de Tierras, según D.S. No. 0062/75-AG, del 22 de enero y su ampliación fue establecida por ONERN. Esta clasificación proporciona un sistema comprensible, claro, de gran valor y utilidad a las normas de conservación de suelo (Figura 3.13) (Brack y Mendiola, 1997).

El Sistema de Clasificación según su Capacidad de Uso Mayor establece tres categorías: Grupo, Clase y Subclase.

3.7.1 Grupos

Esta categoría representa la más alta abstracción, agrupando tierras de acuerdo a su máxima vocación de uso. El sistema considera cinco grupos de capacidad de uso mayor:

- **Grupo A: Tierras Aptas para Cultivo en Limpio**

El Perú dispone de 4'902 000 ha. (3.81% del territorio nacional) de tierras aptas para cultivo en limpio, distribuidas en las tres regiones naturales.

- En la Costa existen, principalmente en los valles irrigados, donde ocupan la mayor parte de su superficie.
- En la Sierra, se les encuentra en zonas de topografía suave y fondos de valles abrigados:
- En la Selva, en las terrazas de formación reciente a lo largo de los principales ríos.

Precisamente, gracias a la calidad de sus suelos y al clima favorable a lo largo del año, los valles de la Costa contribuyen actualmente con aproximadamente 50% del producto agrícola nacional. Por su alta calidad agrícola, estas tierras pueden destinarse también a la fijación de cultivos permanentes, pastos o a la producción forestal, cuando en cualquiera de estas formas se obtenga un rendimiento económico superior al de su utilización con fines de cultivo en limpio o cuando el interés del Estado así lo exija.

- **Grupo C: Tierras Aptas para Cultivos Permanentes**

Cubren reducida superficie del país, aproximadamente 2`707 000 ha. (2,11% del territorio nacional), se distribuyen en las tres regiones naturales continentales, siendo significativa su extensión en la Costa y en la Selva.

- En la Costa (496 000 ha), se ubican principalmente en las cabeceras de los valles irrigados y en algunas pampas o desiertos inter-fluviales.
- En la Sierra (20 000 ha), se encuentra en algunos valles de topografía relativamente suave;
- En la Selva (2`191 000 ha), en ciertos valles de la Selva Alta y en lomadas y terrazas de los valles del llano amazónico.

- **Grupo D: Tierras Aptas para Pastoreo**

Ocupan el tercer lugar en cuanto a extensión abarcando aproximadamente 17`916 000 ha, es decir 13,94% de la superficie territorial del país, las cuales están repartidas de la manera siguiente:

- Las extensiones, más vastas, referidas esencialmente a pastos naturales, se localizan en las regiones alto andinas principalmente, sobre 3 500 m.s.n.m.
- En la Costa, aparecen en las "lomas", así como asociadas con bosques de algarrobos en los Departamentos de Piura y Lambayeque.
- En la Selva, son bosques naturales que reúnen condiciones topográficas y ecológicas favorables para su transformación en pastizales cultivados o naturalizados para poder mantener una actividad pecuaria permanente y económicamente productiva.

El área con mayor potencial de pastos naturales en el Perú, es la región alto andina.

- **Grupo F: Tierras Aptas para Producción Forestal**

Las tierras aptas para producción forestal, son las más representativas del país. Alcanzan 48`696 000 ha, es decir, alrededor de 37,89% de la superficie territorial, y esta distribuida de a manera siguiente:

- Se localizan fundamentalmente en la vertiente oriental boscosa, comprendiendo 46`432 000 ha de Selva Alta y Selva Baja o llano amazónico.
- La Sierra (2`092 000 ha) tiene una significativa proporción de tierra con aptitud forestal que es necesario utilizar con fines de producción y/o de protección, para salvaguardar las cuencas y prevenir la intensa erosión hídrica, además de proporcionar material energético (leña).
- En la Costa (172 000 ha), se dispone del bosque seco del Noroeste, que se extiende a través de los Departamentos de Tumbes, Piura y Lambayeque, principalmente en los dos primeros.

- **Grupo X: Tierras de Protección**

Constituyen todas aquellas tierras que no reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para cultivos intensivos, permanentes, pastoreo y producción forestal. Se incluye dentro de este grupo a los picos nevados, pantanos, playas, causes de río y otras tierras que pueden presentar vegetación diversa, herbácea, arbustiva o arbórea, pero cuyo uso no es económico ni ecológicamente recomendable. La superficie territorial que abarca este grupo de tierras es de 54`300 560 ha, es decir, 42,25% del territorio nacional, distribuidos 10`207 000 ha en la Costa, 25`169 000 ha en la Sierra, y 18`924 560 ha en la Selva.

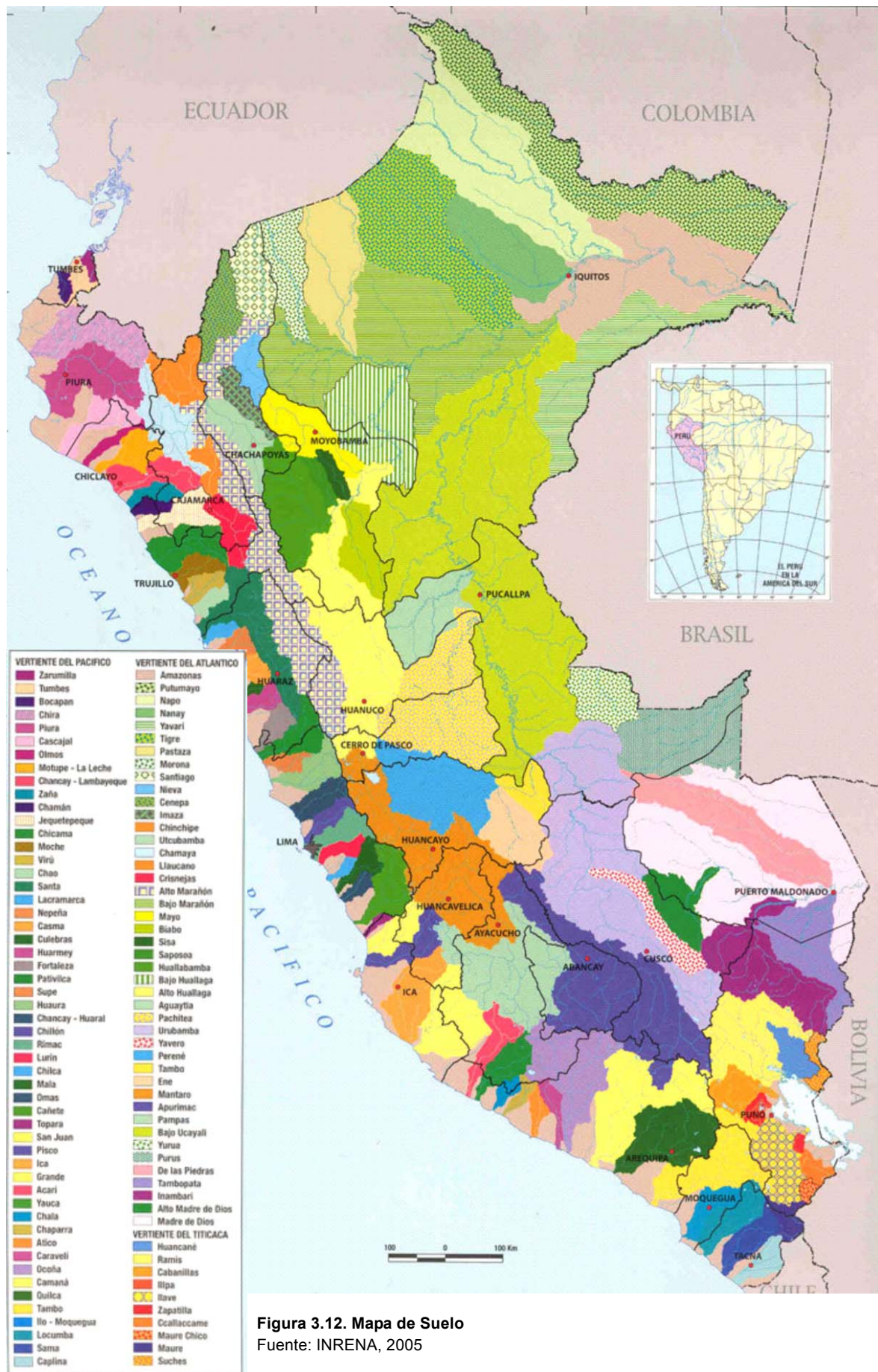


Figura 3.12. Mapa de Suelo
Fuente: INRENA, 2005

3.7.2 Clases

Es una categoría establecida sobre la base de la calidad agrológica del suelo y que refleja la potencialidad y grado de amplitud de las limitaciones para uso agrícola. Es la síntesis que comprende la fertilidad, condiciones físicas del suelo, relaciones suelo-agua y las características climáticas dominantes.

Se consideran tres clases de capacidad de uso:

- Clase de calidad agrológica alta (1)
- Clase de calidad agrológica media (2)
- Clase de calidad agrológica baja (3)

3.7.3 Subclase

Categoría establecida en función de los factores limitantes y riesgos que restringen el uso del suelo por largo tiempo.

Se han reconocido seis factores:

- Limitación por suelo (s)
- Limitación por sales (l)
- Limitación por inundación (i)
- Limitación por topografía - erosión (e)
- Limitación por drenaje (w)
- Limitación por clima (c)

3.8 EL AGUA

Según Peñaherrera (2004), el Perú cuenta con un territorio que abarca sólo el 0,87% de la superficie continental del planeta pero al que le corresponde casi el 5% de las aguas dulces del planeta. Esto, que sin duda constituye una ventaja en términos de recurso, sin embargo la realidad nos dice que las aguas superficiales se distribuyen en forma desigual en el tiempo y a través del territorio.

El relieve del Perú permite que cualquier gota de agua que drene su territorio lo haga únicamente en tres posibles direcciones: hacia el Océano Pacífico, hacia el Océano Atlántico o hacia el lago Titicaca. Es por esta razón que hablamos de tres grandes conjuntos hidrográficos: la vertiente del Pacífico, la cuenca del Amazonas y la hoya del Titicaca. Cada una de ellas con características distintas.

Son las cumbres de la cadena occidental de los Andes las que definen si las aguas de los ríos van a parar ya sea al Océano Pacífico o al océano Atlántico por esta razón a esta línea de cumbres se le denomina la divisoria continental. En el Sur del país los Andes se abren a manera de dos grandes brazos que obligan a los cursos a entregar sus aguas en el lago Titicaca, a ello se le llama cuenca cerrada u hoya, de allí el nombre de hoya del Titicaca.

3.8.1 Vertiente del Pacífico

Los cursos de agua que van al Pacífico tienen dos características: nacen a grandes altitudes entre 5 000 y 6 000 metros y cuentan un recorrido extremadamente corto con un promedio de 100 a 200 km. hasta su desembocadura. Ello se traduce en una fuerte inclinación o pendiente del terreno lo que los hace torrentosos y no navegables. Debido a su corto recorrido son también muy irregulares en su caudal con crecidas notorias en los meses de verano cuando las lluvias y deshielos se incrementan. Por otro lado, en los meses de estiaje la mayoría de estos ríos llegan a secarse.

Son 53 los ríos que desembocan al Pacífico a lo largo de la costa peruana siendo los más representativos los ríos Tumbes, Chira, Chancay, Jequetepeque, Santa, Rímac, Cañete, Ica, Majes y Tambo entre

otros. De todos los ríos de la vertiente del Pacífico sólo uno es navegable en parte de su recorrido: el río Tumbes debido a su caudal estacional y a las escasas elevaciones de su territorio. El río más largo es el sistema Colca - Camaná - Majes que cuenta con un recorrido de 388 kilómetros y el más caudaloso es el río Santa con 199 m³/s. A continuación, una breve descripción de los ríos principales de esta vertiente:

- **Río Zarumilla**

Es el río más septentrional de la costa peruana., y sirve de límite internacional entre Perú y Ecuador, con un recorrido Sureste-Noreste, hasta desembocar en el Pacífico. Su cuenca total en territorio peruano, ubicada en la margen izquierda del río, es de unos 749 km², y su longitud como río limítrofe es de unos 50 km.

- **Río Tumbes**

Es un río internacional con nacimiento en la sierra ecuatoriana de Soruma, donde recibe el nombre de Puyango, y Tumbes al ingresar a territorio peruano. Su longitud en territorio peruano es de aproximadamente 130 km. y el área de su cuenca, de 1 864 km².

El río Tumbes es el único de nuestra costa que es navegable en pequeñas embarcaciones, lo que puede hacerse hasta el pongo de Zapallal.

- **Río Chira**

También es un río internacional. Sus orígenes más lejanos están en los Andes del Ecuador, al Norte de la ciudad de Loja, donde se le da el nombre de río Catamayo. Luego cambia su denominación y se llama Chira aguas debajo de su confluencia con el Matará o Calvas, río que en un sector de su recorrido sirve de límite entre Perú y Ecuador. La cuenca peruana del Chira es de 10 063 km², al ingresar a territorio peruano, por el Departamento de Piura, sus aguas están represadas por un dique construido en la localidad de Poechos. El afluente más importante del Chira por su margen izquierda es el río Quiroz, cuya cuenca es de 3 109 km².

- **Río Piura**

Nace con el nombre de río San Martín en el cerro Sogorón, a 2 680 m.s.n.m. Luego se denomina río Canchaque hasta su confluencia con el río Bigote, a partir de donde se llama río Piura hasta su desembocadura en el Mar de Grau, en la bahía de Sechura, donde vierte sus aguas sólo en épocas de lluvias. La cuenca del Piura es de unos 16 413 km² y su longitud es de 243 km.



Figura 3.14. Principales ríos de la Vertiente del Pacífico - Zona Norte

- **Río Chancay Lambayeque**

Tiene sus orígenes al norte de San Miguel de Pallaques, en los cerros de San Lorenzo, a 3 800 msnm. El área de su cuenca es de aproximadamente 5 400 km² y su longitud es de 200 km. Al concluir su recorrido interandino e ingresar a la costa, desde el lugar llamado La Puntilla, el río Chancay Lambayeque se divide en tres ramales. El más septentrional es el denominado canal de Taymi o río Taymi, construido en épocas prehispánicas para irrigar tierras al Norte de la ciudad de Lambayeque, fin para el cual se le sigue utilizando. Al Sur de Taymi, el cauce principal recibe el nombre de río Lambayeque, con un brazo que pasa por la ciudad de Chiclayo. El curso más meridional se llama río Reque.

- **Río Jequetepeque**

Nace al Sureste de la ciudad de Cajamarca, en el cerro Quilupay, a una altitud de 4 024 m.s.n.m. El río es de régimen estacional, y en su recorrido de 160 km hasta su desembocadura, cerca de la ciudad de Jequetepeque, en el Departamento de la Libertad, toma los nombres de río Grande, Chilete, Tembladera y Jequetepeque respectivamente.

Su cuenca, de 4 500 km², es andina casi en su totalidad. Sus descargas máximas registradas en verano llegan a 360 m³/seg, pero en el invierno su caudal disminuye notablemente

- **Río Chicama**

Con una cuenca de unos 6 000 km² y una longitud de 172 km, se origina al Suroeste de la ciudad de Huamachuco, en los pantanales y lagunas de San Lorenzo, que se forman al pie de los cerros Pata de Gallo y Ruecas, de 4 200 de altitud, en el departamento de La Libertad. Río de régimen pluvial, toma diversos nombres: Callacullán, en sus nacientes, y sucesivamente, Coima, Huancay y Chicama; su descarga máxima en época de lluvia llega a los 242 m³/seg, y las mínimas descienden a 1 m³/seg, época en que se utilizan aguas subterráneas para el riego.

- **Río Moche**

Con una cuenca de 2 700 km² y una longitud de 110 km., se origina en el cerro Pelón Chico (4 450 msnm) cerca de Quiruvilca, río de régimen pluvial, se denomina río Shori en sus nacientes y al pasar por la población Chugurpampa recibe el nombre de río Moche.



Figura 3.15. Principales ríos de la Vertiente del Pacífico - Zona Sur

Durante la época de lluvia, el río transporta hasta 200 m³/seg. Pero en estiaje su lecho llega a veces a secarse principalmente por el uso de sus aguas, contaminadas por la minería en su sector andino. Su importante valle costero es conocido como Santa Catalina.

- **Río Santa**

Río de régimen pluvio-glaciar, con una cuenca de 12 000 km² y una longitud de 370 km, tiene sus orígenes en la Cordillera Blanca, en el nevado de Tucto. En sus nacientes se llama Quebrada de Tucto y lleva sus aguas a la laguna de Aguash. Su efluente o desaguadero vierte sus aguas en la laguna de Conococha; recibe el nombre de río Santa al salir de ella hasta llegar a su desembocadura en el Pacífico, en el departamento de Ancash.

El Santa es uno de los ríos de mayor caudal de la vertiente occidental. Su descarga máxima es de 972 m³/seg, mientras en estiaje apenas llega a 25 m³/seg.

- **Río Fortaleza**

Con una cuenca de unos 2 300 km², se origina en la Cordillera Negra, en el Departamento de Ancash, y desemboca al Norte de la ciudad de Paramonga, en el Departamento de Lima.

De régimen pluvial, pues depende de las lluvias estacionales de verano, las variaciones de su caudal son muy grandes; en la época de estiaje su caudal disminuye tanto que sus aguas no llegan al mar.

- **Río Pativilca**

Nace en los nevados meridionales de la Cordillera Blanca. Su cuenca es de unos 4 850 km², el volumen máximo de sus aguas alcanza los 413 m³/seg y un mínimo de 12 m³/seg. En la costa forma un valle agrícola con producción diversificada, a cargo de pequeños agricultores. Sus aguas llegan al mar al Sur de la ciudad de Pativilca y al Norte de Barranca.

- **Río Huaura**

Sus nacientes se encuentran en el nevado de Raura, al noreste del departamento de Lima en sus límites con Huánuco y Pasco; cerca de ellas está el paso Oyón, principal ruta aérea de Lima a las ciudades amazónicas de Iquitos, Pucallpa, Tarapoto. Su cuenca es de 4 400 km², y su caudal máximo medido es de 100 m³/seg, mientras el mínimo es de 7 m³/seg.

- **Río Chancay**

Con una cuenca de 3 300 km² y una longitud de 102 km., se origina al Noreste de la Provincia de Canta, en las lagunas de Acoscocha, Lichicocha y Verdecocha, ubicadas al pie del glaciar de Alcoy, en el Departamento de Lima. De estas lagunas salen las aguas con el nombre de río Ragrampi, que en su recorrido andino se denomina sucesivamente Acos y Chancay, nombre este último con el que llega al mar, al Sur de la ciudad de Chancay.

- **Río Chillón**

Con una cuenca de 2 300 km² y una longitud de 120 km. se origina en el glaciar llamado Corte, a 5 372 msnm., cuyos deshielos se concentran en la laguna de Chonta. Después de su recorrido andino, donde forma imponentes cañones fluviales, desemboca en el Océano Pacífico, al Norte de la ciudad de Lima.

- **Río Rímac**

Río de régimen pluvio-glaciar, con orígenes en lagunas formadas por los deshielos del nevado de Ticlio, a más de 5 000 metros de altitud. La superficie de su cuenca es de aproximadamente 3 700 km². Desemboca en el puerto del Callao, luego de cruzar la ciudad de Lima.

El régimen natural del río es complementado por un sistema regulado de lagunas (Marcapomacocha y Santa Eulalia) y el embalse de Yuracmayo (río Blanco y Pomacocha).

- **Río Mala**

Posee una cuenca de 2 322 km² y una longitud de 120 km. sus nacientes más lejanas están al Sureste de Matucana, donde se llama río Carhuapampa; pasa a llamarse Mala después de confluir con el río Ayavirí. El fondo de su valle interandino y costeño es gran productor de frutales, en especial manzanas; típico del valle es el plátano de Isla Maleño.

- **Río Cañete**

Sus orígenes están en el nevado de Azulcocha que concentra sus deshielos en la laguna Erjeniocc, a 5 000 msnm. El río recibe los desagüeros de esta y otras lagunas, lo que le permite transportar, durante todo el año, suficiente agua para irrigar los cultivos en el importante y productivo valle que forma en la costa. Su primera denominación es quebrada Huachic-Pampa, cambiando su denominación por la de río Cañete cuando confluye con el efluente de la laguna Mollococha. Después de un recorrido de 209 km, vierte sus aguas al mar. El promedio fluvial es de 63 m³/seg.

- **Río Chincha**

Se origina al Norte de la Provincia de Castrovirreyna, en el Departamento de Huancavelica, con el nombre de río San Juan. Recibe el nombre de Chincha cuando penetra y recorre la costa, en el Departamento de Ica, donde forma un extenso valle agrícola. Su cuenca abarca 3 250 km² y la longitud del río es de 138 km. Sus aguas son utilizadas en forma total para irrigar los cultivos en la costa y solo llegan al mar durante el verano, cuando las lluvias son intensas.

- **Río Pisco**

Con una cuenca de 4 500 km² y una longitud de 170 km, tiene sus orígenes en las alturas de Chojcho, a 5 050 msnm, donde nace con el nombre de río Luicho. Luego se llama río Chiris, y después de confluir con el río Castrovirreyna se denomina río Pisco hasta dar sus aguas al mar, al Norte del puerto de Pisco, en el departamento de Ica. Todas sus aguas son usadas para irrigar el valle que forma en la costa, de tal manera que al concluir el período de lluvias no llegan al mar, este valle presenta cultivos de vid, algodón y frutales.

- **Río Ica**

Este río solo lleva agua hasta el mar durante el verano, cuando llueve en su cuenca andina. Concluidas las precipitaciones, su cauce o lecho queda seco desde la ciudad de Ica, porque el riego de campos agrícolas, en su valle costero, utiliza todas sus aguas. Incluso se extraen aguas subterráneas para satisfacer los requerimientos agrícolas y urbanos. La cuenca del río Ica tiene un área de 8 300 km² y la longitud de su lecho es de 220 km.

- **Río Ocoña**

Nace a 5 444 msnm. en los nevados de Chancoaña, que concentran sus deshielos en la laguna de Huanzo. En su recorrido forma el Cañón del Cotahuasi, un importante cañón fluvial - el más profundo del planeta- con vertientes rocosas y escarpadas que sobrepasan los 1 200 metros desde el lecho fluvial, que se inicia a los 3 500 msnm. y termina a los 1 000 msnm.. Esta cuenca tiene un área de 13 326 km² y el río tiene una longitud de 270 km.

- **Río Camaná / Majes / Colca**

Tiene sus nacientes al Noreste del Departamento de Arequipa, en el cerro de Yanasalla, a 4 886 msnm. Ubicado al Sur del paso Crucero Alto, es uno de los ríos de mayor longitud de la vertiente occidental, pues recorre 450 km. hasta su desembocadura al Norte de la ciudad de Camaná. Su cuenca, la mayor de la vertiente occidental, ocupa aproximadamente 17 435 km².

- Río Chili / Vítor / Quilca**
 Con una cuenca de 12 700 km² y una longitud de 315 km., sus nacientes se localizan en la laguna de Coline. El curso del Chili pasa por un valle en garganta que existe entre los conos volcánicos del Misti y el Chachani. Al salir de este cañón, el valle se extiende y forma la campiña de arequipa, donde se ubica la ciudad de Arequipa.
- Río Tambo**
 Con una cuenca de 13 361 km² y un longitud de 535 km, sus nacientes se ubican en los nevados de Canacananí y Hualcane (5 334 msnm). A lo largo de su recorrido interandino forma un valle de escasa amplitud. En la costa no tiene más de 22 km. de largo, y en su parte más ancha, cerca de la población La Curva, no tiene más de 5 km. Su delta ubicado entre Mejía y Punta de Bombón, tiene un ancho de 17 km, ocupado en su mayor parte por los pantanos de Mejía, de gran importancia por la variedad de aves que alberga. La descarga de agua del río Tambo es de 40 m³/seg.
- Río Locumba**
 Sus nacientes se ubican en los Andes moqueguanos, en los cerros de Oquelaca y Chanane, a 5 100 msnm antes de su desembocadura, el río Locumba recibe los relaves del complejo minero de Toquepala. Su cuenca drena un área aproximadamente de 5 900 km², y su longitud es de 170 km.
- Río Sama**
 El área de su cuenca es de 4 738 km² y su longitud, de 160 km., sus nacientes están a 5 050 msnm en el cerro Llocollone. En su cuenca se ha construido la represa de Conorpico, con una capacidad de 2 millones de metros cúbicos.
- Río Caplina**
 Es el río más meridional de la vertiente del Pacífico Peruano. Nace en el nevado de Achacollo, a 5 690 msnm. Sólo tiene agua durante todo el año en su sector interandino; en la costa es un pequeño canal que el uso agrícola seca por completo.

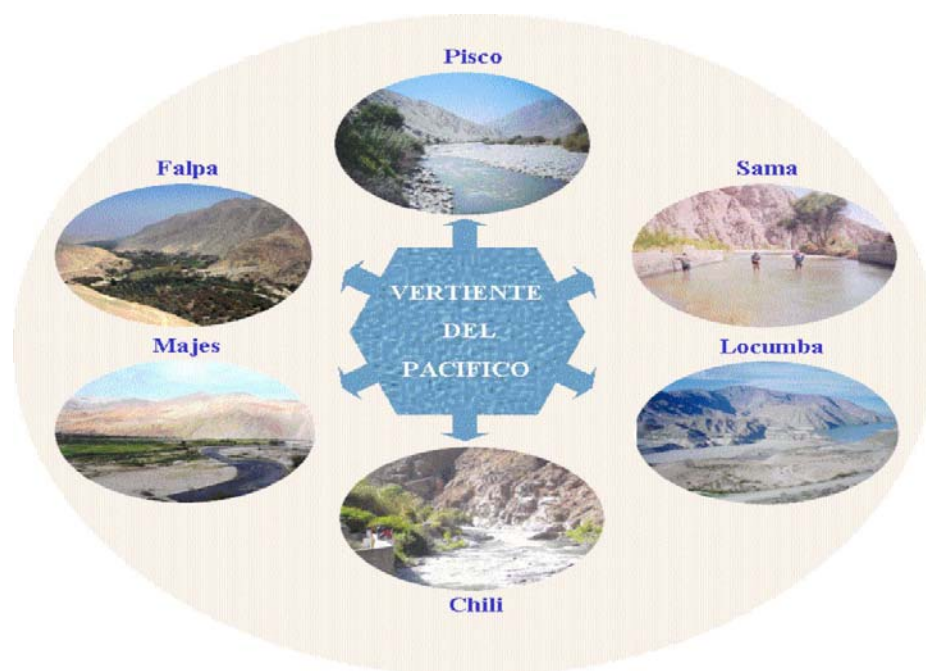


Figura 3.16. Principales ríos de la Vertiente del Pacífico - Zona Sur

3.8.2 La Cuenca del Amazonas

Lo más notorio de los ríos que pertenecen a la cuenca del Amazonas es su enorme longitud si los comparamos con los ríos de la vertiente del Pacífico. Un río como el Ucayali por ejemplo ocupa el primer lugar en longitud en el Perú con un recorrido de 1 771 km. Los 21 ríos de mayor longitud en el Perú pertenecen a la cuenca del Amazonas, mientras que el Colca - Camaná - Majes con sus 388 km ocupa recién el puesto 22. Debemos añadir que el Amazonas en territorio peruano tiene una longitud de 713 km pero su recorrido total desde sus nacientes hasta su desembocadura es de aproximadamente 6 872 km lo que lo convierte en el más largo del mundo.

Debido a la enorme distancia que recorren y a la gran cantidad de afluentes se caracterizan por ser ríos de gran caudal. De hecho el río Amazonas a la altura de la ciudad de Iquitos tiene un caudal de 80 000 m³/seg que no tienen punto de comparación con el modesto río Rimac que en promedio trae 20 m³/seg (y que con ellos calma la sed de gran parte de la capital del Perú).

Debido a su enorme recorrido estos ríos al atravesar terrenos llanos se tornan navegables. De hecho en nuestro país los puertos de Imaza, Iquitos, Pucallpa, Yurimaguas y Puerto Maldonado son sólo algunos de los puertos donde las personas se pueden embarcar en recorridos por la selva. Con sus 50 000 km de recorrido navegable, la red hídrica del oriente peruano es un eficaz modo de transporte si lo comparamos con los aproximadamente 10 000 km. de carreteras asfaltadas con que nuestro país cuenta.

- **Río Urubamba**

El río Urubamba (o Urupanpa) nace en el nudo de Vilcanota, en el Perú, desde donde recorre gran parte del territorio de la Región Cusco con el nombre de río Vilcanota. Al pasar por la ciudad de Urubamba, recibe el nombre de río Urubamba. Al pasar por Ollantaytambo, el río Urubamba se estrecha y se profundiza. Al confluir con el río Tambo, forman el río Ucayali.

- **Río Ene**

Al Norte de Sivia, en el Departamento de Ayacucho, el Apurímac cambia de nombre por el río Ene, luego de recibir por su margen izquierdo las aguas del río Mantaro.

- **Río Ucayali**

Con el nombre del río Ucayali se conoce al Amazonas en su curso medio, cuando recorre el sector comprendido desde la confluencia del Tambo con el Urubamba hasta la desembocadura del río Marañón. Con este nombre recorre los Departamentos de Ucayali y Loreto y discurre por la Selva baja con un cauce meándrico y de poca pendiente, con un ancho que varía de 400 a 2 000 metros, y con una velocidad de sus aguas mucho menor que en su curso superior.

- **Río Pachitea**

Uno de los mayores afluentes del Ucayali, nace al Este de la ciudad de Cerro de Pasco con el nombre de Huancabamba. (longitud de 550 km) Luego vierte sus aguas al río Palcazú, el que al unirse con el río Pichis pasa a denominarse río Pachitea hasta su desembocadura en el Ucayali, al Sur de la ciudad de Pucallpa. Estudios de su lecho han establecido que el Pachitea no forma meandros y que sus curvas son el resultado de fenómenos tectónicos. El ancho de su lecho varía de 150 a 500 metros; su profundidad en época de creciente permite la navegación de embarcaciones a vapor, durante todo el año.

- **Río Aguaytía**

Al norte de la ciudad de Pucallpa entrega sus aguas al río Ucayali, en el Departamento de Ucayali. Nace en la Cordillera Azul con el nombre de río Yuracyacu. Antes de ingresar al llano amazónico, se desplaza por el fondo de un valle en garganta denominado “Boquerón del Padre Abad” y al

pasar por la ciudad de Aguaytía, en el Departamento de Ucayali, toma su nombre. Su longitud es de 380 km.

- **Río Mantaro**

El río Mantaro se origina al Norte de la ciudad de la Oroya y al este del Departamento de Pasco, en la divisoria continental de aguas, en la laguna de Acaocha se denomina río San Juan, e incrementa sus aguas con el efluente del lago Junín. Luego cambia su nombre y se llama río Mantaro, cruzando por la ciudad de La Oroya; ensancha su valle desde la ciudad de Jauja, dando lugar a una notable zona agropecuaria y de piscigranjas. Luego de cruzar el Departamento de Junín, corre por el Departamento de Huancavelica, donde el río desciende aproximadamente 2 000 metros, formando dos grandes curvas que se han aprovechado en la construcción de la Central Hidroeléctrica del Mantaro, que genera el mayor porcentaje de energía eléctrica del país.

- **Río Huallaga**

Es uno de los grandes ríos de este sistema hidrográfico. Tiene una longitud de casi 1 200 km y una cuenca de aproximadamente 85 620 km². inicia su curso en la cordillera Raura, al Oeste de la ciudad de Cerro de Pasco. Discurre de Sur a Norte, y al cruzar la cadena montañosa de Carpish; forma un profundo cañón fluvial que termina en los rápidos de Cayumba

- **Río Mayo**

Sus nacientes se ubican en los límites de los Departamentos de Amazonas y San Martín, al Norte de la provincia de Bongará.. En San Martín, en su curso superior, forma un importante valle agrario que se denomina Alto Mayo, con áreas cultivadas de café, arroz y frutales, y donde se localiza la ciudad de Moyobamba.

- **Río Marañón**

Es el mayor tributario del Amazonas en territorio Peruano; se origina en el nevado Yarupa (5 800 m.s.n.m.), al Sureste del Departamento de Huánuco. Su cuenca en territorio peruano es de 287 130 km² y su longitud de 18 000 km. Tiene afluentes que se originan en territorio ecuatoriano, y por consiguiente su cuenca total es mayor. La amplitud del nivel de sus aguas, entre creciente y estiaje, es de 25 pies, es decir, casi 8 metros.

- **Río Tigre**

Toma este nombre desde la confluencia de los ríos Cunmabo y Pintuyacu, que tienen sus orígenes en territorio ecuatoriano. Con una longitud aproximada de 550 km., es navegable en embarcaciones a vapor. Sus aguas discurren por un lecho meándrico de 500 metros de ancho en su desembocadura.

- **Río Pastaza**

Es río peruano desde su confluencia con el río Bobonaza, un afluente por la margen izquierda, siendo su longitud aproximadamente de 420 km, Es navegable en todo su recorrido por nuestro territorio y a lo largo del año, pero durante el período de estiaje se forman peligrosos bancos de arena. Cuando el Pastaza desemboca en el Marañón lo hace por dos brazos; uno al Este, con un ancho aproximado de 300 metros, y otro al Oeste con 20 metros de ancho.

- **Río Putumayo**

Es un sector importante de su recorrido, desde la desembocadura del río Güeppi hasta la del río yaguas, ambas por la margen derecha, sirve de límite al Perú con Colombia a lo largo de aproximadamente 1 380 km., con un curso sinuoso marcado por numerosos meandros. El ancho de su lecho varía de 200 a 800 metros, dependiendo de si es época de estiaje o crecientes. El Putumayo es navegable durante todo el año.

- **Río Napo**

Con sus nacientes en los Andes ecuatorianos al Sureste de Quito, es río peruano desde su confluencia con el río Yasuní, un afluente por la margen derecha. En nuestro territorio hace todo su recorrido por la selva baja. El Napo vierte sus aguas en el Amazonas muy cerca de la población Francisco de Orellana. Es navegable por embarcaciones a vapor durante todo el año.

- **Río Amazonas**

El Amazonas es el más caudaloso, profundo y largo de todos los ríos del mundo. Su cuenca con un área aproximada de 6'430 000 km², también es la de mayor superficie del planeta y ocupa parte de los territorios de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú y Venezuela. La longitud del Amazonas es de 6 762 km., medida desde sus nacientes en el nevado Mismi, en la llamada Cordillera de Chila, en Arequipa, hasta su desembocadura en el Océano Atlántico. Desde estos orígenes hasta su confluencia con el río Marañón, el Amazonas tiene una longitud de 3 000 km aproximadamente. Y desde este punto hasta su desembocadura en el Atlántico, recorre otros 3 762 km. La longitud total del río Amazonas es, entonces, de 6 762 km, cifra que lo convierte en el río más largo del mundo superando de esta manera al río Nilo.

La cuenca del Amazonas abarca 19 departamentos: diez en forma total y nueve en forma parcial. El área total de la cuenca del río Amazonas en territorio peruano es de 967 187 km², cubriendo alrededor del 75% del territorio nacional.

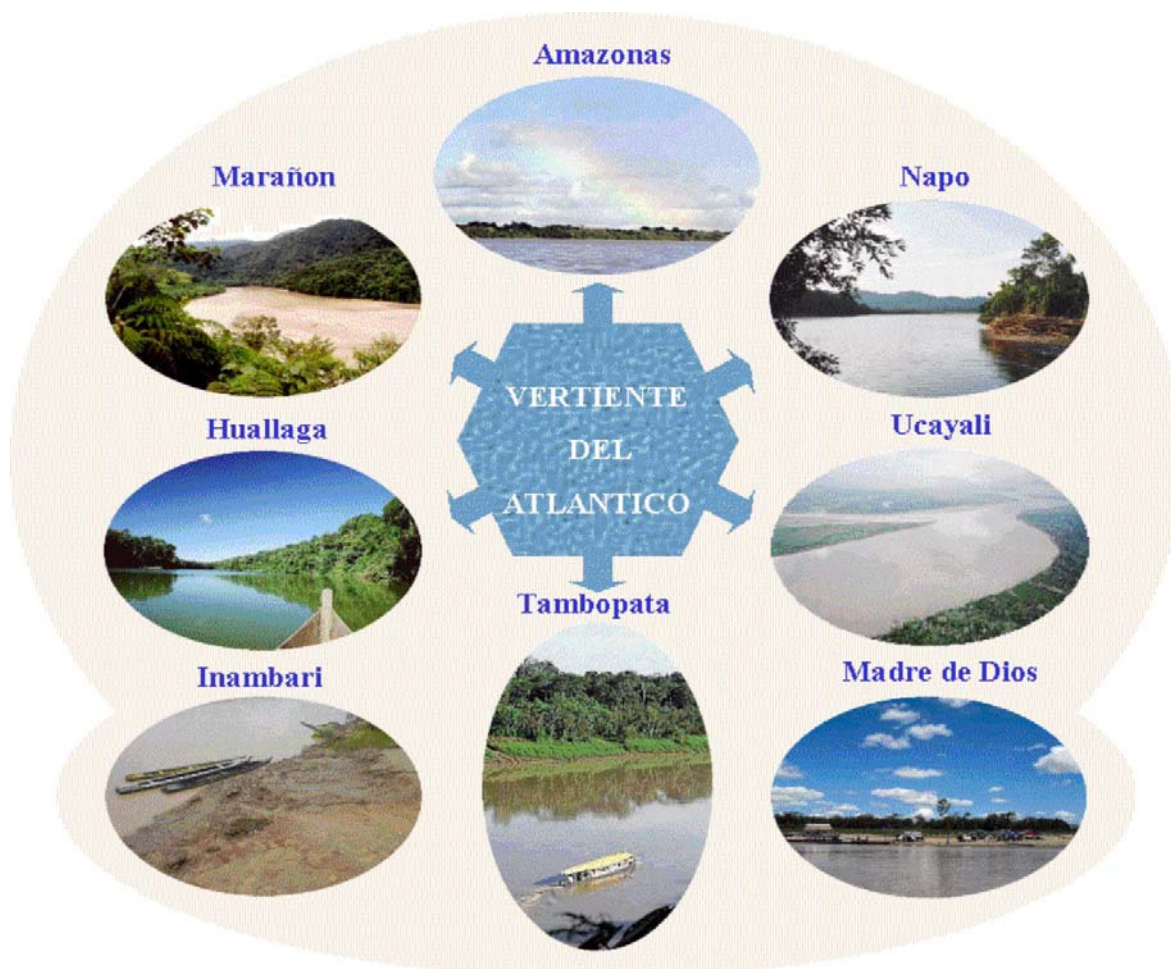


Figura 3.17. Principales ríos de la Vertiente del Atlántico

- **Río Madre de Dios**

El río Madre de Dios o Amaru Mayo forma una importante subcuenca del Amazonas al Sureste del territorio nacional de Bolivia y luego al de Brasil, y con el nombre de Madeira entrega sus aguas al Amazonas por su margen derecha. Sus orígenes están en las fuentes del río Pilcopata, al sureste de la ciudad cusqueña de Paucartambo.

La cuenca peruana del Madre de Dios es de aproximadamente de 95 000 km² y su longitud es de 655 km. en el sector de Alto Madre de Dios forma una valle de garganta que tiene su máxima expresión en el pongo de Coñec.

- **Río Inambari**

Sus nacientes más lejanas están en la cordillera de Carabaya, nevado de Ananea (5 852 msnm) en el departamento de Puno, con el nombre de río Quiaca. Se llama río Huari Huari y, finalmente, Inambari, hasta su desembocadura en el Madre de Dios. Tiene una longitud aproximada de 437 km.

- **Río Alto Purús**

Nace en territorio peruano, pero vierte sus aguas al Amazonas en territorio brasileño. En la cuenca peruana del Purús, cerca de la frontera con Brasil, esta la población Esperanza, capital de la provincia de Purús, departamento de Ucayali.

El río llega a tener un ancho de 100 m, y una longitud en territorio peruano de aproximadamente 483 km. El mayor centro poblado es Esperanza, ubicado cerca de la frontera con Brasil.

3.8.3 La Hoya del Titicaca

Delimitada por las cordilleras occidental y oriental de los Andes del Sur del Perú, en su cuenca cerrada discurren las aguas de muchos ríos siendo los más importantes el Suches, Huancané, Ramis, Coata e Ilave, todos ellos vierten sus aguas al espejo de agua del lago Titicaca que con sus 8 380 km² de superficie es el mayor de Sudamérica. Al igual que sucede en la costa estos ríos descienden desde grandes altitudes en un corto recorrido lo que los torna no navegables y torrentosos debido a su marcada pendiente. Así mismo ostentan un régimen irregular con crecidas en los meses de lluvias.

Dado que la superficie de las orillas del lago Titicaca es plana, las orillas del mismo son muy sensibles al incremento y disminución del caudal de los ríos, poniendo en peligro a los pueblos cercanos cuando el caudal se incrementa como ocurrió en el verano de 1986 cuando el lago se desbordó.

- **Río Azángaro**

Con una longitud aproximada de 300 km, se origina en el nevado Quelcaya, en el límite de los Departamentos de Puno y Cusco, al confluir con el río Lampa (su principal tributario por la margen derecha) adopta el nombre del río Azángaro, denominación que mantiene hasta que sus aguas dan al lago Titicaca, al Norte de la ciudad de Juliaca. Cerca de su desembocadura recibe por la margen derecha las aguas del río Huancané. El lecho meándrico del Azángaro tiene riberas bajas; por ello, cuando el río incrementa notablemente su caudal en época de lluvias, inunda áreas agrícolas y de pastos.

- **Río Ilave**

Tiene sus nacientes en la Cordillera Occidental de los Andes, en los límites de los Departamentos de Puno y Tacna. En sus orígenes se llama Río Blanco, y luego Aguas Calientes, hasta confluir con el río Huenque, lugar en el que toma el nombre del río Ilave hasta su desembocadura en el lago Titicaca. Tiene una longitud de 70 km.

- **Río Suches**
Tiene sus nacientes en el nevado de Ananea, en el Departamento de Puno. En un sector de su recorrido sirve de límite internacional con Bolivia. Al dejar de ser limítrofe ingresa a territorio boliviano y luego vierte sus aguas al Titicaca.
- **Río Desaguadero**
Es el único efluente del lago Titicaca, pues lleva sus aguas de este hacia el lago Poopó, al Sur en territorio boliviano, que tiene una cuenca endorreica.

Otros ríos importantes de la cuenca peruana del lago Titicaca son el Ayavirí/Pucará, el Cabanillas/Coata, Lampa, Huancané, Azángaro, Ayaviri, Huenque, Uncallame, Grande, Zapatilla, Ccallaccame y Uchusuma.



Figura 3.18. Principales ríos de la Vertiente del Lago Titicaca

En la Tabla 3.3, se presenta la relación de los principales ríos del Perú; que en su mayoría se encuentran ubicados en la cuenca amazónica peruana.

El territorio peruano presenta además, escenario promisorio para la formación de lagos y lagunas. Al día de hoy existen en todo el espacio peruano más de 12 201 lagos y lagunas de distinto tamaño las cuales se distribuyen en las tres vertientes (Tabla 3.4). El lago Titicaca, que ocupa una depresión en el extremo Norte de la meseta del Collao, entre Perú y Bolivia; es el mayor de Sudamérica, ocupando una extensión de 8 380 km² de los cuales 4 996 km² corresponden a Perú. Es, además, el lago navegable con mayor altitud: 3 812 metros sobre el nivel del mar; en este lago se producen olas, mareas y vientos debido a su gran extensión.

Las lagunas de la vertiente del Pacífico son dispersas y pequeñas y muchas de ellas se aprovechan como reservorios de almacenamiento de agua en estaciones secas. La más representativa es la laguna Ñapique-Ramón en el Departamento de Piura.

Río	Longitud (Km)	Río	Longitud (Km)
Ucayali	1771	Madre de Dios	655
Marañón	1414	Tacuaimanu	621
Putumayo	1380	Tigre	598
Yavari	1184	Purús	483
Huallaga	1138	Corrientes	448
Urubamba	862	Tapiche	448
Mantaro	724	Inambari	437
Amazonas	713	Curaray	414
Apurímac	690	Morona	402
Napo	667	Tambopata	402
Total	10543	Total	4908

Tabla 3.3. Principales ríos del Perú

Fuente: CIDEIBER, 2005

La sierra contiene una amplia gama de lagunas, La mayoría de ellas por encima de los 4 000 msnm destacando entre ellas la gran laguna de Junín (también conocida como laguna de los Reyes o Chinchaycocha) emplazada en la pampa de Junín. En Ayacucho destaca la laguna de Parinacochas.

En el llano amazónico existe una amplia variedad de lagunas de origen fluvial llamadas cochas y que tienen forma de herradura. Ellas son el producto del repentino cambio de curso de los ríos dejando abandonada "la herradura" la misma que con el tiempo tiende a desaparecer si no es alimentada por cursos de agua. Entre las más importantes tenemos a la laguna de Yarinacochas en Ucayali, la laguna El Sauce en San Martín y la de Quistococha en Loreto.

En la hoya del Titicaca se ha conformado el espejo de agua más grande de Sudamérica y a su vez el lago navegable más alto del mundo ubicado a 3 883 msnm. Es el Titicaca con una extensión de 8 380 km² de los cuales el 59,6% es decir 4 996 km² corresponden al Perú.

Vertiente	Total			Capacidad (MMC)
	Explotación	Estudio	Resto	
Pacífico	105	204	3 587	1 996
Cerrada	3	1	19	226
Atlántico	76	133	7 232	4 610
Titicaca	2	4	835	149
Total	186	342	11 673	6 981

Tabla 3.4. Capacidad de las Lagunas por Vertiente

Fuente: CIDEIBER, 2005



Figura 3.19. Principales Lagunas Naturales del Perú

3.9 HETEROGENEIDAD O DIVERSIDAD BIOLÓGICA EN EL PERÚ

La heterogeneidad geográfica del Perú se expresa en cinco grandes espacios: el mar, la costa, con sus desiertos y valles, el ande, con su topografía accidentada, la llanura amazónica de bosques tropicales y la antártica con su llanura glacial.

Cada uno de estos espacios tiene subdivisiones: el mar frío y el mar tropical; la zona costera, el margen continental, la fosa oceánica; la costa desértica, los oasis fluviales y las lomas; las vertientes occidentales, los andes, la puna, la jalca, los glaciares y las vertientes orientales, la selva alta y la selva baja, y la antártica.

Estos grandes espacios o regiones biogeográficas han sido clasificados por diferentes autores de la manera siguiente:

- 8 regiones naturales: Chala o Costa, Yunga, Quechua, Suni o Jalca, Puna, Janca o Cordillera, Rupa-rupa o Selva Alta y Omagua o Selva Baja (Pulgar Vidal, 1941).
- 4 Dominios y 7 Provincias Zoogeográficas, Dominio Amazónico con 4 provincias (Amazónica, Pacífica, Yungas y Páramo); Dominio Andino Patagónico con 3 provincias (Altoandina, Puneña y Desierto); Dominio Costero; y Dominio Oceánico Peruano-Chileno (Cabrera y Willink, 1973).
- 5 Dominios Geográficos y 9 Ecozooregiones: Dominio Amazónico con 5 ecozooregiones (Amazónica o Selva Baja, Yungas o Selva Alta, Pacífica o Bosque Tropical del Pacífico, Ecuatorial y Páramo); Dominio Chaqueño con una ecoregión (Sabana de Palmeras); Dominio Andino-Patagónico con tres ecoregiones (Puneña, Desierto o Desierto Costero del Pacífico y Serranía Esteparia); Dominio Oceánico Peruano Chileno o Mar Frío de la Corriente Peruana y Dominio Oceánico Tropical (Brack, 1976).
- 16 unidades resultantes de la conjunción de 8 provincias biogeográficas y 3 regiones longitudinales (CDC-UNALM, 1986).
- 1 Región, 2 subregiones, 4 provincias, 2 subprovincias, 14 distritos y 2 subdistritos (Ceballos, 1976).
- 84 zonas de vida, de las 104 que existen en el mundo, y 17 de carácter transicional, distribuidas en tres franjas latitudinales: tropical, subtropical y templada cálida (ONERN, 1976).
- 8 tipos de clima de los 32 existentes en el planeta, con una alta variabilidad local entre los mismos, clasificación obtenida según el sistema Thornthwaite, 1948 (SENAMHI, 1977).
- 7 regiones geográficas de acuerdo al sistema de clasificación natural de los suelos propuesto por la FAO: Desierto Costero o Yermosólica; Flanco Occidental de los Andes o Litosólica, Altoandina o Paramosólica, Valles Interandinos o Kastanosólica; Selva muy Alta o Lito cambiosólica; Flanco Oriental Boscoso o Acrisólica y Selva Baja o Acrisólica Ondulada (ONERN, 1972).

3.9.1 Flora

La naturaleza ha dotado al Perú con una enorme variedad de paisajes y ecosistemas; 84 de las 104 zonas ecológicas existentes en el mundo se encuentran en este país (Tabla 3.5), lo que lo sitúa entre los cinco con mayor diversidad biológica del mundo. Aquí se encuentran entre treinta y cuarenta mil especies de flora, de las cuales sólo se han descrito aproximadamente la mitad; cada año se descubren nuevas especies, a la vez que se describen otras ya conocidas.

Entre las regiones ecológicas más extendidas en Perú se encuentran el mar templado de la corriente peruana, el mar tropical, el desierto costero del Pacífico, el bosque seco ecuatorial, el bosque tropical del Pacífico, la serranía esteparia, la puna (en la cordillera de los Andes, una plataforma de tierras frías entre los 3 000 y 5 000 metros de altura), el páramo, la selva alta o yunga, el bosque tropical amazónico y la sabana de palmeras.

Organización de la biosfera	Elementos del nivel de organización	
	En Perú	En el mundo
Ecosistemas	84	101
Plantas superiores (1)	35	450
Animales	3,78	42,1
Aves	1,68	9,19
Mamíferos	374	4,17
Reptiles	298	6,50
Anfibios	241	4,14
Otros	1,18	18,09

(1) Número aproximado de especies cultivables.

Tabla 3.5. Diversidad ecológica en Perú y el Mundo

Fuente: CIDEIBER, 2005

- **Flora de la Costa**

Como sabemos la costa central y sur del Perú tiene como característica fundamental la ausencia de precipitaciones así como altos niveles de humedad y nubosidad. Estas condiciones han definido: gramadales, lomas Tilandsiales, cactáceas y montes ribereños. Todas estas formas de vegetación tienen por virtud el haberse sabido adaptar a la carencia de precipitaciones. Las tilandsiales por ejemplo aprovechan el rocío de la mañana que se condensa sobre sus hojas y cae en su centro. Las lomas aprovechan las nieblas cargadas de humedad que en los meses de mayo a agosto se estrellan contra las laderas de algunas zonas de la costa. De esta manera, al inicio de la primavera ocurre una explosión de color y vida en estos espacios. Las lomas más conocidas son las de Atiquipa en Arequipa y las de Lachay en Lima.

En la costa norte tenemos precipitaciones a inicios de año y un mayor brillo solar. Estas condiciones han definido grandes tipos de vegetación como son: manglares, chaparrales, ceibales, algarrobales y sapotales. Todos estos conjuntos alcanzan la fase arbórea (llegan a convertirse en árboles) debido a las estrategias que desarrollan para acceder al agua. Así el mangle se desarrolla en los estuarios en contacto con las aguas de mar mientras que los algarrobos desarrollan raíces profundas que alcanzan la napa freática varios metros debajo del suelo.

- **Flora de la Sierra**

En la sierra de nuestro país las especies de flora más representativas son arbustos como la "tola" y pastos como el "chilihuial" y el muy conocido "ichu", gramínea muy fuerte y con gran capacidad de adaptarse a las condiciones frías de la puna con hojas en forma de tubos radiales para captar la humedad y con ápice o puntas muy duras. A los 4000 m. encontramos la formación arbórea más alta de nuestro país: los "quinuales" que crecen pegados a las rocas y que conforman buen refugio para los animales. Su madera es muy apreciada por los pobladores. Las cactáceas abundan sobre todo en la sierra central mientras que en la sierra norte tenemos otras especies favorecidas por la latitud y las mayores precipitaciones, entre ellas: el pasayo, el molle, el ceibo, la cabuya, el mito, el guayacán, entre otros.

- **Flora de la Selva**

Las vertientes orientales de los Andes en su descenso determinan una variación continua de la vegetación: la denominada selva alta y la selva baja, cada una de ellas con sus características propias.

La selva alta posee un clima cálido - húmedo, una abundante precipitación y una pendiente pronunciada. Ostenta una vegetación arbórea abundante representada por: ishpingo, zapote; palmeras como el aguaje y la pala de aceite y algunas variedades de plantas forrajeras como toro, urco, gramalote y oreja de elefante.

La selva baja presenta el llano amazónico y con él una variedad de plantas que deben soportar las condiciones más cálidas de la cuenca amazónica. En ella encontramos especies arbóreas representativas como son: la caoba, el cedro, la lupuna y el tornillo. A la sombra de estas formaciones encontramos especies de plantas trepadoras como son la ayahuasca y el sebo vegetal y especies acuáticas como son la Victoria regia y la jatunsisa.

3.9.2 Fauna

Está representada, por animales autóctonos los cuales están a punto de extinguirse, a pesar de las medidas que se vienen implementando.

- **Costa.** La costa es pobre en especies, destacando el venado, la iguana, el zorrillo y la tortuga gigante. Los ríos registran diversidad de peces, siendo abundantes los camarones. En tanto que el mar peruano destaca por su producción de corvinas, lenguados, anchoveta, bonito, crustáceos y mariscos. Además se tiene tiburones, cachalotes, ballenas e infinidad de especies marinas como la anchoveta de la cual se produce harina de pescado y pescado enlatado para consumo humano.

Las aves tienen una importancia económica por el guano que depositan en el litoral, habiendo dado lugar a depósitos de guano que son utilizados como abono en la agricultura.

- **Sierra.** La sierra se caracteriza por la presencia de alpacas, llamas, guanacos y vicuñas, cuya utilidad económica es la de suministrar lana y carne a la población. De igual forma en esta región se encuentran venados, chinchillas y vizcachas. En los lagos se tienen aves como las gaviotas, parihuanas, patillos y zambullidoras.
- **Selva.** La selva tiene una fauna diversificada, destacando la presencia del jaguar, grandes serpientes, cocodrilos, jabalíes, papagayos, loros, miles de aves y especies aún desconocidas. El río Amazonas, tiene especies de toda naturaleza aún por clasificar. Además de peces, en los ríos existen caimanes y tortugas, pero su pesca está prohibida.



Figura 3.20. Muestra de la Flora de nuestro país

3.9.3 Áreas Protegidas

En el Perú existen 42 áreas naturales protegidas que cubren un total aproximado de 127 mil k² (Figura 3.21), que corresponde el 4,3 % de la superficie del país. Dentro de las áreas nacionales protegidas se tienen las siguientes:

- **Parque Nacional**

Área generalmente extensa, donde existen diversos ambientes únicos o representativos de la diversidad biológica natural del país, no alterada significativamente por la acción humana, capaces de autoprotetarse y en que las especies de flora y fauna o las formaciones geológicas, son de especial interés educativo, científico o recreativo.

Dentro de los parques nacionales tenemos los siguientes:

- Bahuaja-Sonene
- Cerros de Amotape
- Cordillera Azul
- Cutervo
- Huascarán
- Manu
- Río Abise
- Tingo María
- Yanachaga-Chemillen

- **Reserva Nacional**

Son áreas de protección destinadas a la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de los recursos de flora y fauna silvestre, acuática o terrestre. En ellas se permite el aprovechamiento comercial de los recursos naturales bajo planes de manejo aprobados, supervisados y controlados por la autoridad nacional competente.

Existen actualmente 4 reservas nacionales que ocupan un área de 3 221 376 ha, equivalentes al 2,51% del territorio nacional.

- Calipuy
- Junín
- Lomas de Lachay
- Pacaya - Samiria
- Pampa Galeras-Bárbara D'Achille
- Paracas
- Salinas y Aguada Blanca
- Tambopata
- Titicaca

- **Santuario Nacional**

Son áreas donde se protege, con carácter intangible, el hábitat de una especie o una comunidad de la flora y fauna, así como las formaciones naturales de interés científico y paisajístico. En el Perú tenemos hoy en día seis Santuarios Nacionales que abarcan un área total de 48 113,10 ha, que representa el 0,037% del territorio nacional.

- Ampay
- Calipuy
- Hauyllay
- Lagunas de Mejía
- Manglares de Tumbes
- Tabaconas - Namballe

- **Santuario Histórico**

Cubren un área de 41 279,38 hectáreas que representa el 0,032% del territorio nacional. Los Santuarios Históricos son áreas que protegen con carácter de intangible espacios que contienen valores naturales relevantes y constituyen el entorno de sitios de especial significación nacional por contener muestras del patrimonio monumental y arqueológico o por ser lugares donde se desarrollaron hechos sobresalientes de la historia del país.

- Bosque de Pomac
- Chacamarca
- Pampa de Ayacucho
- Machu Pichu

- **Zona Reservada**

En la actualidad ya se han creado quince Zonas Reservadas que cubren un área total de 7'849 583,71 hectáreas, lo que representa el 6,11 % del territorio nacional. Las Zonas Reservadas son

áreas que, reuniendo las condiciones para ser consideradas como Áreas Naturales Protegidas, requieren la realización de estudios complementarios para determinar, entre otras, la extensión y categoría que les corresponderá como tales.

- Algarrpbañ El Moro
- Allpahuayo Mishana
- Alto Purús
- Amarakaeri
- Apurímac
- Aymara - Lupaca
- Chancaybaños
- Cordillera de Colán
- Güeppi
- Laquipampa
- Manu
- Pantanos de Villa
- Río Rímac
- Santiago Comaina
- Tumbes

- **Bosque de Protección**

Son áreas que se establecen con el objeto de garantizar la protección de las cuencas altas o colectoras, las riberas de los ríos y de otros cursos de agua y en general, para proteger las tierras frágiles, que así lo requieran.

En la actualidad existen seis Bosques de Protección que cubren una superficie de 389 986,99 hectáreas que representan el 0,3 % del territorio nacional.

- Aledaño a la Bocatoma del Canal Nuevo Imperial
- Alto Mayo
- Pagaibamba
- Pui Pui
- Puquio Santa Rosa
- San Matías San Carlos

- **Reserva Comunal**

Las Reservas Comunales son áreas destinadas a la conservación de la flora y fauna silvestre, en beneficio de las poblaciones rurales vecinas.

El país cuenta con dos Reservas Comunales que ocupan un área de 651 158,11 hectáreas, lo que representa el 0,51% del territorio nacional.

- El Sira
- Yanesha

- **Reserva Paisajista**

Son áreas donde se protegen aquellos ambientes, cuya integridad geográfica muestra una armoniosa relación entre el hombre y la naturaleza, albergando importantes valores naturales, estéticos y culturales.

El país cuenta con una Reserva Paisajística que ocupa un área de 221 268,48 hectáreas, lo que representa el 0,17% del territorio nacional.

- Nor Yauyos - Cochas

- **Coto de Caza**

Hoy en día el país cuenta con dos Cotos de Caza que cubren una superficie de 124 735 hectáreas, lo que representa el 0,1% del territorio nacional.

Son áreas destinadas al aprovechamiento de la fauna silvestre a través de la práctica regulada de la caza deportiva.

- El Angolo - Sunchubamba

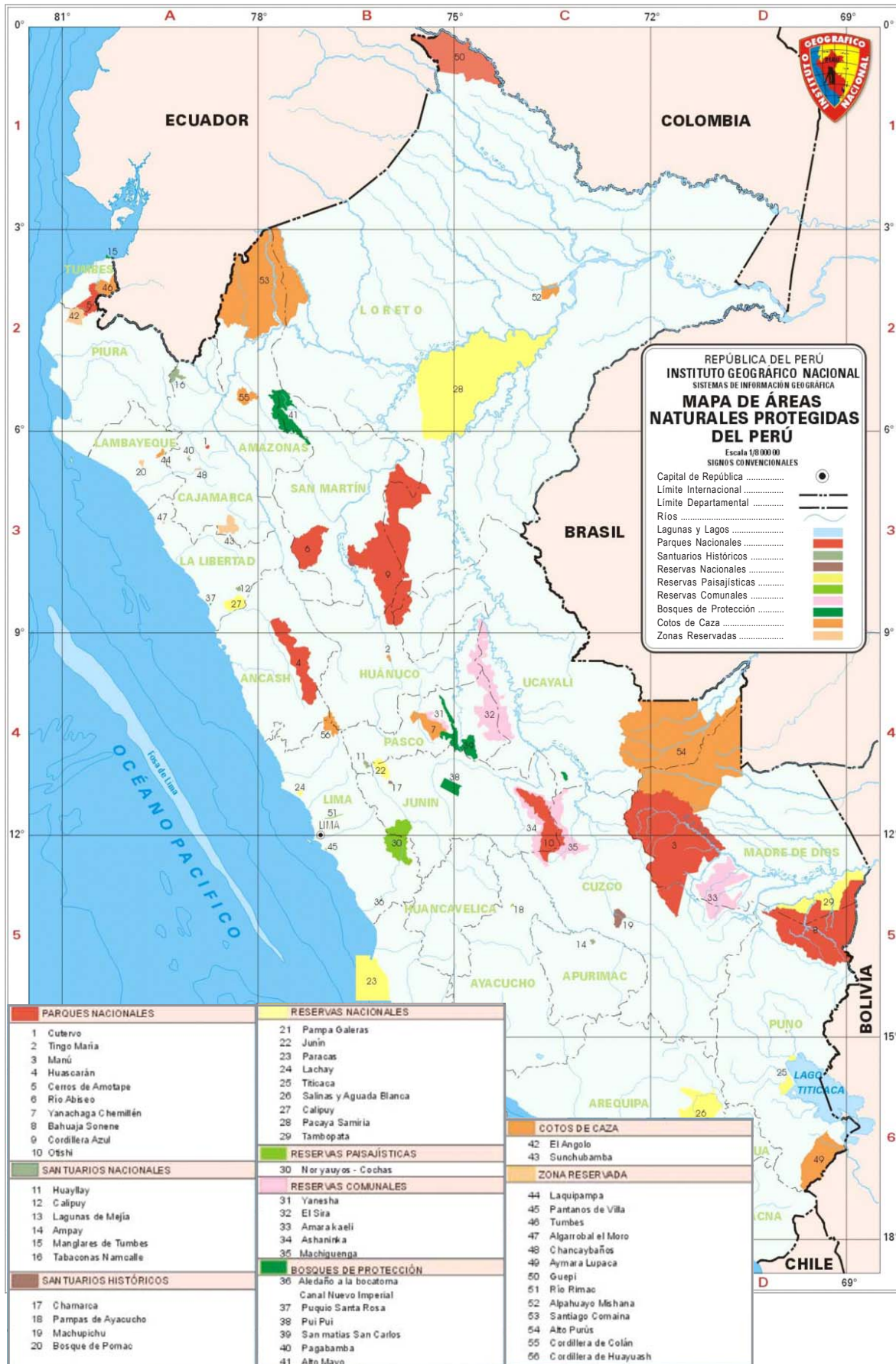


Figura 3.21. Mapa de Areas Protegidas

Fuente: IGN, 2005



Figura 3.22. Areas Protegidas de Mayor Potencial Turístico

3.9.4 Ecosistemas especiales

Dentro de los ecosistemas especiales, tenemos los siguientes:

- **Lomas**

Constituyen formaciones vegetales que se generan como consecuencia de las neblinas advectivas invernales y de primavera, provenientes del sur y suroeste y que humedecen las laderas de los cerros de pendiente suave y las quebradas orientadas hacia el mar, en la costa del Perú y Chile; son definidas también como biocenosis cercana al mar o biocenosis de vegetación de neblina.

Ecológicamente las lomas pertenecen a la faja altitudinal Montano Bajo de la Región Subtropical. La vegetación de las lomas podría clasificarse como una asociación atmosférica, debido a la bruma o mayor humedad relativa del aire, en comparación con la asociación climática en un clima normal, a la misma temperatura y precipitación. Al considerar ambas anomalías cismáticas, quizás la vegetación podría ser denominada más acertadamente como Asociación de Chaparral Nublado de la zona de Vida Matorral Desértico.

Se conocen en el país 9 lomas correspondientes a la Costa Norte, 23 en la costa Central y 35 en la Costa Sur. Este ecosistema abarca, según los mapas ecológicos basados en el sistema Holdridge, un 0,64% del territorio nacional. Las lomas, actualmente separadas las unas de las otras, probablemente constituyeron en el pasado una franja casi continua a lo largo de la costa. Su aislamiento ha dado lugar a un acentuado proceso de especiación que hace difícil escoger muestras representativas de esta zona de vida natural.

Las lomas más importantes en el Perú, son de Norte a Sur, las de Trujillo, Casma, Lachay, Iguanil (casi desaparecida), Chancay y Chancayllo, Chilca, Pongo o Acarí, Jahuay, Atiquipa, Arantes, Yuta, Jesús, Yerbabuena, Atico, Camaná, Ilo y Sama.

- **Lagunas Costeras**

Zonas hidromórficas, ubicadas en la región costera, que son producto del afloramiento del agua subterránea. Por su cercanía al mar, la mayoría de ellas son salobres, es decir tienen algún grado de salinidad. Muchas de ellas hospedan aves migratorias y vegetación como totora, juncos, y plantas flotantes como el "repollito de agua".

Las lagunas costeras se encuentran rodeadas por los gramadales, comunidad herbácea halófila que tolera una fuerte salinidad al medio físico, conformado por grama salada (*Distichlis spicata*, *Sporobolus virginicus*).

- **Pantanos**

Son amplias áreas de depósitos fluviales, alimentados principalmente por inundaciones de los ríos de la selva amazónica. La más conocida es la ubicada entre los ríos Marañón y Ucayali, conocida como "depresión Ucumumara", la que tiene una gran variedad de flora y fauna, muy peculiar y no conocida en otros ecosistemas; permanece gran parte del año inundada. Existen otras pequeñas en las cercanías del río Ucayali. Todas ellas son parte del concepto de humedales, del Convenio Internacional RAMSAR.

- **Bofedales**

Otro tipo de ecosistemas hidromórficos ubicados en las partes alto andinas del Sur del país, donde existen diferentes tipos de pastos naturales muy suculentos, que sirven de alimentos a algunos camélidos sudamericanos tales como la alpaca.

- **Aguajales**

Como parte del ecosistema de pantanos, se encuentra los "aguajales", que son ecosistemas hidromórficos, que se desarrollan sobre terrenos de topografía plana a ligeramente depresionadas, alimentadas por desbordes de pequeños ríos, de drenaje pobre. Constituyen formaciones de asociaciones homogéneas de palmeras llamadas "aguajes" (*Maurítia flexuosa*). Existen dos tipos de aguajales, unos densos con predominancia de aguaje, y otros en asociación con otras especies vegetales resistentes a los excesos de agua.

- **Bosques Montanos**

Los bosques montanos ocupan un lugar importante en la biogeografía del Perú, son conocidos como bosques de neblina, y ceja de montaña. Mucho del carácter único de la flora y fauna peruana está concentrado en las vertientes orientales y occidentales de la cordillera de los Andes.

Son importantes para la protección de cuencas altas de los ríos, aspecto que es crucial para los ríos de la zona norte donde el agua es de trascendental importancia para la agricultura y el uso urbano. Para la seguridad de los pobladores, su importancia radica en su utilidad para la conservación de la infraestructura vial y el agua, y para el control de los desastres naturales en forma de aluviones.

- **Los Bosques Amazónicos**

La cuenca amazónica peruana abarca una superficie total de 956 751 km², ocupando aproximadamente el 74% del territorio nacional. Sin embargo, los bosques amazónicos peruanos ocupan una extensión de 676 347,63 km² (INRENA, 1999). Estos bosques se dividen en dos áreas: Amazonía Alta y Amazonía Baja.

- La Amazonía Baja comprende hasta los 800 metros sobre el nivel del mar (Brack et al, 1990).
- La Amazonía Alta comprende por encima de los 800 metros hasta los 3 000 o 3 400 m de altura sobre el nivel del mar.

Más de la mitad del territorio peruano está cubierto por estos bosques naturales, lo cual coloca al Perú como el segundo país en América Latina y el séptimo en el mundo en términos de cubierta forestal (INRENA, 1999).

Dichos bosques guardan innumerables recursos naturales únicos en el mundo. Las abundantes lluvias, la elevada humedad, la compleja topografía, los diferentes tipos de suelos y los sistemas de ríos con meandros han resultado en un mosaico de hábitat y tipos de bosques, los cuales mantienen una alta biodiversidad y variadas comunidades de plantas y animales.

Los bosques tropicales cumplen también funciones vitales a escala global, en términos de la regulación climática, proceso de reciclaje de agua y nutrientes, los cuales dependen de grandes bloques de cobertura boscosa intacta, tal como se aprecia en la Tabla 3.6

Servicios	Importancia económica
Reserva Genética	La selva tropical alberga gran cantidad de hábitat, variedad genética que constituyen probablemente su activo mas importante. La selva provee la reserva genética que puede proteger a los cultivos industriales de la peste y del cambio climático.
Agua	La selva absorbe el agua de la lluvia y regula su abastecimiento suavizando la oferta de agua a lo largo del año impidiendo así las grandes fluctuaciones.
Cuencas	Los bosques protegen el suelo de la fuerte erosión que puede ocasionar el agua.
Especies acuáticas	La selva protege y alberga innumerables especies de peces en los ríos, lagos y manantiales.
Clima	La selva estabiliza el clima. La deforestación de la selva es una de las causas del efecto invernadero.
Recreación	La selva proporciona a las personas oportunidades inigualables de recreación y esparcimiento.

Tabla 3.6. Importancia de los bosques y sus recursos

Fuente: World Watch Paper, 1993

Entre las especies madereras de importancia económica se encuentran la caoba (*Sweitenia macrophylla*), el cedro tropical (*Cedrela odorata*) y la cumala (*Virola sp.*). Sólo estas especies representan el 90% del aprovechamiento del total de madera del país.

Según el Mapa Forestal desarrollado (Figura 3.23) por el INRENA, en el Perú se distinguen los tipos de bosques siguientes:

3.9.5 Ordenamiento Forestal

Según la Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 27308, el ordenamiento de la superficie forestal del país, dentro del Patrimonio Forestal Nacional, comprende (Minag, 2000):

- **Bosques de producción**
Son superficies boscosas que por sus características bióticas y abióticas son aptas para la producción permanente y sostenible de madera y otros servicios forestales. Se subdividen en:
- **Bosques de producción permanente**
Son áreas con bosques naturales primarios, que son utilizados para el aprovechamiento de la madera y de otros recursos forestales y de fauna silvestre.
- **Bosques de producción en reserva**
Son bosques naturales primarios destinados a la producción preferentemente de madera y otros bienes y servicios forestales.
- **Bosques para aprovechamiento futuro**
Son superficies que por sus características bióticas y abióticas se encuentran en proceso de desarrollo para ser puestas en producción permanente de madera y otros servicios forestales. Se subdividen en:
 - **Plantaciones forestales:** Son aquellas logradas mediante el establecimiento de cobertura arbórea y arbustiva en áreas de capacidad de uso mayor forestal.
 - **Bosques secundarios:** Son superficies boscosas pobladas por especies pioneras, formadas por pérdida del bosque primario como consecuencia de fenómenos naturales o actividad humana.
 - **Áreas de recuperación forestal:** Son tierras sin cubierta vegetal o con escasa cobertura arbórea o de bajo valor comercial, que requieren forestación y reforestación, para reincorporarlas a la producción y prestación de servicios forestales.
 - **Bosques en tierras de protección:** Son superficies que por sus características bióticas y abióticas sirven fundamentalmente para preservar los suelos, mantener el equilibrio hídrico, conservar y proteger los bosques ribereños orientados al manejo de cuencas para proteger la diversidad biológica y la conservación del ambiente.
 - **Áreas naturales protegidas:** Se consideran áreas naturales protegidas las superficies necesarias para la conservación de la diversidad biológica y demás valores asociados de interés ambiental, cultural, paisajístico y científico, de conformidad con lo establecido en la Ley N° 26834.
 - **Bosques en comunidades nativas y campesinas:** Son aquellos que se encuentran dentro del territorio de dichas comunidades, con la garantía que les reconoce el Artículo 89° de la Constitución Política del Perú.
 - **Bosques locales:** Son los que otorga el INRENA de acuerdo al reglamento, mediante autorizaciones y permisos a las poblaciones rurales y centros poblados para el aprovechamiento sostenible de los recursos forestales.

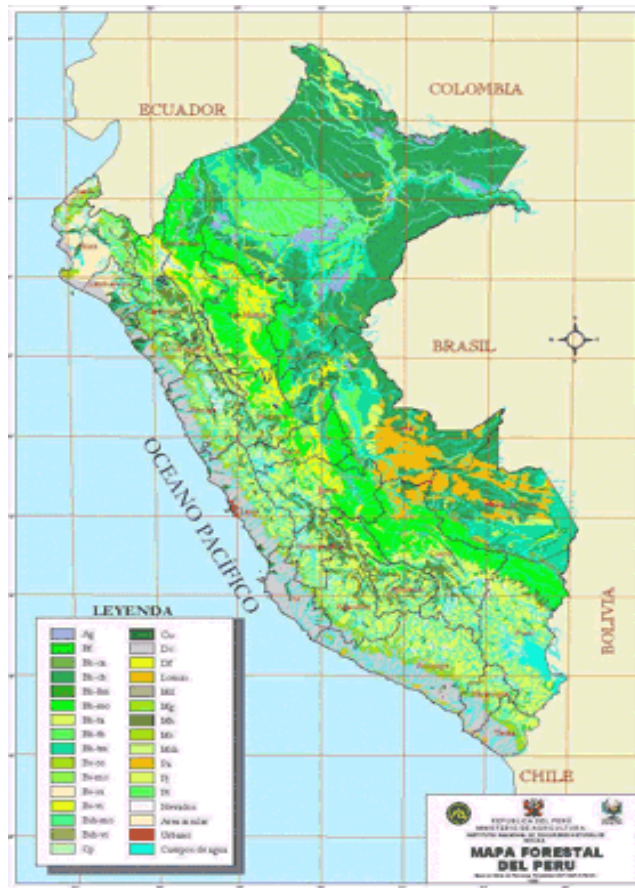


Figura 3.23. Mapa forestal del Perú
Fuente: INRENA, 2005a

3.9.6 Degradación Forestal y Rehabilitación en Perú

Según Cifor (2004), hacia el año 2000, la deforestación afectaba 9,6 millones ha (12,6% de la extensión de bosque amazónico del país), estimándose un promedio de 261 mil ha anuales deforestadas (0,35%/año). El 73% de dichas áreas se encuentra en diferentes períodos sucesionales de formación boscosa, conocidas como bosques secundarios o 'purmas', producto de la acción en mayor o menor medida de los agentes de degradación (agricultura de corte y quema, erosión, etc.) (ENDF, 2001) (Tabla 3.7).

Área original bosque	Deforestación			Proyección al 2000
	Hasta 1985	Hasta 1998	Area promedio anual	
ha (M)	ha (M) %	ha (M) %	ha (M)	ha (M) %
75,6	5,6 7,5	9,0 11,9	0,26	9,6 12,6

Tabla 3.7. Superficie Deforestada del Bosque Amazónico Peruano (Período 1085-2000)
Fuente: CIFOR, 2005

IV. APROVECHAMIENTO SECTORIAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

El consumo nacional de agua está constituido por el aprovechamiento consuntivo que alcanza los 20 072 MMC/año y; como aprovechamiento no consuntivo o energético 11 139 MMC/año. Los aprovechamientos consuntivos más importantes a nivel nacional corresponden al sector agrícola con el 80%, poblacional e industrial con el 18% y el sector minero con el 2% restante. El aprovechamiento de los recursos hídricos para diversas actividades como generación de energía, agricultura, agua potable, industria entre otros, son los que generan presión sobre la disponibilidad y calidad del recurso (Minag, 2004).

4.1 AGRICULTURA Y RIEGO (AGROPECUARIO)

El área de riego en el país, está representado por un área potencial de 6'411,000 ha, siendo el área actual bajo riego de 1'729,000 ha (INEI, 1994) dispuestos en 690 000 unidades agropecuarias. En la Costa se tiene una área bajo riego de 1'080,000 ha de las cuales solo se utilizan alrededor de 836 000 ha; la Sierra posee el 18% del área y la Selva cuenta con el 5 % restante. Las eficiencias promedio de riego varían entre 35 a 40%.

El riego aprovecha aproximadamente el 80% del agua que se consume en el país con una eficiencia promedio de 35%, lo que constituye una baja eficiencia en comparación con aquellos que aplican alta tecnología. Las principales causas y efectos que se pueden distinguir son:

- Los sistemas de riego de mayor preponderancia y de baja eficiencia de aplicación en la actualidad son el riego por gravedad constituido por surcos y melgas, con eficiencias de aplicación estimadas en 50% (Figura 4.1).
- La diversa infraestructura de riego utilizada, es mayormente rústica y deteriorada por falta de un adecuado mantenimiento.
- Las tarifas que se cobran por el agua de riego, no reflejan los costos reales del servicio; con el agravante de la alta morosidad en el pago que retrasan las actividades de mantenimiento de la infraestructura.
- La escasa capacitación de los agricultores sobre el manejo del agua a nivel de parcela y sistema de riego, ocasiona un excesivo consumo de agua.
- La precaria capacidad técnica y de equipamiento de las Juntas de Usuarios de Riego y la falta de información confiable sobre la disponibilidad y aprovechamiento del agua de riego, genera desorden y caos en el manejo.



Figura 4.1. Métodos de riego en el Perú

4.2 APROVECHAMIENTO POBLACIONAL

En el Perú existe una asimetría entre las fuentes disponibles de agua dulce y la distribución de la población. En la zona costera fluye apenas el 2% de las aguas superficiales, donde se asienta el 53% de la población total del país y concentra alrededor del 85% de la actividad industrial; la actividad agrícola totalmente dependiente del riego y con un bajo nivel de tecnificación; en general con una escasez de fuentes superficiales de agua, lo cual ha llevado a un alto grado de sobre explotación de las aguas subterráneas. Mientras que en la vertiente oriental fluye el 98% de las aguas superficiales hacia las regiones de sierra y selva donde la población es poco concentrada.

Los servicios de agua potable y desagüe en el ámbito urbano son proporcionado por 45 EPS reconocidas por SUNASS y cubren 114 de las 194 provincias que tiene el país, destacándose entre ellas a Sedapal que provee el servicio en Lima Metropolitana donde el 86,9% de la población urbana tiene acceso al servicio de agua potable y el 69,4% al servicio de desagüe. En el ámbito rural, representado por poblaciones menores a 2000 habitantes, los servicios son proporcionados por las Juntas Administradoras quienes cubren parcialmente los costos del servicio mediante una contribución mensual. La cobertura de los servicios de agua potable a nivel nacional es del 74% y en alcantarillado de 52% (Figura 4.2).



Figura 4.2. Falta un servicio adecuado de distribución de agua potable

En el aprovechamiento poblacional, las ineficiencias se dan a nivel de las redes de agua potable y a nivel del usuario individual. Las pérdidas de agua potable en las redes son del 45,3% que reduce la disponibilidad del recurso para atender a un mayor número de población; a nivel individual el consumo per cápita promedio nacional se sitúa en 269 lit/hab-día (incluye consumo humano, jardines, industrias y pérdidas), muy por encima respecto a consumos similares en la región. Otras causas son el bajo porcentaje de micro medición que llega al 50% y la poca cultura sobre el valor económico del agua a nivel nacional.

Asimismo la gestión empresarial ineficiente de las EPS municipales se refleja en los aspectos operativos y la baja calidad del servicio.

El tratamiento de las aguas residuales alcanza sólo un 14% a nivel nacional, incidiendo directamente en las altas tasas de mortalidad infantil y las enfermedades del estómago en particular de la población

rural. Los vertimientos industriales contaminan las fuentes naturales y corroen la infraestructura de alcantarillado, disminuyendo la vida útil de la misma; casos críticos son Trujillo y Arequipa donde se desarrolla la industria del cuero.

4.3 APROVECHAMIENTO MINERO

La actividad minera data desde épocas remotas de nuestra historia, el país posee importantes reservas de minerales. La inversión minera se ha venido incrementando significativamente desde la década de 1980, siendo el agua un recurso que se usa en el orden de los 206,7 MMC anuales, para atender a 257 plantas que procesan alrededor de 120` 111 959 TM/día, de las cuales 164 se ubican en la vertiente del Pacífico y requiere el 73% del volumen total, el 26% en la vertiente del Atlántico y sólo el 1% en la vertiente del Titicaca. Todo este proceso permite que el sector minero genere el 12,59 % de la PBI.

El procesamiento de los minerales genera efluentes minero-metalúrgicos altamente contaminantes, que vienen alterando gradualmente la calidad de las aguas (Figura 4.3).

El uso minero no se encuentra adecuadamente controlado por las autoridades, siendo el índice de afectación por descargas de relaves preocupante en las cuencas de los ríos Mantaro, Acarí, Locumba, Cañete, Moche.

El sector minero-metalúrgico emplea un volumen anual de agua de 1 14.0 MMC, para fines de control de polvo, refrigeración, acarreo y evacuación de residuos, en forma de los denominados "relaves"; que en la mayoría de los casos son descargados en los cursos naturales de agua superficial. Las descargas de relaves mineros son variables a lo largo del año, por ejemplo el río Locumba recibe 51 MMC/año y el río Rímac 16 MMC/año.

En el año 1982, se arrojó un equivalente de 113`369 200 barriles de salmueras hacia los ríos de la Selva Norte, de acuerdo a estimaciones consignadas en el "Perfil Ambiental del Perú", ONERN 1986.

En La Libertad, valle de Santa Catalina, las aguas del río Moche transportan un volumen total de descargas mineras igual a 2` 168 368 MMC/año, afectando aproximadamente 500 ha, deterioradas por acumulación de bases de sodio y aluminio. En la cuenca del mismo río hay 3, 000 ha de praderas naturales en proceso de deterioro debido a la contaminación de los relaves, arrastrados por aguas de lluvia.

En Junín se tiene aproximadamente 21 800 ha de suelos agrícolas afectados por contaminación por aguas de riego del río Mantaro, las cuales contienen elevadas concentraciones de metales pesados: hierro, manganeso, zinc, plomo, y por aguas de drenaje de las minas y evacuación de aguas residuales de los procesos metalúrgicos, principalmente de la Fundación de la Oroya. En la cuenca alta del río Mantaro, se tienen ubicadas plantas concentradoras en la zona de Pasco, Morococha, Yauli, Azulcocha y Tambo, los cuales descargan directamente a las lagunas de Quinlacochoa y Huascacocha, y los ríos San Juan, Mantaro y Yauli, motivando concentraciones de metales en las aguas naturales, que superan los límites permisibles fijados en la Ley de Aguas (fierro, plomo y arsénico) (Emanuel y Escurra, 2000).

4.4 APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL

En el sector industrial, la disponibilidad de agua es un factor cada vez más preponderante, llegando a ser decisivo para aquellas actividades que consumen grandes volúmenes de este recurso. En 1988, la

disponibilidad hídrica de la vertiente del Pacífico abastecía al 92% de la industria nacional con 1103 MMC anuales; la vertiente del Atlántico al 7% con 49 MMC y la vertiente del Titicaca al 1% con 3 MMC.

La actividad industrial se ve afectada por las emisiones de actividades localizadas aguas arriba de los ríos, por descargas orgánicas, tanto domésticas como industriales que incrementan la turbidez y reducen el contenido de oxígeno.



Figura 4.3. La actividad minera y el recurso del agua

Debido a que cada industria tiene un requerimiento de agua con distintas características, el tratamiento de la misma, resuelto en forma individual por cada empresa.

Las principales industrias que generan mayor volumen de efluentes industriales son las siguientes: curtiembres, textil, bebidas (incluye cerveza), alimentos, papel y refinerías de petróleo.

Las industrias, las ciudades, los eventos climáticos condicionan la cantidad y calidad de las cuencas hidrográficas. Dado que se reconoce al recurso agua como uno de uso común a muchos agentes es necesario normar su aprovechamiento coordinadamente.

Actualmente, las aguas superficiales se encuentran definidas como recursos de propiedad común. Una ventaja de esta clasificación es que existen incentivos económicos para sobre utilizarlo.

En el caso del agua, existe incentivo para los agentes con acceso al recurso para descargar sus residuos o para utilizarla de manera excesiva dado que su costo económico es nulo o casi nulo.

Las empresas contaminadoras no tienen que pagar un precio por la contaminación del agua. SEDAPAL es la que asume el costo al tener que descontaminar las aguas para hacer posible otros usos del recurso.

4.5 APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO

En el año 2003, la generación de energía eléctrica a nivel nacional, se realizó a través de 423 centrales eléctricas, de las cuales:

- 161 son centrales hidroeléctricas (81% operan para el mercado eléctrico y 19% para aprovechamiento propio).
- 262 son centrales termoeléctricas (55% para el mercado eléctrico y 45% para aprovechamiento propio).

La energía eléctrica de origen hidráulico producida alcanzó 18 534 GW.h que representó el 81% del total de la energía eléctrica producida en el país.

Al final del año 2001, la potencia instalada alcanzó los 5 907 Mw; según el tipo de servicio, el 86% fue del mercado eléctrico y 14% de uso propio.

La capacidad instalada del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) alcanzó los 4 880 MW y la capacidad instalada de los sistemas aislados fue de 1 027 MW, lo que representa el 83% y 17% de la capacidad instalada total del país respectivamente.

Las empresas generadoras con unidades de mayor potencia instalada son Electro Perú S.A. y EDEGEL S.A., cada una representa el 17% de la potencia instalada total a nivel nacional.

Como un hecho de particular importancia en el sector, se observa el continuo retiro de unidades térmicas de pequeña potencia en sistemas eléctricos aislados debido a su incorporación al sistema eléctrico interconectado nacional.

Las centrales hidroeléctricas que conforman el parque generador a nivel nacional, acumula una potencia instalada de 2 966 MW a diciembre del año 2001, que representa el 50% del total, siendo la central hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo la de mayor contribución al mercado eléctrico con 5 205 GWh.

Las empresas con las unidades de mayor producción para el mercado eléctrico fueron Electro Perú con 36% y EDEGEL S.A. con 23% (Tabla 4.1).

El uso de agua con fines de generación eléctrica no es consuntivo, pudiendo ser rehusada el agua posteriormente para otros fines sin disminuir su disponibilidad; sin embargo, genera algunos conflictos con los otros usuarios al alterarse la oportunidad de utilización principalmente en las horas punta de mayor demanda eléctrica versus los requerimientos de los otros usuarios.

Un caso específico de generación de conflictos está relacionado con el lago Junín, que sirve como reserva para las centrales hidroeléctricas del Malpaso, Santiago Antúnez de Mayolo y Restitución, y para tal efecto, se cierra la represa de Upamayo durante los meses de lluvia (noviembre a mayo), permitiendo el almacenamiento de las aguas, inundando los totorales circundantes afectando las actividades económicas de una parte de los pobladores del lugar.

El Perú, presenta dos grandes problemas: el déficit de la Balanza Comercial de energía y los costos de la misma, los cuales pueden ser resueltos mediante el uso del gas natural (Camisea); que incrementaría la competencia en cada uno de los sectores donde se desarrolla. En la generación de electricidad, el gas natural compite con las centrales hidráulica, el carbón y los derivados del petróleo.

Central Hidroeléctrica	Región	Empresa	Potencia Instalada (Mw)	Producción de Energía (Gwh)	Caudal de Diseño (M ³ /S)
Carhuaquero	Cajamarca	EGENOR	95,0	606,6	19,5
Gallito Ciego	Cajamarca	E. PACASMAYO	38,1	167,9	
Cañón del Pato	Ancash	EGENOR	246,6	1427,2	48,0
Yanango	Junín	EDEGEL	42,8	239,1	
Chimay	Junín	EDEGEL	153,0	753,0	
Malpaso	Junín	ELECTROANDES	54,4	218,8	80,0
Yaupi	Pasco	ELECTROANDES	108,0	847,9	26,0
Antúnez de Mayolo	Huancavelica	ELECTRO PERÚ	798,0	5176,0	96,0
Restitución	Huancavelica	ELECTRO PERÚ	210,0	1666,6	96,0
Huinco	Lima	EDEGEL	258,4	1080,6	25,0
Cahua	Lima	EDEGEL	43,1	272,2	22,0
Callahuanca	Lima	EDEGEL	73,0	595,8	20,0
Matucana	Lima	EDEGEL	120,0	830,4	14,8
Charcani V	Arequipa	EGASA	145,4	606,0	24,0
Aricota	Tacna	EGESUR	23,8	51,3	4,6
Machupicchu	Cuzco	EGEMSA	90,0	693,9	37,9
San Gabán II	Puno	SAN GABÁN	110,0	773,6	

Tabla 4.1. Principales centrales hidroeléctricas en el Perú
Fuente: MINAG, 2004

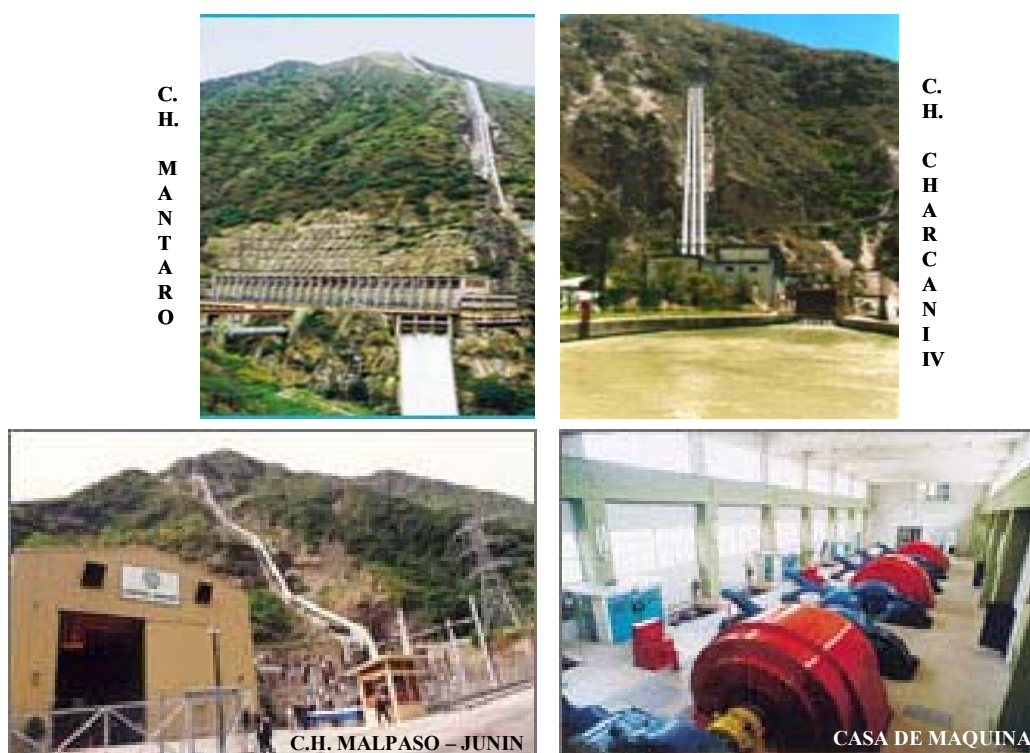


Figura 4.4. Centrales hidroeléctricas

4.6 APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Las aguas subterráneas son parte del ciclo hidrológico que comprende el movimiento continuo del agua entre la tierra y la atmósfera por medio de la evaporación y la precipitación. Parte del agua que cae por la precipitación de lluvia y nieve se incorpora a lagos, ríos, arroyos y océanos. Otra parte es absorbida por la vegetación, la cual transpira el agua de nuevo hacia la atmósfera. El agua que no se evapora directamente de los lagos y ríos o es transpirada por las plantas, se filtra a través del subsuelo y pasa a formar los acuíferos subterráneos.

La napa freática viene a ser el acuífero más cercano a la superficie del suelo. Cuando un acuífero deja de explotarse, la napa se eleva, más aún si en la superficie se riega por inundación, como sucede en cultivos como el de arroz, que requiere mantener una lámina de agua de hasta 10 centímetros durante prácticamente todo su período vegetativo. En las zonas bajas, cercanas al mar, sin adecuado drenaje y con masas de agua cercanas a la superficie del suelo, las sales tienden a subir por evaporación, y una vez instaladas las sales, ese suelo se vuelve inservible.

Un fenómeno inverso se presenta por la sobreexplotación de aguas subterráneas, sin una recarga adecuada de la superficie, como ha ocurrido en zonas donde la actividad agrícola ha desaparecido para dar a lugar a urbanizaciones que se abastecen de agua de pozo y donde el nivel freático ha descendido profundamente. Incluso en zonas agrícolas, como el valle de Ica, en la década del 60 se tuvo que declarar una "veda" para que dejaran de perforarse pozos, pues el volumen de explotación de las aguas subterráneas era mayor al de recarga desde la superficie.

Finalmente, otro aspecto que sustenta la importancia de estudiar las aguas subterráneas es la determinación de su calidad, para conocer la cantidad de sales que contienen, si son aptas para el consumo de la población o si están contaminadas. Son fuentes de contaminación la aplicación de agroquímicos en los cultivos, las aguas residuales domésticas e industriales y los rellenos sanitarios mal instalados.

En 1998, la Organización de las Naciones Unidas declaró a las aguas subterráneas como un recurso "invisible", no sólo porque están ocultas -no se pueden ver directamente-, sino porque los problemas que se presentan por su escaso o excesivo uso se deben en parte a que no se conoce cómo están distribuidas y a que se ignora la importancia de protegerlas en el marco de una gestión integral de los recursos hídricos.

En el Perú podríamos decir que, además de invisibles, las aguas subterráneas han sido ignoradas incluso por el propio Estado, que, desde 1991, como parte de la reforma liberal del Estado, desactivó el organismo encargado de evaluar y monitorear la situación de los acuíferos y abandonó los programas de recuperación de tierras, afectadas por mal drenaje, basados en el aprovechamiento de las aguas subterráneas (Cepex, 2004).

Según PLAÑIR (1987), la disponibilidad de reservas explotables de agua subterránea ha sido estimada en 2,739.3 MMC, de las cuales 1,508 MMC, corresponden a las aguas de la vertiente del Pacífico, con fines de uso poblacional, pecuario, agrícola e industrial en 39 de las 53 cuencas donde se utiliza dicho recurso. La explotación del agua subterránea en la Vertiente del Atlántico y del Titicaca no es conocida y se estima la misma como poco significativa.

Los acuíferos en la zona costera están constituidos principalmente por formaciones aluvionales correspondientes al Período Cuaternario reciente y en general son predominantemente libres. Se estima que el basamento en algunos sectores se encuentra a 400 - 500 metros de profundidad. La recarga de los acuíferos proviene básicamente de la escorrentía superficial a través de los ríos y canales que riegan los valles, de la recarga subterránea a través de las filtraciones cordilleranas y un mínimo porcentaje de las precipitaciones, debido a la casi ausencia de lluvias. Los pozos tubulares construidos en las zonas áridas de la costa tienen por lo general profundidades que varían entre 40 y 100 metros con una profundidad de napa freática entre 10 y 30 metros y los caudales que se obtienen varían entre 12 y 100 l/s.

La explotación de agua subterránea por cuenca en la Vertiente del Pacífico para los diferentes usos se presenta en la Tabla 3.4. El uso agrícola emplea el mayor volumen que corresponde a 995.317 miles de m³, le sigue el uso poblacional con 366.535 miles de m³, luego el uso industrial con 137.428 miles de m³ y finalmente el uso industrial con 12.021 miles de m³.

Zona	Cuenca	Usos del Agua Subterránea (miles de m3)			
		Poblacional	Agrícola	Pecuario	Industrial
N O R T E	Zarumilla	336 000	10 618		
	Tumbes	60 000	3 499		
	Piura	22 907	84 886	837	504
	Cascajal	1 032	15 528		
	Olmos	468	2 472		
	La Leche	768	54 353		
	Lambayeque	10 826	141 033	108	4 969
	Zaña		36 837		
	Chamán	2 516	865		
	Jequetepeque	3 264			456
	Chicama	9 462	153 053	588	15 129
	Moche	33 621	19 236	360	4 660
Virú	240	45 516		5 280	
C E N T R O	Santa	708			14 184
	Lacramarca	6 708			976
	Nepeña	1 260	24 752		
	Casma	384	16 678		
	Huarmey	1 692	6 615	20	612
	Fortaleza	3 768	8 476	96	8 060
	Pativilca	2 220			176
	Supe	96	3 949		
	Huaura	5 232	3 961	732	2 566
	Chancay	2 482	7 312	1 335	168
	Chillón	29 874	12 743	960	1 392
	Rímac	186 288	16 267	3 440	55 080
	Lurín	1 776	15 806	1 020	1 020
	Chilca	2 206	9 654	744	12
	Mala	9 768	156		11 208
	Omas	96	10 697		
Cañete	3 288	2 665	108	1 152	
Topará		2 569	20		
San Juan	4 041	103 928	1 231	1 830	
S U R	Pisco				
	Ica	15 166	113 574	108	354
	Grande	2 172	51 452	60	
	Acari	288	109	36	
	Caraveli		96		180
	Quilca	24	72	12	828
	Osmore	1 440	1 561		11 358
Caplima	36	14 208	204		
TOTAL		366 535	995 317	12 021	137 428

Tabla 4.2. Volumen de agua subterránea utilizada en la Vertiente del Pacífico
Fuente: PLANIR, 1987

La disponibilidad del agua superficial en las cuencas de la costa del Perú se caracteriza por su variación estacional con un 75% de su ocurrencia en los meses de abundancia (Diciembre – Marzo) y las aguas subterráneas complementan esta disponibilidad en la época de estiaje notándose en algunos casos una sobreexplotación de los acuíferos. En los valles regulados, los agricultores han preferido el aprovechamiento del agua superficial sobre el agua subterránea. Esto se debe a que:

- No se siguen los criterios técnicos de explotación conjunta de aguas superficiales y subterráneas en aquellos valles no regulados.
- En los valles regulados, los agricultores prefieren utilizar agua superficial porque la tarifa que se cobra por el agua superficial es más barata que el costo de explotación de agua subterránea.

4.7 APROVECHAMIENTO EN EL SECTOR PESQUERO

Si bien el mayor volumen de la pesca peruana se encuentra en el mar y se orienta a la pesca industrial, en los otros dos casos se orientan a la pesca de consumo humano directo, siendo la Acuicultura una actividad emergente de gran importancia en el ámbito mundial.

La pesquería es la segunda actividad económica del Perú y una gran fuente generadora de Alimentos, empleo y divisas, que ha llegado a ubicar al Perú como el primer productor de harina de pescado del mundo.

El territorio del Perú, con abundantes cuerpos de agua y variados climas, cuenta con un gran potencial para el desarrollo de la acuicultura en sus más diversas formas. Su extenso y rico mar junto a una franja costera, en su mayor parte árida y no útil para la agricultura, podría convertirse en una próspera región de cultivos de especies marinas y estuarinas, tanto mediante el sistema de jaulas flotantes en el mar como de tanques en tierra. Sus abundantes lagunas y manantiales en la Sierra son excelentes para el cultivo de la apreciada trucha y la Selva con su clima tropical y abundante biodiversidad acuática se presta a múltiples cultivos, que permitirían a las pequeñas pero numerosas comunidades de la Selva mejorar sustancialmente su calidad de vida.

La actividad pesquera continental, así como la acuicultura son actividades que se realizan también en aguas de ríos y lagunas, principalmente en zonas de sierra y selva. La crianza de truchas en los ríos de la sierra y la pesca de especies como el Paiche en la selva, requieren de fuentes de agua limpia, y constituyen potenciales actividades económicas para ambas regiones. El manejo de cuencas hidrográficas y ecosistemas es fundamental para el desarrollo de la pesca continental. La actividad pesquera depende en más del 99% de especies nativas marinas y continentales, es así que:

- La pesca en la Amazonía contribuye al año con cerca de 80 000 ton de pescado para el autoabastecimiento de proteínas en la región. Por ejemplo, la ciudad de Iquitos consume por año unas 14 000 ton de pescado y sólo unas 500 ton de carne vacuna y bubalina.
- La principal actividad pesquera en la Sierra del Perú se desarrolla en el lago Titicaca, sobre los recursos nativos Ispi (género *Orestias*) especies de hábitos pelágicos pero que se les captura en la zona litoral cuando se desplazan por reproducción; el Carachi, (*Orestias agassi*) capturado con redes cortineras y otros artes nativos; el Boga (*Orestias pentlandii*) especie de gran valor comercial por su calidad y tamaño, capturada en zonas de profundidad media con una especie de redes de arrastre denominadas “bolsas”.; Suche y Mauri, especies de bagres que se distribuyen en todo el lago, actualmente su captura ha disminuido aparentemente por sobre pesca y por ser de baja fecundidad. Actualmente el Suche, Boga y Mauri, se encuentran en veda por tiempo indefinido para todo el Departamento de Puno.

- En la Costa, la pesquería de Camarón de río se realiza principalmente en los ríos del sur y centro del país, especialmente en Arequipa. La especie es protegida mediante una veda anual durante el período de mayor incidencia reproductiva, que usualmente coincide con los meses de verano; asimismo, la recolección debe realizarse sólo con determinados aparejos y métodos de pesca, respetando la talla mínima establecida.

En el año 2001, la pesca continental extrajo algo más de 40 mil toneladas de pescado de las cuales 20 mil se comercializaron al estado fresco y el resto como productos curados.

Las actividades de acuicultura continental y marina en el año 2001, representaron una cosecha de 9 400 toneladas. Las principales especies fueron la trucha (47,3%); concha de abanico (41,6 %); langostino (7,8%) y tilapia (2,4%). Otras especies cultivadas fueron: Algas, Boquichico, Camarón Gigante de Malasia, Gamitana, Ostras del Pacífico, Paco, Pejerrey, Carpa y Turbot.

La actividad pesquera marina es una importante fuente de recursos económicos para el país, en forma de divisas (exportación de pescado enlatado y congelado, harina y aceite de pescado) y una importante fuente de alimentos (cerca de 400 000 ton de pescado para consumo humano al año).

Especies	Años		
	1993	1998	2003
Trucha	584	1,479	3,111
Tilapia	131	85	112
Camarón	6,5	45	7
Gamitana	0	58	203
Paco	-	2	9
Boquichico	19	6	103
Pejerrey	-	-	148
Otras Especies	36	9	49
Total	776	1,684	3,742

Tabla 4.3: Extracción de pesquera continental

Fuente: OGTIE

"0" : Cifra inferior a 0.5 TM, (-) No se dispone información



Figura 4.5. Actividades de acuicultura en el Perú

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 ÁREA DE ESTUDIO

El territorio peruano, abarca una superficie de 1'285 215 km², y posee una línea costera de 3 079,5 km, un dominio marítimo de 200 millas adyacentes a la costa y tres macrorregiones naturales: la Costa que comprende el 10% del territorio total, la Sierra constituida por el paso de la Cordillera de los Andes que abarca el 31% y la Selva o Región Amazónica, que abarca el 59% del territorio nacional (Mapa 9.1).

El Perú se asienta en la costa Oeste del continente sudamericano, frente al Océano Pacífico y entre la línea del Ecuador y la del Trópico de Capricornio, y es un estado andino que se encuentra situado entre las 81° 19' 35" y 68° 30' 11" de longitud Oeste, y desde los 0° 01' 48" a 18° 21' 05" de latitud Sur. Limita al Norte con Ecuador, en una extensión de 1 529 km. de frontera, y con Colombia en 1 506 km. de frontera; al Sur con Chile, en una extensión de 169 km. de frontera; al Este con Brasil, en una extensión de 1 047 km. de frontera, y al Oeste sus costas son bañadas por el Océano Pacífico, en una extensión de 3 080 km.

Posee un gran contraste geográfico y presenta tres regiones naturales bien definidas, paralelas entre sí de Norte a Sur:

- **La Costa**

Ubicada al Oeste, es una estrecha franja de relieve desértico, llanuras arenosas y áridas, con valles oasis formados por ríos que bajan de los Andes hacia el mar, y en estos valles se ubican los grandes centros poblados.

- **La Sierra**

Llamada también región andina, es de accidentada topografía, está formada por la cordillera de los Andes, y se ubica entre la Costa y la Selva; altas montañas, valles profundos, mesetas en altiplanicies. El pico más alto del Perú es el Huascarán y tiene 6 780 msnm. (22 224 pies).

- **La Selva**

Llamada también Amazonía, montaña u oriente, se ubica al Este, formada por las laderas orientales de la cordillera de los Andes y extensas planicies con exuberante vegetación y bosques tropicales. Es surcada por numerosos ríos, todos tributarios del río Amazonas. La Selva ocupa más del 50% del territorio y existen zonas dentro de ella que están en plena etapa de descubrimiento e investigación.

Con respecto a su red hidrográfica, los ríos en Perú, en parte de su territorio, son de caudal rápido al salvar la diferencia de altitud entre los Andes y la Costa o la Selva, lo que significa un enorme potencial hidroeléctrico para el país. El Perú cuenta con tres vertientes hidrográficas en las que se encuentran inmersas las 106 cuencas, distribuidas de la manera siguiente (Tabla 5.1):

Vertiente	Area (km ²)	Número de Cuencas
Pacífico	200 517	53
Atlántico	1'046 962	44
Lago Titicaca	37 736	9
Total	1'285 215	106

Tabla 5.1. Vertiente hidrográfica

Fuente: Portal Agrario, 2005

Las principales características del sistema fluvial del Perú (Mapa 9.3), son las siguientes:
Los ríos de la costa son la principal fuente aprovechable para abastecimiento poblacional e industrial, irrigaciones, energía y recarga del agua subterránea, son torrenciales de fuerte pendiente y corto recorrido, de descargas irregulares y de gran transporte de sólidos.

Los ríos de la Sierra se caracterizan por estar contenidos en valles estrechos, con fuerte erosión en la cuenca, poca tierra agrícola y grandes posibilidades de aprovechamiento hidroenergético.
Los ríos de la selva conducen grandes caudales, tienen pequeñas pendientes, largos recorridos y fuerte inestabilidad y tendencia a la variación de su curso.

Por su ubicación geográfica, le corresponde un clima eminentemente tropical con precipitaciones abundantes, temperaturas altas y vegetación exuberante; sin embargo, esta característica se ve afectada por la presencia del sistema montañoso de los Andes que lo atraviesa en sentido longitudinal, dando lugar a un clima diversificado.

5.2 INFORMACIÓN REQUERIDA Y EQUIPOS

Considerando el nivel de detalle que debería tener el estudio del Balance Hídrico Superficial del Perú, a nivel multianual, se requirió la información siguiente:

5.2.1 Selección de Información

Está referida básicamente a la cartografía digital y data hidrológica y meteorológica necesaria para describir las principales características de las variables de precipitación, temperatura y caudal, a través de la selección de una red de estaciones hidrológicas y meteorológicas cuya densidad sea representativa y cubra el territorio nacional.

Con respecto a la cartografía digital, se ha trabajado con el Mapa temático elaborado por el laboratorio de SIG del SENAMHI, en donde se han representado todo los procesos que caracterizan la variabilidad hidrometeorológica del país.

La red utilizada en el estudio esta conformada por las estaciones que se encuentran operativas, clausuradas y paralizadas. Cada una de ellas cuenta con información representativa de la zona, lo que nos ha permitido contar con una red hidrometeorológica conformada por:

- 87 estaciones hidrológicas
- 138 estaciones sinópticas
- 17 estaciones climatológicas principal
- 8 estaciones de propósitos específicos
- 100 estaciones pluviométricas

La información utilizada en la presente investigación comprende las variables siguientes:

- **Precipitación total mensual**
Se seleccionaron un total de 160 estaciones con información de precipitación total mensual, entre pluviométricas (PLU), climatológicas principales (CO) y de propósitos específicos; cuya ubicación espacial se muestra en el Mapa 9.4.
- **Caudales medios mensuales**
Se seleccionó un total de 87 estaciones con información de caudales medios mensuales, las que se encuentran ubicadas en la vertiente del Pacífico y lago Titicaca, tal como se puede apreciar en el Mapa 9.5

- **Temperatura media mensual**

Se seleccionaron un total de 163 estaciones con información de temperatura mínima, máxima y media a nivel medio mensual, las cuales cubren en su totalidad la superficie del territorio peruano tal como se aprecia en el Mapa 9.6.

La distribución de la red de estaciones seleccionadas para el estudio por vertiente esta distribuida de la manera siguiente:

- Vertiente del Pacífico
- Vertiente del lago Titicaca
- Vertiente del Atlántico

La red seleccionada cuenta con un período de información irregular que abarca desde 1963 a la fecha, habiéndose escogido como período de análisis 1969/1999, abarcando un total de 31 años.

- **Equipos:**

Para el análisis, procesamiento y automatización de toda la información recopilada, fue necesario contar con materiales y equipos adecuados; que nos permitirán desarrollar el trabajo de investigación en forma óptima, para lo cual se utilizó:

- **Hardware:**

- 04 Computadoras Compaq Pentium IV y III
- Impresora modelo Epson Stylus 850
- Impresora HP Deskjet 1220C

- **Software:**

- ArcInfo/Arview
- Surfer
- Microsoft Office
- Static
- Autocad
- Internet

5.3 METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló únicamente en gabinete, sin embargo se han realizado en años anteriores evaluaciones de campo en algunas zonas del Perú, lo que ha permitido que con esta limitada información y el análisis de gabinete, sea posible esquematizar el sistema hidrológico del territorio peruano y tratar de comprender su funcionamiento a nivel espacial y temporal.

- **Trabajo de campo**

Estuvo basado en las comisiones de servicio que realiza la Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos del SENAMHI, donde se han evaluado con fines diversos las condiciones hidrológicas de los principales ríos del Perú.

- **Trabajo de gabinete**

Corresponde al procesamiento automático de la información recopilada de la red de estaciones seleccionada y que ha sido proporcionada por la Oficina General de Estadística e Informática del SENAMHI, para lo cual se ha creado una base de datos para su almacenamiento y correspondiente

análisis estadístico de las variables de precipitación, temperatura y caudal; a nivel mensual, y elaboración de los mapas temáticos y determinación del balance hídrico.

5.3.1 Análisis de la precipitación

Los datos de precipitación total mensual, recopilados y automatizados, han sido procesados para determinar su confiabilidad y consistencia, en el tiempo y espacio; para lo cual se procedió a realizar los análisis siguientes:

- **Análisis de consistencia:**

Consiste en determinar si la información de precipitaciones registradas en cada una de las estaciones (PLU y CO) es representativa de la zona y no presenta ningún tipo de error sistemático ni de observación.

Generalmente las precipitaciones son las únicas fuentes de humedad que llega a la superficie terrestre, la exactitud en su medición y su evaluación es determinante en el resultado de un balance hídrico, ya que se puede considerar entre los parámetros más importantes que interviene en él (OMM, 1994).

El primer paso para la evaluación espacial de la precipitación es la verificación de la consistencia de los datos pluviométricos que se van a utilizar; es decir, que la estación haya sido operada de la misma forma durante el período, con el mismo criterio y que su instalación no haya sufrido variaciones de ningún tipo. Para este fin se realiza un análisis de doble masa, que consiste en determinar un patrón de precipitaciones anuales como el promedio de las precipitaciones anuales de un conjunto de estadísticas pluviométricas que se considera son las mejores y más larga del grupo (UNESCO/ROSTLAC, 1982).

Para esta aplicación se utiliza el procedimiento siguiente:

- Se seleccionó el período común de información del grupo de estaciones que serán utilizadas en la investigación.
- Se determinó las precipitaciones totales anuales para cada estación; para los datos faltantes a nivel mensual, se procedió a reemplazar temporalmente por los promedios mensuales de la serie, solamente para aquellos años que tuvieran como mínimo 6 datos faltantes.
- Posteriormente los valores totales anuales determinados, fueron acumulados en orden cronológico, a partir del año más antiguo (1969) hasta el más reciente (1999).
- Se procedió a seleccionar los grupos homogéneos de estaciones que registren un comportamiento pluviométrico uniforme, habiéndose considerado para ello las estaciones con información de precipitación ubicadas en las tres vertientes que forman el territorio nacional, las cuales se presentan en la Tablas 3.4.
- Se procedió a graficar cada uno de los valores de las precipitaciones acumuladas de cada estación con el promedio acumulado de ellas, con el fin de determinar la estación patrón en cada grupo.
- Si los puntos ploteados presentan una sola tendencia, es decir si se puede trazar por ellos una recta sin quiebres, significa que la estadística de la estación es consistente.
- Si los puntos presentan quiebres o mucha dispersión, la estadística no es consistente y se procede a su corrección o eliminación del análisis.

- Las estaciones, cuyas precipitaciones registren diferentes pendientes (quebres), serán ajustadas mediante la multiplicación de esos valores por un factor de corrección, cuya expresión matemática es:

$$\beta_1 = \frac{m_2}{m_1} \quad (5.0)$$

Donde:

- β_1 → Factor de corrección,
- m_1 → Pendiente de la recta del período más antiguo,
- m_2 → Pendiente de la recta del período más reciente.

La expresión 3.8 se utiliza para corregir los valores inconsistentes del período más antiguo, mientras que si se quiere corregir el período más reciente la relación entre las pendientes debe ser (m_1/m_2)

A cada uno de los períodos seleccionados, de acuerdo al quiebre de la información, se ajusta una ecuación de regresión lineal del tipo:

$$Y = mX + b \quad (5.1)$$

Donde:

- Y → Variable dependiente,
- X → Variable independiente,
- m → Pendiente de la recta a determinarse,
- b → Constante a determinarse.

- Con las estadísticas ajustadas, se procede nuevamente a realizar el proceso de análisis de doble masa, con el fin de corroborar de que el análisis ha sido bien realizado.

El grupo de estaciones seleccionadas, una vez consistenciada pasa al proceso de completado y extensión de los datos de precipitaciones totales anuales.

- **Completar y/o utilizar información para su extensión**

Es esencial que en el balance hídrico intervenga el máximo número de registros pluviométricos, por lo cual es necesario establecer métodos que permitan estimar precipitaciones anuales del período 1969/99, de aquellas estaciones que tenga incompleta su estadística.

El método que se recomienda para estimar valores anuales es el de correlación lineal entre las precipitaciones acumuladas anuales de las estaciones en estudio y el promedio de las acumuladas del grupo de estaciones.

Estas técnicas permiten uniformizar la serie de datos pluviométricos en la cuenca, facilitando de esta manera el mejor conocimiento del comportamiento de la precipitación a escala temporal y espacial.

- **Determinación del gradiente pluviométrico**

La determinación del gradiente pluviométrico por vertientes, nos dará una visión más amplia del comportamiento y distribución de esta variable a nivel espacial. Análisis que nos permitirá obtener expresiones algebraicas que relacione el aporte de precipitación y su ubicación geográfica, permitiendo de esta manera generar datos en zonas que no cuenten con dicha registro de precipitación.

5.3.2 Análisis de la Temperatura

La información de temperatura media mensual a nivel nacional, fue analizada con el fin de determinar su confiabilidad y representatividad para los análisis subsiguientes. Este proceso fue desarrollado a través de la selección de tres grupos de trabajo los cuales están conformados por:

- Vertiente del Pacífico
- Vertiente del lago Titicaca
- Vertiente del Atlántico

En cada uno de los grupos se realizó un análisis primario de la información, a fin de detectar errores sistemáticos y de observación; para luego proceder al consistenciado, completación y extensión de las series de datos, que nos permita homogenizar el período de estudio (1969/99).

El análisis de la variabilidad térmica con la altitud, fue desarrollado para conocer el patrón de comportamiento que experimenta esta variable en función a la altitud o relieve orográfico que gobierna nuestro territorio nacional. Dicho análisis, fue realizado en cada una de las vertientes; lo que permitirá caracterizar el régimen térmico en función a la altitud, y de esta manera generar valores de temperatura en puntos donde no se tenga registrado esta variable.

Finalmente se determinarán los valores medios mensuales de la temperatura, en cada uno de los puntos seleccionados que conforman nuestra red básica de ploteo, permitiendo representar la distribución térmica mediante isolíneas.

5.3.3 Determinación de la Evapotranspiración

Según Domingo et al. (2002), la evaporación (E) es el proceso por el cual el agua es transferida desde la superficie terrestre hacia la atmósfera. Incluye tanto la evaporación de agua líquida o sólida directamente desde el suelo o desde las superficies vegetales vivas o muertas (rocío, escarcha, lluvia interceptada por la vegetación), como las pérdidas de agua a través de las superficies vegetales, particularmente las hojas. En este último proceso, denominado transpiración (T), el agua absorbida por medio de las raíces, se transfiere a la atmósfera fundamentalmente a través de los estomas situados en las hojas (Sanchez-Toribio. 1992). Fue la dificultad de discriminar E y T en condiciones naturales, lo que obligó a introducir el concepto de evapotranspiración (ET). Por tanto la evapotranspiración constituye la transferencia total de agua desde una superficie vegetada a la atmósfera.

La importancia cuantitativa de este proceso es tal que, como promedio global, el 57% de la precipitación anual es devuelta a la atmósfera por evapotranspiración, alcanzando valores del 90 y 100% (Sanchez-Toribio. 1992) en zonas áridas y desérticas. Las cantidades de agua que por este concepto vuelven a la atmósfera y la energía necesaria para ello, alcanzan cifras también realmente notables. En un día cálido, es frecuente en muchas zonas una ET de 3 - 4 mm día⁻¹, lo que equivale a 30 – 40 Tm Ha⁻¹ día⁻¹ y requiere una energía del orden de las 18 - 24 M de Kcal.

Por tanto la ET es un componente fundamental del balance del agua y un factor clave en la interacción entre la superficie terrestre y la atmósfera. Su cuantificación se hace precisa en contextos diferentes tales como la producción vegetal, la planificación y gestión de recursos hídricos o estudios ambientales y ecológicos, y afecta por tanto a una gran variedad de especialidades científicas como climatólogos, modelizadores del clima, ecólogos vegetales y fisiólogos, modelizadores de ecosistemas, especialistas en hidrología y reservas hídricas y planificadores regionales.

La falta de datos confiables de campo y las dificultades para obtener registros de evapotranspiración han dado origen a numerosos métodos que buscan, mediante el uso de datos climatológicos, estimar la evapotranspiración potencial. (Subramanya 1984). Hay un gran número de expresiones disponible;

unas puramente empíricas y otras respaldadas por fundamentos teóricos, las más conocidas son las siguientes:

Dentro de los métodos indirectos utilizados en la determinación de la evapotranspiración tenemos los siguientes:

- Penman (1948): calcula la EVT (mm/día). Combina el balance de energía y la transferencia de masas. Se requiere la radiación solar en mm de agua evaporable/día, temperatura del aire (°T), presión de vapor en mmHg.
- Turc (1961): calcula EVPr anual en mm considerando la temperatura promedio anual y la precipitación promedio anual.
- Thornthwaite (1948): se basa en experimentos con lisímetros y da EVP en cm/mes, temp. promedio mensual en °C y el índice calórico anual.
- Blaney-Cridley (1950): calcula la EVP en regiones áridas. Humedad relativa (%), brillo solar mensual con respecto al año, coeficiente de cultivo, temperatura (°F).
- Penman-Monteith (Monteith, 1965, Maidment, 1992) estima por medio de un modelo físico la evapotranspiración de referencia mediante la combinación de un término de radiación y de un término aerodinámico.

Para el estudio, se ha seleccionado el método de Thornthwaite (1948), que se refiere al cálculo empírico de la *evapotranspiración potencial* (ETP), a intervalos mensuales, utilizando básicamente la *temperatura*, aunque incluye también un factor de corrección de la duración del día a partir de la *latitud*. Según Llorente (1961), el cálculo se lleva a cabo mediante la fórmula siguiente:

$$ETo = 16 * Nm * \left(\frac{10 * Tm}{I} \right)^a \quad (5.2)$$

Donde:

- Tm → Temperatura media
- Nm → Factor de corrección de la duración del día
- I → Índice de calor anual
- A → Constante en función de I

- Cálculo del “Índice de calor mensual”, **i**, a partir de la temperatura media mensual (°C).

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514} \quad (5.3)$$

- Cálculo del “Índice de calor anual”, **I**, que se obtiene sumando los 12 valores de **i**.

$$I = \sum i \quad (5.4)$$

- Cálculo de la **Eto** mensual sin corregir, que se obtiene mediante la ecuación siguiente:

$$Eto = 16 * \left(\frac{10 * t}{I} \right)^a \quad (5.5)$$

Donde:

$$a = 675 * 10^{-9} * I^3 - 771 * 10^{-7} * I^2 + 1792 * 10^{-5} * I + 0.49239 \quad (5.6)$$

- Corrección por el N° de días del mes y N° de horas de sol

$$E_{to} = E_{to} * \left(\frac{N}{12}\right) * \left(\frac{d}{30}\right) \quad (5.7)$$

Para la estimación de número de horas de sol máximas, se requiere conocer la declinación y la latitud del lugar. El máximo posible de horas de sol se determina sin dificultad a partir del valor del arco descrito por el Sol desde el orto hasta el ocaso (expresado en grados). El cálculo del valor de "w" es fácil, sólo se requiere conocer la declinación y la latitud del lugar.

$$W = ar \cos(-\tan \phi * \tan d) \quad (5.8)$$

Donde:

- w: ángulo horario.
- Ø: latitud en grados del lugar
- d: declinación solar. Angulo formado entre el rayo solar y el plano ecuatorial.

$$\quad \quad \quad (5.9)$$

Donde:

N: es el día del año, contado a partir del día 1 de Enero.

$d = \frac{23.43 * \sin(0.9863 * \pi * (284 + n))}{365}$
 $b = 2 * 3.14159 * \frac{N}{365}$ La declinación solar también se puede calcular a partir del día del año (fracción en radianes).

$$\quad \quad \quad (5.10)$$

Donde:

Dn: es el día del año desde 1 a 365

Así la declinación en grados será:

$$d = \left(\frac{180}{3.14159}\right) * \begin{pmatrix} 0.006918 - 0.399912 * \cos b + \\ 0.070257 * \sen b - 0.006758 * \\ \cos 2b + 0.000907 * \sen 2b - \\ 0.002697 * \cos 3b + 0.00148 * \\ \sen 3b \end{pmatrix} \quad (5.11)$$

Fuente: Spencer, 1971

La duración del día en grados será "2w", para pasarlo a horas habrá que considerar que el Sol recorre 15° en una hora (360° /24h).

$$N = \left(\frac{2}{15}\right) * w [horas] \quad (5.12)$$

Donde:

"w": expresado en grados
 N : número de horas máximas de Sol

Es frecuente en la bibliografía la consideración del efecto de la refracción en la atmósfera (se habla de salida y puesta de Sol aparentes). El problema radica en que no se puede dar un valor constante para la consideración de la refracción de la atmósfera, pero se puede dar un valor del ángulo horario considerado este efecto. También se puede considerar el efecto de la altitud relativa con respecto al entorno. Así si se está en una zona elevada aislada (por ejemplo una colina) el Sol aparecerá antes, el efecto será nulo si estamos rodeados de montañas de igual altura.

Según Gronbeck (2000), para considerar el efecto de la elevación y de la refracción de la atmósfera se puede introducir el concepto de ángulo de elevación (A) para tomar en consideración el Sol cuando está aparentemente en el horizonte:

$$A = -0.8333 - 0.347 * (\text{elevaciónrelativaenmetros})^{0.5} \quad (5.13)$$

Considerando este efecto el ángulo horario "w" (obtenido al tomar en consideración estos factores) será :

$$w = \arccos \left[\frac{-1 * (\text{seno}(\text{latitud}) * \text{seno}(\text{declinación}) - \text{seno}(-0.8333 - 0.0347 * (\text{elevación})^{1/2}))}{(\text{coseno}(\text{latitud}) * \text{coseno}(\text{declinación}))} \right] \quad (5.14)$$

5.3.4 Análisis de Caudales

El régimen de caudales de una corriente de agua durante un período determinado, es el único término del balance hídrico de una cuenca que puede ser medido directamente con una buena precisión. Los otros elementos del balance, como las precipitaciones, la evaporación, etc, no pueden ser sino estimados a partir de mediciones observadas en distintos puntos de la cuenca o deducidos de fórmulas hidrológicas, los cuales son siempre estimativos y aproximados. Asimismo, el régimen de caudales es un dato básico e indispensable; para determinar la disponibilidad de los recursos hídrico existentes en una zona, para diseños hidráulicos y obras civiles (carreteras, puentes, acueductos, presas, etc.), entre otros.

La información de caudales a ser utilizada en el estudio, corresponde a la red de estaciones hidrológicas del SENAMHI y de otras estaciones específicas instaladas por los proyectos especiales. Dicha red esta conformada por 87 estaciones (operativas y clausuradas) las cuales cuentan con información representativa y que permitirá caracterizar el territorio nacional (Tabla 3.51 y 3.52).

El análisis general de la información, parte desde su proceso de automatización y caracterización espacial, para lo cual se ha recurrido a la aplicación del método de Análisis de Componentes Principales (ACP), técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número, perdiendo la menor cantidad de información posible.

Los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí.

Un aspecto clave en ACP es la interpretación de los factores, ya que ésta no viene dada a priori, sino que será deducida tras observar la relación de los factores con las variables iniciales (habrá, pues, que estudiar tanto el signo como la magnitud de las correlaciones). Esto no siempre es fácil, y será de vital

importancia el conocimiento que el experto tenga sobre la materia de investigación método dirigido a la identificación de asociaciones o grupos de entidades similares, contemplando las particularidades de los datos observados.

- **Fases de un Análisis de Componentes Principales**

- **Análisis de la matriz de correlaciones**

Un análisis de componentes principales tiene sentido si existen altas correlaciones entre las variables, ya que esto es indicativo de que existe información redundante y, por tanto, pocos factores explicarán gran parte de la variabilidad total.

- **Selección de los factores**

La elección de los factores se realiza de tal forma que el primero recoja la mayor proporción posible de la variabilidad original; el segundo factor debe recoger la máxima variabilidad posible no recogida por el primero, y así sucesivamente. Del total de factores se elegirán aquellos que recojan el porcentaje de variabilidad que se considere suficiente. A éstos se les denominará componentes principales.

- **Análisis de la matriz factorial**

Una vez seleccionados los componentes principales, se representan en forma de matriz. Cada elemento de ésta representa los coeficientes factoriales de las variables (las correlaciones entre las variables y los componentes principales). La matriz tendrá tantas columnas como componentes principales y tantas filas como variables.

- **Interpretación de los factores**

Para que un factor sea fácilmente interpretable debe tener las siguientes características, que son difíciles de conseguir:

- ❖ Los coeficientes factoriales deben ser próximos a 1.
- ❖ Una variable debe tener coeficientes elevados sólo con un factor.
- ❖ No deben existir factores con coeficientes similares.

Para la aplicación de este método, se utilizó el software XLSTAT PRO, con el cual se generó los grupos con estaciones cuyo comportamiento y similitud hidrológica presenten características similares. El análisis de homogeneidad y consistencia de la información, fue realizado a cada uno de los grupos generados con el ACP, para lo cual se aplicó un proceso estadístico – matemático denominado análisis de doble masa, procedimiento que ha sido descrito en el ítem correspondiente a precipitaciones.

Debido a algunas cuencas no cuentan con información de caudales, en especial las cuenca ubicadas en la amazonía peruana, se realizó un análisis regional de esta variable en función del área de recepción, lo que ha permitido generar expresiones matemáticas que expliquen el comportamiento de una con respecto a la otra, y de esta manera poder generar valores de caudal en zonas sin información.

Para la determinación de la escorrentía superficial (Esc, mm), en función a los caudales medios anuales observados (Q, m³/s) en cada una de las estaciones seleccionadas, se utilizó la expresión algebraica siguiente:

$$Esc(mm) = \frac{Q(m^3 / s) * 60(seg / min) * 60(min / h) * 24(h / día) * 30(días / mes) * 12(mes / año) * 1000mm / m}{Area..hasta..la..estación(km^2) * 1000^2 m^2 / km^2}$$

(5.15)

5.3.5 Determinación de Isolíneas

La elaboración de las isolíneas de precipitación, temperatura, evapotranspiración y escurrimiento superficial medido y calculado, se realizó con la ayuda del software SURFER Versión. 7, obteniéndose distribuciones espaciales representativas para cada una de las vertientes. Dichas isolíneas fueron exportadas al ArcView para su afinamiento y de ahí al ArcInfo, para la generación de los polígonos y finalmente al ArcView para la elaboración de los mapas temáticos finales y la determinación de los valores medios areales, mediante la expresión siguiente:

$$Vma = \frac{\sum_{i=1}^n (I_i * A_i)}{A} \quad (5.16)$$

Donde:

- Vma → Valor medio areal
- I_i → Valor de la isolínea media
- A_i → Valor del área parcial entre isolíneas
- A → Area total de la vertiente
- i → Número de orden de la isolínea
- n → Número total de isolíneas

Para:

$$I_i = \frac{(Is_i + Is_{i+1})}{2} \quad (5.17)$$

Donde:

- I_i → Valor medio de las isolíneas
- Is_i → Valor de la isolínea “i”
- Is_(i+1) → Valor de la isolínea “i+1”

Con la aplicación de las expresiones anteriores, se obtendrán los valores medios areales de las variables de precipitación (PP), temperatura (TT), evapotranspiración potencial (ETP) y escurrimiento calculado (Esc_c) y observado (Esc_o).

5.4 BALANCE HÍDRICO

La determinación del Balance Hídrico Superficial a nivel nacional, se realizó a una escala temporal multianual (1969/99), empleándose la expresión simplificada (2.2), que relaciona a las variables siguientes:

- P → Precipitación en mm.
- ET → Evapotranspiración en mm.
- Esc → Representa la salida superficial de la cuenca o aportaciones de la Red Fluvial, en mm.
- ΔS → Cambio de almacenamiento en mm.

Debido a que el balance hídrico superficial tiene como escala temporal, el promedio multianual, el término correspondiente al cambio de almacenamiento (ΔS) se considera que toma el valor de 0, debido a que la variabilidad del almacenamiento no experimenta cambios significativos a dicha escala, lo que no ocurre cuando se trabaja a escalas inferiores como son meses, semanas o días, donde esta variable sí toma mayor importancia.

Finalmente nuestra expresión algebraica quedó expresada por:

$$Esc_i = PP - ETc \quad (5.18)$$

cuya aplicación permitirá conocer la disponibilidad del recurso agua en la superficie integral de la cuenca y a nivel de subcuencas, así como también su distribución espacial y temporal.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1 RESULTADOS

6.1.1 Análisis de la Precipitación

El proceso de aplicación de la metodología para evaluar la homogeneidad y consistencia de los registros pluviométricos, se inició con el proceso de análisis de zonas pluviométricas similares, que se basa en distribuir las estaciones en función a grupos con un comportamiento homogéneo, cuya característica principal sea:

- A nivel temporal: el comportamiento de la Precipitación sea uniforme
- A nivel espacial: la ubicación de las estaciones mantengan una relación directa, en altitud y cercanía.

Esto ha permitido que la red seleccionada (167 estaciones), sea distribuida en forma homogénea, en las tres vertientes y en cada una de ellas en grupos con aporte y comportamiento pluviométrico similar, dándonos un total de 48 grupos.

• Vertiente del Pacífico

La red seleccionada para esta vertiente, ha sido agrupada en tres zonas:

- Zona norte: compuesta por 52 estaciones
- Zona centro: trabajada en los balances del 2001 – 2004
- Zona sur: compuesta por 38 estaciones

En la Tabla 6.1, se aprecia los grupos formados para las zonas norte y sur, donde se han obtenido un total de 28 grupos; y como mínimos están conformadas por tres estaciones. Las estaciones que conforman la zona central (Cañete hasta Lacramarca), han sido consistenciadas en los Balances Hídricos Superficiales de la vertiente del Pacífico que se viene realizando a nivel mensual y por cuencas, en la Dirección de Hidrología Aplicada.

GRUPO		ZONA NORTE - ESTACIONES			
G-1	Laguna Seca	Ayabaca	Sapillica		
G-2	La Esperanza	Pananga	El Virrey	Talara	Chusis
G-3	Vado Grande	Las Lomas	Rica Playa	El Ciruelo	Suyo
G-4	Huancabamba	Huarmaca	Pasapampa		
G-5	El Salto	El Tigre	Papayal		
G-6	Tuluze	Chontaly	Colasay		
G-7	Chiclayo	Pimentel	Reque		
G-8	Pucalá	Tinajones	Cayaltí		
G-9	Puchaca	Motupe	Jayanca		
G-10	Incahuasi	Tocmoche	Llama		
G-11	Jequetepeque	Chepén	Talla		
G-12	Tembladera	Chilete	Lives		
G-13	Weberbauer	Cajamarca	G. Porcón		
G-14	Cartavio	Casagrande	Laredo		
G-15	Contumazá	San Benito	Cascas		
G-16	Otuzco	Sinsicap	Salpo		
GRUPO		ZONA SUR - ESTACIONES			
G-17	H. Bernales	Cañete	Pisco	Acari	Palpa
G-18	Córdova	Huac - Huas	Llauta		
G-19	Los Libertadores	Tantara	Cusicancha		
G-20	Chilcayoc	Lucanas	Pausa		
G-21	Aplao	P. Majes	La Joya		
G-22	Moquegua	Ilbaya	Calientes		
G-23	Coalaque	Ayo	Cairani		
G-24	Chichas	Talabaya	Chiguata		
G-25	Huambo	Ubinas	Choco		
G-26	Sama Grande	Ilo	Ite		
G-27	Orcopampa	P. Umalzo	Chivay		
G-28	Imata	AngosturaSibayo			

Tabla 6.1. Vertiente del Pacífico - Grupo de estaciones

Para cada uno de los grupos, se seleccionó la estación base o patrón (Figura 9.1), cuya característica principal es mantener una tendencia lineal en su distribución temporal. En algunos grupos, las estaciones analizadas presentan quiebres continuos (Figuras 6.1 A, B, C y D) que no necesariamente es producto de algún error sistemático u observacional, sino mas bien por efectos de algún evento extremo como los ocurridos en el 1982/83 y 1997/98, donde el aporte de precipitación en la cuenca media y baja de la zona norte del país (Tumbes, Piura, Chancay-Lambayeque), se registraron valores muy superiores a sus normales históricas, generando los saltos en su distribución.

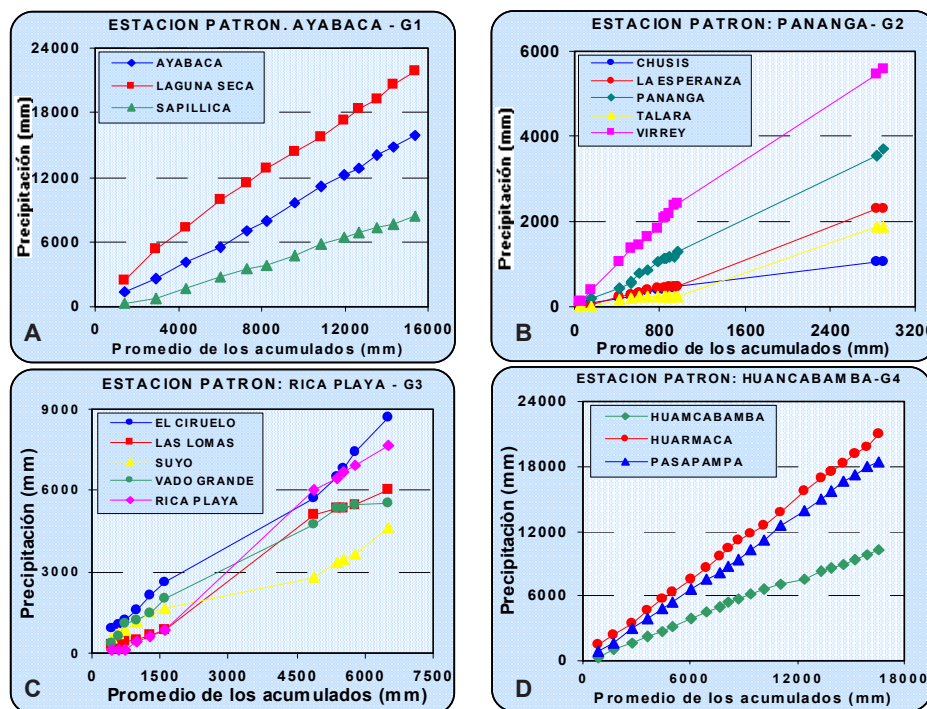


Figura 6.1. Determinación de la estación base o patrón

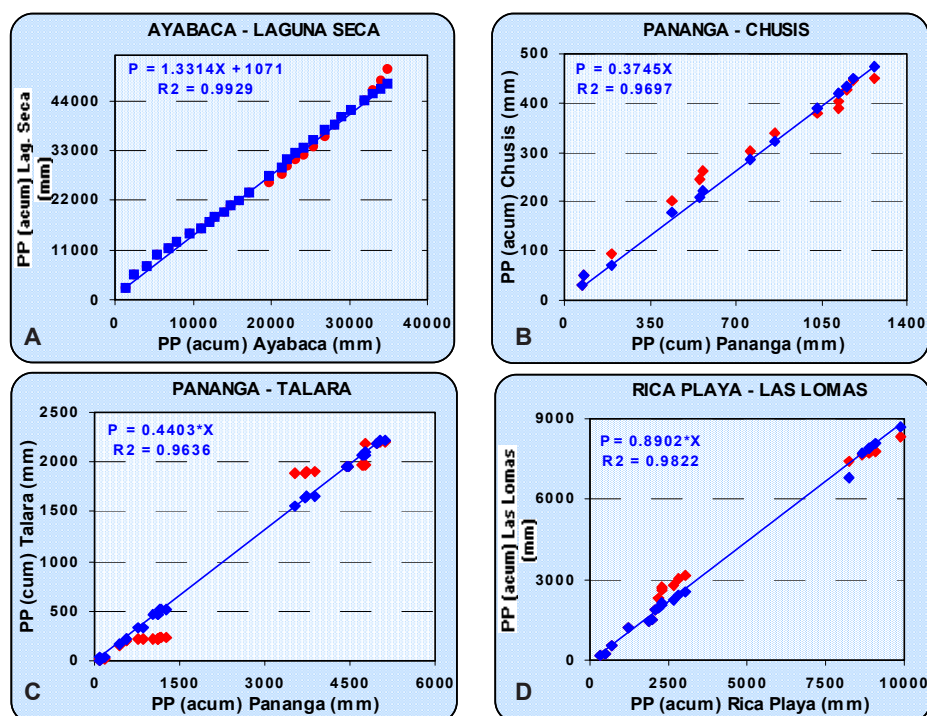


Figura 6.2. Análisis de Doble Masa.

El análisis de consistencia fue realizado para cada uno de los grupos, con la finalidad de detectar aquellas estaciones que presentan errores en su distribución temporal (saltos y quiebres), tal como se aprecia en la Figura 9.2, donde se observa que algunas estaciones registran comportamientos irregulares en la precipitación y que deben ser corregidas en función a la estación base seleccionada (Figura 6.2 A, B, C y D).

Para ello, se realizó un ajuste matemático que exprese el comportamiento del período homogéneo y consistente de la serie analizada, obteniéndose una expresión algebraica de primer orden, tal como se muestra en la Tabla 6.2, donde se observa que las ecuaciones generadas son de tipo lineal y expresan la relación funcional entre las variables analizadas, lo que se refleja en los valores significativos del coeficiente de correlación.

GRUPO	ESTACION A CORREGIR PPc	ESTACION BASE PPb	E C U A C I Ó N	R ²	SALTOS Y QUIEBRES
1	Laguna Seca	Ayabaca	PPc = 1,3314 * PPb + 1071,0	0,993	1983, 1990 y 1996 - 98
2	Chusis	Panaga	PPc = 0,3745 * PPb	0,969	1971, 1973 y 1977 - 80
	Talara		PPc = 0,4403 * PPb	0,964	1970, 1975, 1980, 1987 y 1992 - 95
3	Las Lomas	Rica Playa	PPc = 0,8902 * PPb	0,982	1976, 1977 y 1984 - 86
	Vado Grande		PPc = 0,9527 * PPb	0,937	1973 - 79
4	*	Huancabamba			
5	El Tigre	El Salto	PPb = 0,8139 * PPb + 563,53	0,979	1976, 1983, 1984 y 1989
	Papayal		PPc = 0,9643 * PPb	0,892	1970 - 75 y 1985 - 87
6	*	Tuluca			
7	Pimentel	Chiclayo	PPc = 1,0616 * PPb + 56,273	0,979	1971, 1975 - 76 y 1980 - 82
	Reque		PPc = 0,9085 * PPb	0,880	1976 - 77, 1986, 1992 y 1998
8	Tinajones	Cayaltí	PPc = 1,7981 * PPb	0,987	1974
	Pucalá		PPc = 0,7755 * PPb	0,981	1971, 1976, 1987, 1990, 1994 y 1995
9	Motupe	Jayanca	PPc = 1,5914 * PPb - 2,993	0,994	1975 y 1977
10	Incahuasi	Llama	PPc = 0,2679 * PPb + 26,588	0,998	1974, 1984, 1987, 1989 y 1990,
	Tocmoche		PPc = 0,3305 * PPb	0,740	1976, 1979, 1986, 1990 y 1997
11	Chepen	Talla	PPc = 0,9575 * PPb - 10,909	0,986	1974 - 77
	Jequetepeque		PPc = 0,3791 * PPb + 2,746	0,917	1973, 1976, 1981, 1982 - 83
12	Tembladera	Chilite	PPc = 0,5145 * PPb + 60,849	0,929	1969, 1972, 1977, 1978
13	Cajamarca	Weberbauer	PPc = 1,1689 * PPb - 98,193	0,996	1982, 1988, 1989 y 1990
14	Casagrande	Laredo	PPc = 1,3392 * PPb	0,983	1972, 1975, 1978 y 1979
	Cartavio		PPc = 0,9848 * PPb	0,905	1970, 1972, 1973 y 1977
15	Cascas	San Benito	PPc = 0,6841 * PPb + 0,233	0,998	1972, 1973 y 1974
16	**	Sinsicap			
17	Pisco	Cañete	PPc = 0,1329 * PPb	0,921	1970, 1975, 1981, 1983 y 1984 - 91
	Palpa		PPc = 1,4423 * PPb	0,765	1970, 1972, 1975, 1978 y 1981
	Hda. Bernales		PPc = 0,4287 * PPb	0,243	1971, 1974, 1978, 1980 y 1985 - 90
	Acari		PPc = 0,2835 * PPb - 2,66	0,839	1970, 1973, 1977, 1981 y 1985
18	*	Córdova			
19	Los Libertadores	Cusicancha	PPc = 2,9733 * PPb + 830,96	0,995	1978, 1971, 1980 y 1981
	Tantara		PPc = 1,5338 * PPb - 1300,7	0,989	1987, 1991, 1993, 1997 y 1998
20	*	Chiclayo			
21	Pampa de Majes	Aplao	PPc = 1,9391 * PPb	0,925	1970, 1972, 1975 y 1984 - 92.
	La Joya		PPc = 0,6499 * PPb	0,877	1972 - 1980 y 1984 - 1991
22	Ilabaya	Moquegua	PPc = 0,7067 * PPb	0,877	1972, 1976, 1980 - 81, 1984, y 1989 - 98
	Aguas Calientes		PPc = 0,9871 * PPb	0,870	1973, 1976, 1984, 1991, 1993 y 1997
23	Ayo	Coalaque	PPc = 0,8284 * PPb	0,934	1969 - 73, 1987 - 89 y 1992 - 94
24	Chicas	Chiguata	PPc = 0,6821 * PPb + 663,55	0,973	1969 - 1977 y 1984 - 1985
25	*	Huambos			
26	*	Ilo			
27	Pampa Umalzo	Orcopampa	PPc = 0,7826 * PPb + 475,05	0,979	1969 - 1976, 1986 y 1995
28	*	Imata			

* Las estaciones que conforman estos grupos no presentan saltos ni quiebres en su distribución

** Las estaciones de estos grupos han sido analizadas en el estudio del Balance Hídrico Superficial de la Vertiente del Pacífico

Tabla 6.2. Análisis de consistencia para la vertiente del Pacífico – ecuaciones de corrección

Una vez consistenciada toda la información de precipitación, para esta vertiente; se procedió a realizar el análisis de completado y extensión, de los datos a fin de contar con una serie homogénea de 31 años (1969/99). Dicho proceso se desarrolló en cada uno de los grupos seleccionados, generándose de esta manera expresiones algebraicas de primer orden, tal como se muestra en la Figura 9.3, las cuales cumplen la función de generar valores de precipitación en los años que no existe información (Figura 6.3 A, B y C).

Las ecuaciones generadas en el proceso de completado y extensión de los registros cortos se muestran en la Tabla 6.3, donde se aprecia que las expresiones algebraicas obtenidas reflejan muy bien la distribución y tendencia de las variables analizadas, tal como lo demuestran los valores significativos de los coeficientes de correlación.

El récord de información de la mayoría de las estaciones ha sido extendido (23), básicamente porque son estaciones clausuradas y/o paralizadas; pero la información que tiene cada una de ellas es representativa y están dentro de una zona con característica hidrológica similar; en promedio se han extendido registros entre 2 años y 19 años respectivamente.

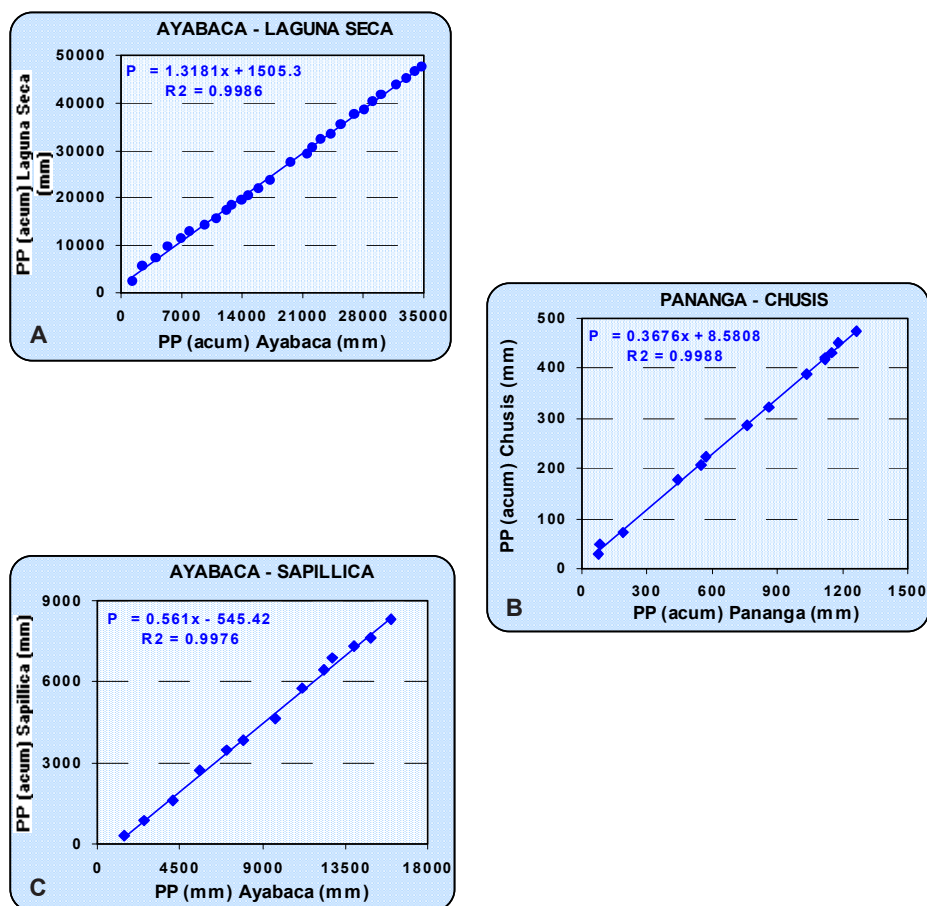


Figura 6.3. Análisis de completado y extensión de las series históricas de precipitación

GRUPO	ESTACION A CORREGIR PPc	ESTACION BASE PPb	E C U A C I Ó N	R ²	PERIODO A COMPLETAR O EXTENDER
1	Laguna Seca	Ayabaca	PPc = 1,3181 * PPb + 1505,30	0,999	1997 - 99
	Sapilllica		PPc = 0,5610 * PPb - 545,42	0,998	1982 - 83
2	Chusi	Pananga	PPc = 0,3676 * PPb + 8,581	0,999	1985 - 87
	Talara		PPc = 0,4440 * PPb - 26,186	0,999	1996 - 99
3	Las Lomas	Rica Playa	PPc = 0,8817 * PPb - 38,104	0,999	1988 - 99
	Vado Grande		PPc = 0,9514 * PPb - 5,859	0,999	1998 - 99
	Suyo		PPc = 0,8379 * PPb	0,999	1994 - 99
	Ciruelo		PPc = 0,9489 * PPb + 38,997	0,999	1997 - 99
4	Pasapampa	Huancabamba	PPc = 1,8265 * PPb - 361,520	0,993	1995 - 99
5	E Tigre	El Salto	PPb = 0,8409 * PPb + 449,700	0,996	1991- 92
	Papayal		PPc = 0,9614 * PPb + 20,069	0,999	1989 - 92
6	Chontalí	Tilice	PPc = 0,7975 * PPb + 77,826	0,999	1984 - 90
	Colasay		PPc = 0,7845 * PPb - 331,670	0,998	1984
7	Pimentel	Chiclayo	PPc = 1,1402 * PPb + 36,023	0,997	1984 - 99
8	Tinajones	Cayaltí	PPc = 1,7712 * PPb	0,999	1976 - 94
	Pucalá		PPc = 0,7863 * PPb - 14,118	0,999	1996 - 99
9	Motupe	Jayanca	PPc = 1,5806 * PPb + 13,556	0,997	1984 - 85
10	Incahuasi	Llama	PPc = 0,2684 * PPb + 3,686	0,999	1996 - 99
11	Chepen	Talla	PPc = 0,9551 * PPb - 9,102	0,999	1980 - 99
	Jequetepeque		PPc = 0,3793 * PPb + 3,383	0,998	1984 - 99
12	Tembladera	Chilete	PPc = 0,5218 * PPb + 42,273	0,998	1980 - 99
13	Cajamarca	Weberbauer	PPc = 1,1575 * PPb + 37,120	0,999	1996 - 99
14	Casagrande	Laredo	PPc = 1,3036 * PPb + 5,493	0,997	1990 - 99
	Cartavio		PPc = 1,0016 * PPb + 5,724	0,998	1986 - 99
15	Cascas	San Benito	PPc = 0,6805 * PPb + 16,030	0,997	1984 - 99
16	Callancas	Sinsicap	PPc = 1,1640 * PPb - 227,270	0,995	1983 - 85
	Otuzco		PPc = 1,0534 * PPb + 405,456	0,992	1981 - 99
17	Pisco	Cañete	PPc = 0,1333 * PPb - 0,037	0,999	1995 - 99
	Palpa		PPc = 1,4682 * PPb - 3,260	0,998	1982 - 99
	Hda. Bernales		PPc = 0,4258 * PPb - 0,136	0,999	1996 - 99
	Acarí		PPc = 0,2857 * PPb - 3,129	0,998	1986 - 99
18	Huac - Huas	Cordova	PPc = 1,1506 * PPb + 345,780	0,993	1969 - 79
19	Los Libertadores	Cusicancha	PPc = 2,9452 * PPb + 854,600	0,998	1993 - 99
	Tantara		PPc = 1,5636 * PPb - 1446,90	0,998	1969 - 79
20	*	Chiclayoc			
21	*	Aplao			
22	*	Moquegua			
23	*	Coalaque			
24	*	Chiguata			
25	*	Huambo			
26	*	Ilo			
27	*	Orcopampa			
28	*	Imata			

* estaciones con información completa

Tabla 6.3. Ecuaciones utilizadas en el proceso de completado y extensión de registros históricos pluviométricos

• **Vertiente del Atlántico**

La red seleccionada para esta vertiente, ha sido agrupada en tres zonas:

- Zona Norte: compuesta por 19 estaciones
- Zona Central: compuesta por 15 estaciones
- Zona Sur: compuesta por 14 estaciones

Los grupos de estaciones formados, se muestran en la Tabla 6.4 donde se observa un total de 15 grupos y cada uno de ellos cuenta entre 3 y 4 estaciones; las cuales guardan una relación funcional tanto a nivel espacial como temporal, de tal manera que no se altere el comportamiento o variabilidad de las series históricas.

En cada uno de los grupos, se seleccionó la estación base o patrón, cuya característica principal es mantener una tendencia lineal en su distribución temporal y período más largo, tal como se aprecia en la Figura 6.4; donde la mayoría de las estaciones analizadas registran un comportamiento uniforme en su tendencia (Figura 9.4).

El análisis de consistencia realizado a cada grupo, tiene como finalidad detectar aquellas estaciones que presenten errores en su distribución temporal (saltos y quiebres), tal como se aprecia en la Figura 6.5, donde se observa que algunas estaciones registran comportamientos irregulares en las precipitaciones y que deben ser corregidas en función a la estación base seleccionada (Figura 9.5).

Las ecuaciones generadas en este proceso se muestran en la Tabla 6.5, donde se aprecia que ambas variables guardan una relación directa, es decir que una explica el comportamiento de la otra, y eso se ve corroborado por los coeficientes de ajustes determinados.

ZONA NORTE				
GRUPO	ESTACIONES			
G-29	Bagua Chica	Jaén	Imacita	
G-30	Cochabamba	Llama	Huambos	
G-31	Tacabamba	Celendín	San Marcos	
G-32	Lamas	Sauce	Pelejo	
G-33	Pampa Hermosa	Orellana	Juanjí	Sauce
G-34	Naranjillo	Lamas	Rioja	
ZONA CENTRAL				
GRUPO	ESTACIONES			
G-35	Aucayacu	Panao	Tocache	
G-36	Bolognesi	Pucallpa	Pozuzo	
G-37	Oxapampa	Pozuzo	Satipo	
G-38	Yanahuanca	Panao	Cerro Pasco	
G-39	Vilcashuamán	Huancavelica	Chungui	
ZONA SUR				
GRUPO	ESTACIONES			
G-40	Anta Ancachuro	Paucartambo	Sicuani	Urcos
G-41	Antabamba	Chalhuanca	Sicuani	Yauri
G-42	Quillabamba	Paucartambo		Cirialo
G-43	Pto. Maldonado	Quincemil	Iberia	

Tabla 6.4. Vertiente del Atlántico - Grupo de estaciones

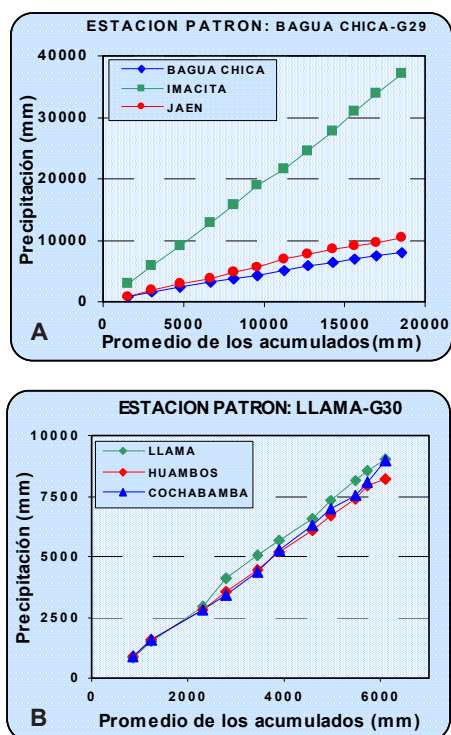


Figura 6.4. Selección de estación base o patrón Vertiente del Atlántico

GRUPO	ESTACION A CORREGIR PPc	ESTACION BASE PPb	ECUACIÓN	R ²	SALTOS Y QUIEBRES
29	*	Bagua Chica			
30	*	Llama			
31	Celendín	San Marcos	$PPc = 1,2655 * PPb + 242,31$	0,990	1980
32	*	Tarapoto			
33	*	Sauce			
34	Naranajillo	Lamas	$PPc = 1,0579 * PPb$	0,996	1978, 1982 y 1987
35	*	Aucayacu			
36	*	Pozuzo			
37	Oxapampa	Pozuzo	$PPc = 0,6076 * PPb - 130,20$	0,992	1978 -79
	Satipo		$PPc = 0,8206 * PPb$	0,947	1971, 1978 -79
38	Yanahuanca	Panao	$PPc = 0,1803 * PPb - 5,09$	0,965	1989 y 1994
	Cerro de Pasco		$PPc = 0,4392 * PPb$	0,959	1992, 1995 y 1977 - 82
39	Vilcashuamán	Huancavelica	$PPc = 0,8602 * PPb - 616,72$	0,991	1989 - 93
40	Paucartambo	Anta Ancachuro	$PPc = 0,6727 * PPb + 432,49$	0,984	1969, 1971 - 72 y 1974
41	*	Sicuni			
42	Quillabamba	Paucartambo	$PPc = 1,9056 * PPc - 678,89$	0,981	1974, 1976 -77
	Cirialo		$PPc = 1,2484 * PPb + 388,65$	0,985	1974 y 1977
43	*	Pto. Maldonado			

* Las estaciones que conforman los grupos no presentan saltos y quiebres en su distribución temporal

Tabla 6.5. Análisis de consistencia para la vertiente del Atlántico – ecuaciones de corrección

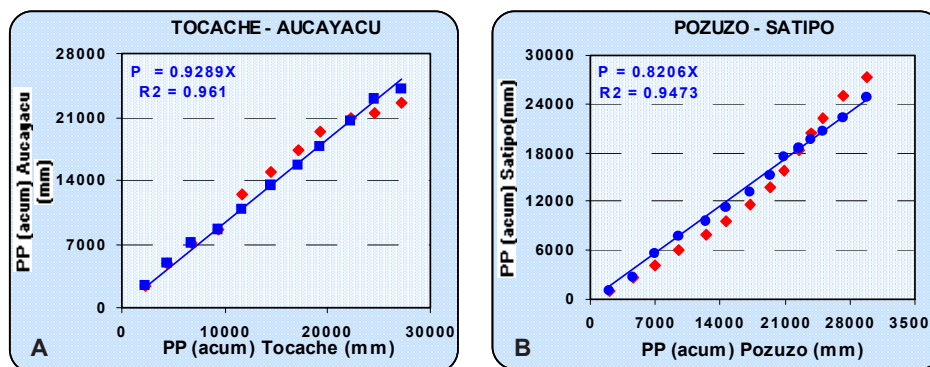


Figura 6.5. Análisis de completado y extensión de series históricas cortas - vertiente del Atlántico

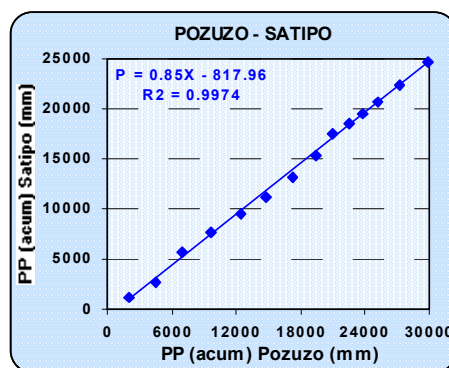


Figura 6.6. Análisis de completado y extensión de registros históricos y pluviométricos

Consistenciada la información de precipitación, se realizaron los análisis de completado y extensión de los datos; a fin de contar con una serie homogénea de 31 años (1969/99). Este proceso se desarrolló para cada grupo seleccionado, obteniéndose los análisis gráfico y ajustes matemáticos de la distribución de los valores ploteados, tal como se muestra en la Figura 6.6, que cumplirán la función de generar valores de precipitación en los años que no se cuenta con información (Figura 9.6).

Las ecuaciones generadas para el proceso de completado y extensión de los registros cortos, se muestran en la Tabla 6.6; donde se aprecia que las expresiones algebraicas obtenidas reflejan muy bien la distribución y tendencia de las variables analizadas, tal como lo demuestran los valores significativos de los coeficientes de correlación obtenidos.

GRUPO	ESTACION A CORREGIR PPc	ESTACION BASE PPb	E C U A C I Ó N	R ²	PERIODO A COMPLETAR O EXTENDER
29	Imacita	Bagua Chica	PPc = 4,5682 * PPb - 1181,70	0,997	1980 - 1999
30	Huambos	Llama	PPc = 0,9020 * PPb + 70,88	0,997	1980 - 1985
31	Celendin	San Marcos	PPc = 1,2301 * PPb + 351,57	0,995	1981 - 1995
	Tacabamba		PPc = 1,5143 * PPb + 736,69	0,999	1982 - 1999
32	Lamas	Tarapoto	PPc = 1,1784 * PPb + 158,32	0,998	1985, 1986 - 87
33	Juanji	Sauce	PPc = 1,0417 * PPb + 133,44	0,997	1997 - 1999
	Pampa Hermosa		PPc = 1,1481 * PPb + 101,53	0,998	1981 - 1999
	Fco. Orellana		PPc = 1,1245 * PPb - 644,85	0,997	1988 - 1999
34	Naranjillo	Lamas	PPc = 1,0640 * PPb - 47,03	0,998	1984 - 1985
	Rioja		PPc = 1,1811 * PPb - 526,02	0,997	1969 - 1973
35	Tocache	Aucayacu	PPc = 1,0433 * PPb - 719,57	0,995	1992 - 1999
	Panao		PPc = 1,1117 * PPb - 496,41	0,995	1980 - 1999
36	Pucallpa	Pozuzo	PPc = 0,7398 * PPb + 1566,00	0,993	1995 - 1999
	Bolognesi		PPc = 1,2329 * PPb - 726,00	0,995	1980 - 1999
37	Oxapampa	Pozuzo	PPc = 0,5894 * PPb + 26,94	0,996	1980 - 1994
	Satipo		PPc = 0,8500 * PPb - 817,96	0,997	1983 - 1988
38	Yanahuanca	Panao	PPc = 0,1741 * PPb + 236,47	0,992	1969 - 1985
	Cerro de Pasco		PPc = 0,4492 * PPb - 668,41	0,998	1969 - 1973
39	Vilcashuamán	Huancavelica	PPc = 0,8547 * PPb - 520,72	0,999	1982 - 1986
40	Paucartambo	Anta Ancachucro	PPc = 0,6614 * PPb + 466,94	0,999	1982 - 1999
	Sicuani		PPc = 0,8241 * PPb + 204,82	0,999	1985 - 1986
	Urcos		PPc = 0,8093 * PPb + 149,71	0,998	1983 - 1986
41	Antabamba	Sicuani	PPc = 1,4164 * PPb - 876,55	0,988	1987 - 1999
	Chalhuanca		PPc = 1,3163 * PPb - 435,09	0,996	1982 - 1993
42	Quillabamba	Paucartambo	PPc = 1,7652 * PPb	0,992	1985 - 1999
	Cirialo		PPc = 1,2460 * PPb + 499,02	0,998	1989 - 1999
43	Quincemil	Pto. Maldonado	PPc = 2,9637 * PPb - 3611,80	0,986	1986 - 1999

Tabla 6.6. Ecuaciones utilizadas en el proceso de completado y extensión de registros históricos pluviométricos

- **Vertiente del Lago Titicaca**

Para esta zona, se han seleccionado un total de 5 grupos (Tabla 6.7); donde se han distribuido las 17 estaciones con información de precipitación. En cada grupo, se determinó la estación base o patrón, que será utilizada para analizar si las series históricas de precipitaciones totales anuales acumuladas, registran quiebres y saltos en su distribución temporal. Dicho análisis se ve reflejado en la Figura 6.7 (Figura 9.7), donde se presentan los análisis gráficos de la distribución de las precipitaciones totales anuales acumuladas, observándose que las estaciones no presentan quiebres y saltos significativos en su tendencia, indicándonos que mantienen un comportamiento uniforme en el tiempo, por lo cual no es necesario realizar el análisis de consistencia.

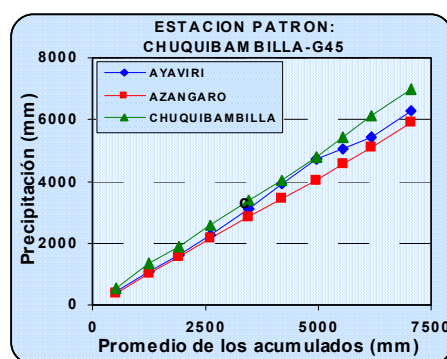


Figura 6.7. Selección de la estación patrón o base

GRUPO	ESTACIONES				
G-29	Bagua Chica	Jaén	Imacita		
G-44	Cojata	Huancané	Muñani		
G-45	Chuquibambilla	Azángaro	Ayaviri		
G-46	Cabanillas	Lagunillas	Puno	Lampa	
G-47	Laraqueri	Mazo Cruz			
G-48	Isla Taquile	Desaguadero	July	Yunguyo	Ilave

Tabla 6.7. Vertiente del Lago Titicaca - Grupo de estaciones

En vista que la información de precipitación total anual, no presenta errores en su distribución; se procedió al análisis de completado y extensión de los datos; a fin de contar con una serie homogénea de 31 años (1969/99). Este proceso se desarrolló para cada uno de los grupos seleccionados, generándose expresiones algebraicas de primer orden, tal como se muestra en la Figura 6.8 (Figuras 6.8), que cumplirán la función de generar valores de precipitación en los años que no se cuenta con información.

Las ecuaciones generadas en el proceso de completado y extensión de los registros cortos, se muestran en la Tabla 6.8; donde se aprecia que las expresiones algebraicas obtenidas reflejan muy bien la distribución y tendencia de las variables analizadas, tal como lo demuestran los valores significativos de los coeficientes de correlación obtenidos.

En la mayoría de las estaciones, se han completado información para períodos internos de la serie histórica, (1980/86), lo que nos indica que las estaciones seleccionadas en este grupo cuentan con datos actualizados a la fecha.

- **Determinación del gradiente pluviométrico**

La determinación del gradiente pluviométrico, a través del análisis estadístico de correlación

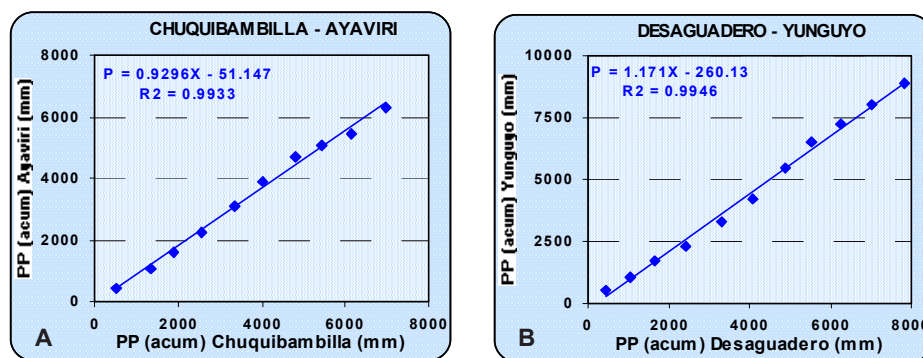


Figura 6.8. Análisis de completado y extensión de las series de precipitación

GRUPO	ESTACION A CORREGIR	ESTACION BASE	E C U A C I Ó N	R ²	PERIODO A COMPLETAR O EXTENDER
	PPc	PPb			
44	*	Huancané			
45	Ayaviri	Chuquibambilla	$PPc = 0,9296 * PPb - 51,15$	0,993	1979 – 1981
	Azángaro		$PPc = 0,7608 * PPb + 335,89$	0,990	1988 - 1991
46	*	Puno			
47	*	Mazo Cruz			
48	Ilave	Desaguadero	$PPc = 1,0472 * PPb + 26,78$	0,999	1979 – 1983
	July		$PPc = 1,2059 * PPb + 356,56$	0,998	1981 – 1984
	Yunguyo		$PPc = 1,1710 * PPb - 260,13$	0,995	1980 - 1986

* Las estaciones que conforman los grupos no presentan saltos ni quiebres en su distribución temporal

Tabla 6.8. Ecuaciones utilizadas en el proceso de completado y extensión de registros históricos pluviométricos

entre las variables de precipitación total anual y la altitud de ubicación de la estación; se ha realizado para las vertientes del Pacífico y Atlántico, considerándose en cada uno de ellos tres zonas (Norte, Centro y Sur), las cuales presentan régimen de precipitación similar.

Para la vertiente del Pacífico y lago Titicaca, se trabajó con un total de 104 estaciones, las cuales están distribuidas espacialmente en las 62 cuencas (53 Pacífico y 09 Titicaca).

La distribución de los valores ploteados, ha sido analizada tendiendo a nivel temporal y espacial, de tal manera que se caracterice el comportamiento del régimen pluviométrico, obteniéndose la Figura 6.9, donde se muestra la tendencia y relación entre las variables analizadas, así como el ajuste a través de una expresión algebraica de segundo grado y exponencial.

En la zona Norte y Central, el ajuste matemático ha sido realizado a través de una expresión algebraica de segundo grado, mientras que para la zona Sur, la expresión es de tipo exponencial. En las tres zonas, la relación entre la precipitación total anual y la altitud es directamente proporcional, es decir que la precipitación aumenta con la altitud.

En la vertiente del Atlántico, se han analizado un total de 61 estaciones distribuidas en toda la Amazonía peruana. El análisis se inicia con la selección de zonas pluviométricas similares, habiéndose definido para nuestro caso tres: Selva Norte, Selva Central y Selva Sur. En cada una de ellas se determinó el gradiente pluviométrico, que nos indica la relación que existe entre la precipitación y la altitud.

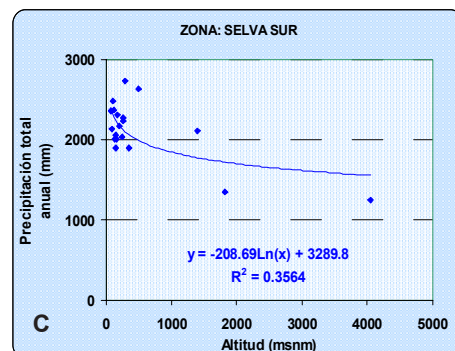
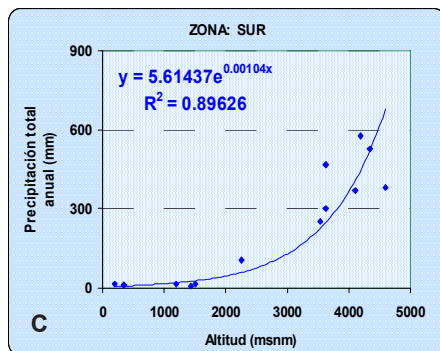
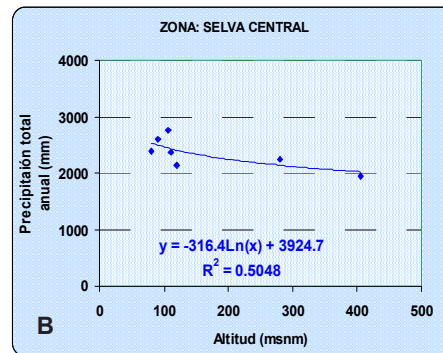
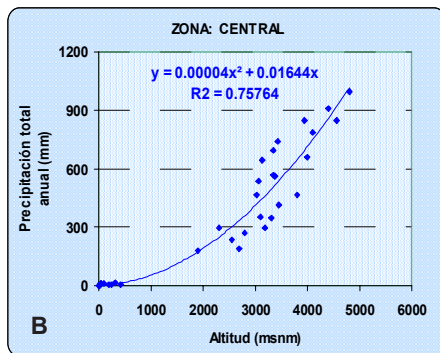
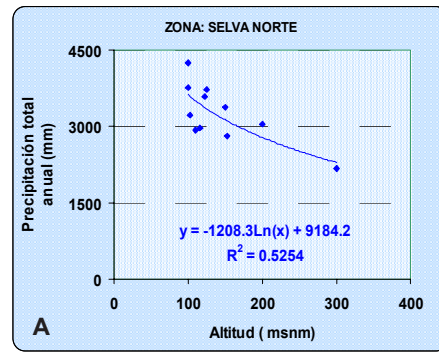
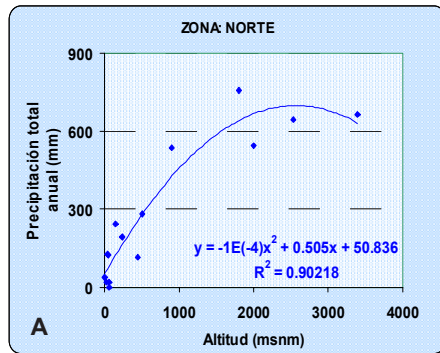


Figura 6.9.
Determinación del gradiente pluviométrico
vertiente del Pacífico

Figura 6.10.
Determinación del gradiente pluviométrico
vertiente del Atlántico

La distribución de los valores ploteados se muestran en la Figura 6.10, donde se aprecia como la distribución de los valores de precipitación totales anuales; sigue un comportamiento inversamente proporcional con la relación a la altitud, la cual es representada mediante una expresión algebraica de tipo logarítmica.

6.1.2 Análisis de la Temperatura

Las variables climatológicas, por lo general no presentan variaciones considerables a través del tiempo, sin embargo con el fin de poder uniformizar la serie de datos de cada una de las estaciones seleccionadas; se realizó los análisis estadísticos para determinar su confiabilidad, completado y extensión, a través del proceso denominado análisis de doble masa.

La aplicación de la metodología descrita en el capítulo anterior, a permitido determinar las características térmicas a nivel de vertiente que se presentan a continuación:

- **Vertiente del Pacífico**

SENAMHI (2001, 2002, 2003, 2004), vienen realizando los Balances Hídricos Superficiales por cuencas, de la vertiente del Pacífico, habiéndose desarrollado hasta la fecha un total de 20 cuencas (Cañete hasta Chancay-Lambayeque), donde se han evaluado las variables de precipitación, temperatura, horas de sol, viento, humedad relativa, evaporación, caudal y la determinación de la evapotranspiración, a nivel mensual.

Se complementaron dichos análisis, con el apoyo de las estaciones que se encuentran ubicadas en las cuencas no estudiadas, a fin de homogenizar la serie a nivel nacional.

Los análisis de consistencia para esta zona, ha permitido conocer que la información histórica analizada presenta un comportamiento homogéneo en su distribución espacial, lo que ha permitido obtener como estación patrón el promedio de los acumulados de 16 estaciones con información homogénea, consistente y período de registro completo (1969/99), tal como se observa en la Figura 9.9.

Dicho análisis ha permitido realizar la corrección y extensión, para aquellas estaciones que presentan errores en su distribución (saltos y quiebres) y períodos cortos de registro, para lo cual se han obtenido expresiones algebraicas de tipo lineal, que se presentan en la Tabla 6.9; representando el comportamiento de las variables analizadas.

Con las temperaturas medias anuales, uniformizadas y homogenizadas, se procedió a la determinación de las temperaturas medias mensuales, utilizándose para ello el factor de distribución porcentual, permitiendo de esta manera caracterizar el régimen térmico para la zona analizada; cuyo comportamiento presenta valores que fluctúan entre 2,5 °C y 25,0 °C, alcanzando un promedio multianual de 16,8 °C., tal como se aprecia en la Figura 6.11, donde se observa que las mayores temperaturas se presentan durante febrero, en altitudes bajas, mientras que para altitudes altas es en agosto.

ESTACION	ECUACION	R ²
Zarumilla	$Y = 1,5238 * X - 0,4918$	0,99
Imaqcita	$Y = 1,5086 * X - 0,3548$	1,00
Cajamarza	$Y = 0,8230 * X - 1,6559$	1,00
Tarata	$Y = 0,7035 * X + 0,3424$	0,99
Celendin	$Y = 0,8360 * X + 0,0519$	1,00
Tayabamba	$Y = 0,6768 * X + 0,9173$	1,00
Acari	$Y = 1,2109 * X - 1,4441$	1,00
Chota	$Y = 0,9494 * X - 0,0181$	0,99
Ocucaje	$Y = 1,2127 * X - 0,4649$	1,00
Palpa	$Y = 1,3437 * X - 0,4376$	1,00
Yauca	$Y = 1,1881 * X - 0,6335$	1,00
Mollendo	$Y = 1,1525 * X + 0,3616$	1,00
Chivay	$Y = 0,5804 * X + 0,7360$	0,99
Cotahuasi	$Y = 0,9244 * X + 0,5339$	1,00

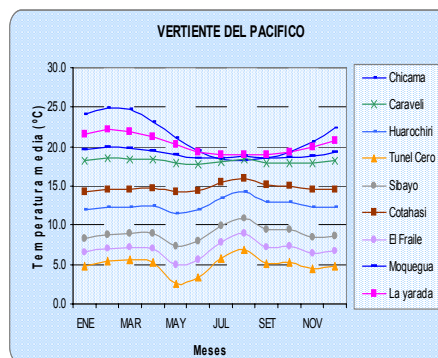


Figura 6.11.
Comportamiento Térmico-vertiente del Pacífico

Tabla 6.9.
Ecuaciones generadas en el análisis de doble masa

El análisis de gradiente térmico mensual y anual fue realizado con el apoyo de 130 estaciones, de tal manera que la generación de las expresiones matemáticas refleje el comportamiento real de la variable a nivel espacial, tal como se aprecia en la Figura 6.12

La representación mensual de este análisis, se aprecia en la Figura 9.10, donde se observa que la distribución de los valores a nivel espacial mantiene una tendencia uniforme; la cual es descrita a través de una expresión algebraica de segundo grado, las cuales se presentan en la Tabla 6.10.

MES	ECUACION	R ²
Enero	$-4,00E-07 * H^2 - 0,0026 * H + 24,074$	0,96
Febrero	$-3,00E-07 * H^2 - 0,0031 * H + 24,972$	0,97
Marzo	$-3,00E-07 * H^2 - 0,0030 * H + 24,686$	0,96
Abril	$-5,00E-07 * H^2 - 0,0018 * H + 23,080$	0,95
Mayo	$-9,00E-07 * H^2 - 0,0002 * H + 21,139$	0,94
Junio	$-1,00E-06 * H^2 + 0,0008 * H + 19,381$	0,92
Julio	$-1,00E-06 * H^2 + 0,0016 * H + 18,313$	0,92
Agosto	$-1,00E-06 * H^2 + 0,0019 * H + 18,107$	0,91
Setiembre	$-1,00E-06 * H^2 + 0,0014 * H + 18,525$	0,90
Octubre	$-9,00E-07 * H^2 + 0,0009 * H + 19,357$	0,91
Noviembre	$-8,00E-07 * H^2 - 0,0001 * H + 20,53$	0,92
Diciembre	$-6,00E-07 * H^2 - 0,0013 * H + 22,327$	0,94

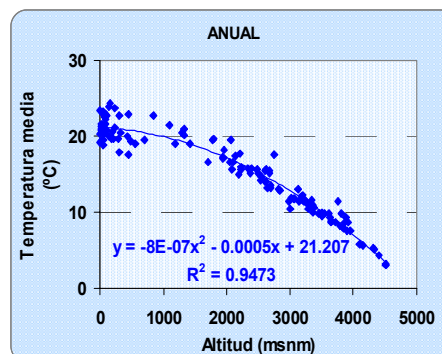


Figura 6.12. Gradiente térmico anual

Tabla 6.10. Gradiente térmico - vertiente del Pacífico - Lago Titicaca

• **Vertiente del Lago Titicaca**

El análisis de consistencia, realizado para el grupo de estaciones seleccionadas en esta zona; se inició con la elección de la estación patrón, habiéndose elegido para ello a la CO – Huancané, por presentar una tendencia lineal en su distribución temporal, tal como se aprecia en la Figura 6.13.

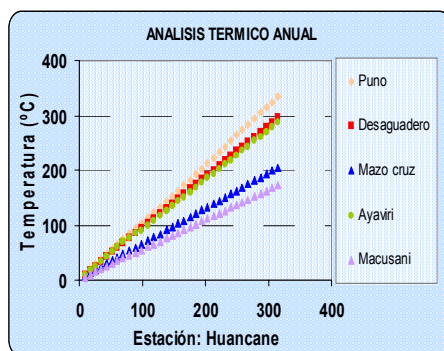


Figura 6.13. Determinación de la estación base o patrón

El análisis gráfico - estadístico realizado entre las estaciones seleccionadas y Huancané, se presentan en la Figura 6.14; donde se observa como los valores de temperaturas totales anuales acumuladas mantienen una tendencia lineal en su distribución, indicándonos que la serie histórica de datos es consistente y homogénea.

Este análisis ha permitido además, obtener un ajuste matemático a través de una expresión algebraica de primer orden (Tabla 6.11); mediante el cual se representa el comportamiento de una de las variables en función de la otra, ecuaciones que serán utilizadas para el proceso de completación y extensión de las series de datos que registren períodos cortos.

ESTACION	ECUACION	R ²
Mazo Cruz	$Y = 0,6537 * X + 1,4249$	0,99
Macusani	$Y = 0,5446 * X + 1,0407$	0,99
Ayaviri	$Y = 0,9609 * X + 0,9932$	0,99

Tabla 6.11. Ecuaciones generadas en el análisis de doble masa

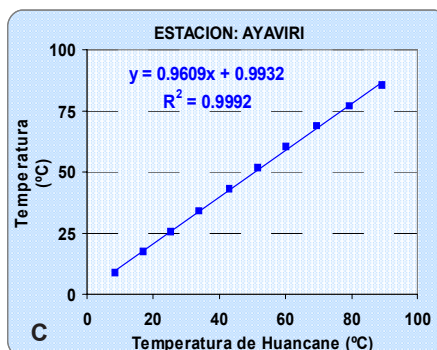
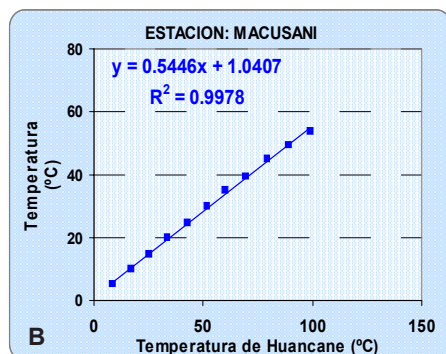
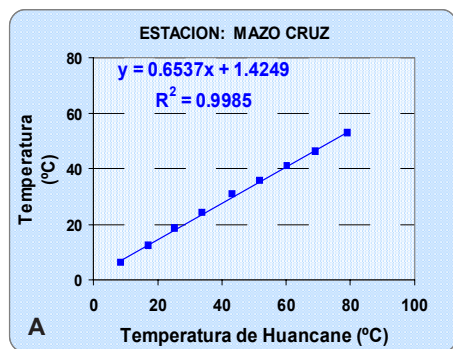


Figura 6.14. Análisis de completado y extensión

La generación de los valores medios mensuales, se realizó mediante la aplicación del método de factor de distribución porcentual, permitiendo uniformizar las series y caracterizar el régimen térmico de la zona. El régimen de temperatura media mensual presenta un comportamiento variable en su distribución temporal, con valores que fluctúan entre 4,03 °C y 12,39 °C, alcanzando un promedio anual de 7.82 °C, tal como se aprecia en la Figura 6.15.

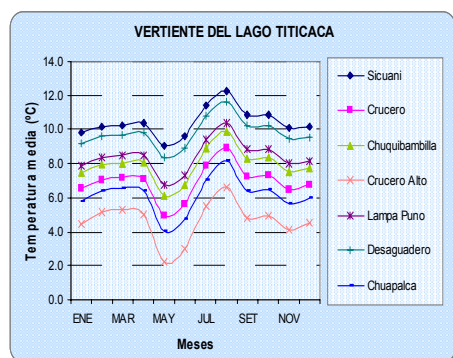


Figura 6.15. Comportamiento de la temperatura media anual

Los mínimos valores se registran durante mayo, mientras que en agosto se obtienen las mayores temperaturas.

- **Vertiente del Atlántico**

Ordóñez, 2001 y 2004, realizó un estudio hidrometeorológico en la cuenca del río Pachitea y San Alberto (Oxapampa), donde analizó las variables de precipitación, temperatura, humedad relativa, horas de sol, velocidad de viento, evaporación y caudal, para el período 1963/98; realizando el análisis de consistencia y confiabilidad de la información para un grupo de 20 estaciones.

Dicho análisis fue complementado con el apoyo de 20 estaciones más, las cuales fueron agrupadas en dos series:

- Serie 1, que cubre la selva norte y central 11 estaciones
- Serie 2, que cubre la selva sur 09 estaciones

Las cuales se distribuyen en forma espacial, cubriendo la mayor superficie y que presente características térmicas similares, tal como se presenta en la Tabla 6.12.

En cada serie, se definió en primer lugar la estación base o patrón, para lo cual se realizó el análisis de doble masa, tal como se aprecia en la Figura 6.16, donde se muestra que en la serie 1 se eligió a la estación de Requena (Figura 6.16 A), mientras que en la serie 2, se tiene la estación de Huayao (Figura 6.16 B) respectivamente.

GRUPO	ESTACIONES	LONGITUD (Grados)	LATITUD (Grados)	ALTITUD (msnm)
1	Requena	73,32	5,05	200
	Borja	77,30	4,28	174
	Caballococha	70,32	3,54	84
	Contamana	74,55	7,17	134
	Gueppi	75,15	0,07	300
	Iñapari	69,36	10,57	365
	Quincemil	70,45	13,13	620
	San Roque	73,15	3,45	126
	Sta. Clotilde	73,42	2,28	250
	Pucallpa	74,53	8,22	154
2	Pto. Maldonado	69,12	12,35	202
	Lircay	74,43	12,57	3150
	Huayao	75,19	12,02	3313
	Jauja	75,29	11,47	3587
	Abancay	72,52	13,36	2377
	Andahuaylas	73,22	13,39	2944
	Paucartambo	71,35	13,19	2830
	La Oroya	75,54	11,31	3750
	Cerro de Pasco	76,10	10,45	4400
	Pampas	74,54	12,18	3260

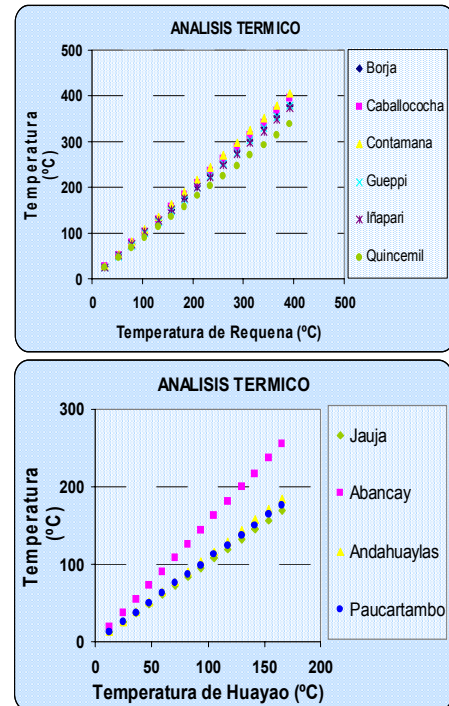


Tabla 6.12. Series seleccionadas para análisis de consistencia Figura 6.16. Análisis de Doble Masa

La información analizada en cada una de las series, en función a las estaciones bases, ha permitido determinar que ellas no registran saltos ni quiebres en su distribución temporal, por lo cual podemos afirmar que los datos procesados son consistentes y homogéneos.

El ajuste a la distribución de valores de temperaturas plotados, ha sido realizado mediante expresiones algebraicas del tipo lineal, tal como se muestra en la Figura 6.17 (Figura 9.11), donde se observa la tendencia lineal que presenta el régimen térmico anual. Dichas expresiones tanto para la serie 1 y 2, se presentan en las Tablas 6.13 y 6.14, las cuales serán utilizadas en el proceso de completado y extensión de algunas estaciones con período corto.

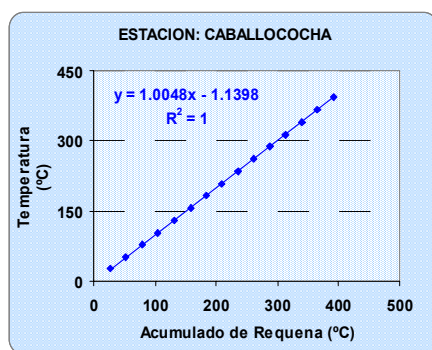


Figura 6.17. Análisis de completado y extensión

ESTACION	ECUACION	R ²
Borja	$Y = 0,9671 * X - 0,2247$	0,99
Caballococha	$Y = 1,0048 * X - 1,1398$	1,00
Contumaza	$Y = 1,0083 * X + 4,4973$	0,99
San Roque	$Y = 0,9833 * X + 4,8504$	0,99
Gueppi	$Y = 0,9719 * X - 2,5867$	0,99
Iñapari	$Y = 0,9526 * X + 0,9829$	0,99
Quincemil	$Y = 0,8599 * X + 0,0840$	1,00
Santa Clotilde	$Y = 0,9883 * X - 0,4900$	0,99
Pucallpa	$Y = 0,9919 * X + 1,9985$	0,99
Pto. Maldonado	$Y = 0,9898 * X + 0,5419$	1,00

Tabla 6.13. Análisis de completado y extensión – Serie 1

ESTACION	ECUACION	R ²
Jauja	$Y = 1,01970 * X - 0,2387$	1,00
Abancay	$Y = 1,54440 * X - 1,1245$	0,99
Andahuaylas	$Y = 1,11410 * X - 1,3276$	1,00
Paucartambo	$Y = 1,06660 * X - 0,7116$	1,00
Pampas	$Y = 0,94660 * X + 0,0281$	0,99
La Oroya	$Y = 0,76590 * X - 2,8001$	0,99
Cerro de Pasco	$Y = 0,40740 * X + 0,3913$	0,99

Tabla 6.14. Análisis de completado y extensión – Serie 2

Con la información de valores promedios anuales para el período considerado (1969/99), se procedió a la generación de las temperaturas medias mensuales; proceso que requirió la determinación de los factores de distribución porcentual. Todo este proceso nos permitió uniformizar los registros mensuales de esta variable y caracterizar su régimen.

El régimen térmico mensual en la Amazonía Peruana, se caracteriza por presentar un comportamiento variable en su distribución temporal y espacial, tal como se aprecia en la Figura 6.18, donde se observa que la zona Norte de la amazonía registra valores uniformes (estación Gueppi) que fluctúan entre 25,1 °C y 26°C, alcanzando un promedio de 25,99°C, mientras que en la Amazonía Alto Andina, la temperatura presenta una tendencia senoidal (Oxapampa, Llata) con valores que fluctúan entre 18,02 °C y 20,22 °C, alcanzando en promedio 19,4 °C y 9,31 ° y 12,49 °C, alcanzando un promedio de 11,31 °C.

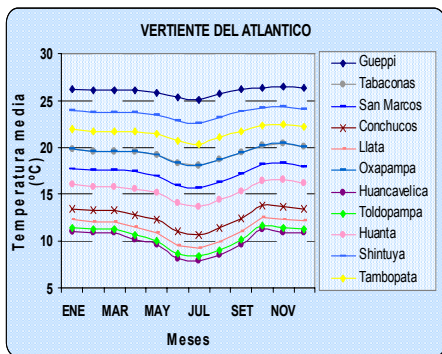


Figura 6.18. Comportamiento térmico mensual

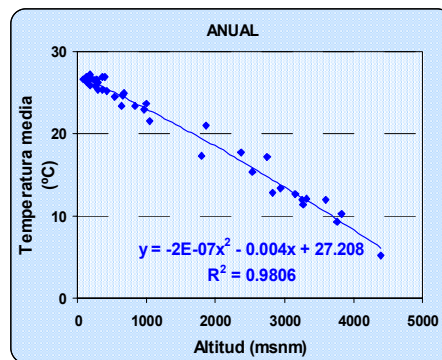


Figura 6.19. Gradiente térmico anual

Para la determinación del gradiente térmico a nivel mensual anual, se consideró un total de 46 estaciones distribuidas en toda la Amazonía Peruana, realizándose el análisis en forma grupal; es decir en una sola serie, tal como se observa en la Figura 6.19 (Figura 9.12), donde se aprecia el ajuste realizado a la distribución de los valores de temperatura y altitud de ubicación de la estación correspondiente.

El ajuste matemático realizado está en función de una expresión matemática de segundo grado, la cual expresa el comportamiento espacial de la temperatura en función a la altitud. Este análisis permitió generar valores de esta variable en zonas sin información. Las ecuaciones generadas en este proceso, se muestran en la Tabla 6.15.

MES	E C U A C I O N	R ²
Enero	-1,00E-07 * H ² - 0,0041 * H + 27,484	0,98
Febrero	-1,00E-07 * H ² - 0,0041 * H + 27,323	0,98
Marzo	-1,00E-07 * H ² - 0,0041 * H + 27,304	0,98
Abril	-2,00E-07 * H ² - 0,0039 * H + 27,237	0,98
Mayo	-2,00E-07 * H ² - 0,0004 * H + 27,026	0,98
Junio	-2,00E-07 * H ² + 0,0043 * H + 26,669	0,98
Julio	-2,00E-07 * H ² + 0,0043 * H + 26,408	0,98
Agosto	-2,00E-07 * H ² + 0,0043 * H + 27,054	0,98
Setiembre	-2,00E-07 * H ² + 0,0041 * H + 27,442	0,98
Octubre	-2,00E-07 * H ² + 0,0037 * H + 27,525	0,97
Noviembre	-3,00E-07 * H ² - 0,0034 * H + 27,503	0,97
Diciembre	-2,00E-07 * H ² - 0,0038 * H + 27,517	0,98

Tabla 6.15. Gradiente térmico - vertiente del Atlántico

6.1.3 Determinación de la Evapotranspiración

La determinación de la evapotranspiración se basa en la aplicación del método de Thornthwaite (1948), el cual se sustenta en la utilización de la temperatura media mensual, variable que ha sido analizada, homogenizada y consistenciada.

El proceso se inicia con la determinación de los valores de número de horas de sol máximo, en función a la latitud, altitud y día promedio del mes; para cada una de las estaciones seleccionadas, a través de la aplicación de una macro desarrollada en Excel.

Los valores generados ha permitido caracterizar el régimen de horas de sol para cada una de las vertientes, obteniéndose finalmente los rangos de variación y su promedio, tal como se muestran en las Tablas 6.16, 6.17 y 6.18 respectivamente.

En la Tabla 6.16, se aprecia los valores promedios del número de horas de sol máximo, para la vertiente del Pacífico la cual ha sido dividido en tres zonas:

- Zona Norte HS fluctúa entre 11,62 horas/día y 12,88 horas/día, alcanzando un promedio de 12,26 horas/día.
- Zona Centro HS fluctúa entre 11,34 horas/día y 13,29 horas/día, alcanzando un promedio de 12,27 horas/día.
- Zona Sur HS fluctúa entre 11,09 horas/día y 13,44 horas/día, alcanzando un promedio de 12,28 horas/día.

Zonas	Número de horas sol máximo (horas/día)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Norte	11,62	12,26	12,88
Centro	11,34	12,27	13,29
Sur	11,09	12,28	13,44

Tabla 6.16.
Número de horas de sol máximo (horas/día)
vertiente del Pacífico

En la Tabla 6.17, se aprecia los valores promedios del número de horas de sol máximo, para la vertiente del Atlántico la cual ha sido dividido en tres zonas:

- Zona Norte HS fluctúa entre 11,68 horas / día y 12,87 horas / día, alcanzando un promedio de 12,20 horas / día.
- Zona Centro HS fluctúa entre 11,48 horas / día y 13,15 horas / día, alcanzando un promedio de 12,26 horas / día.
- Zona Sur HS fluctúa entre 11,44 horas / día y 13,25 horas / día, alcanzando un promedio de 12,33 horas / día.

Zonas	Número de horas sol máximo (horas/día)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Norte	11,68	12,20	12,87
Centro	11,48	12,26	13,15
Sur	11,44	12,33	13,25

Tabla 6.17.
Número de horas de sol máximo (horas / día)
vertiente del Atlántico

En la Tabla 6.18, se aprecia los valores promedios del número de horas de sol máximo, para la vertiente del lago Titicaca que se caracteriza por:

- Zona Hoya HS fluctúa entre 11,44 horas / día y 13,48 horas / día, alcanzando un promedio de 12,41 horas / día.

Zonas	Número de horas sol máximo (horas/día)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Hoya	11,44	12,41	13,48

Tabla 6.18.
Número de horas de sol máximo (horas / día)
vertiente del lago Titicaca

En la Figura 6.20, se muestran la variabilidad espacial y temporal del número de horas de sol máximo, para las vertientes del Pacífico, Atlántico y lago Titicaca; observándose que esta variable fluctúa en función a la latitud originando que el rango de variación se incremente a medida que el punto analizado se aleja de la línea ecuatorial, es decir a medida que se incremente la latitud el número de horas de sol máximo presenta una mayor variabilidad y la distribución de los valores tiende a ajustarse a una parábola.

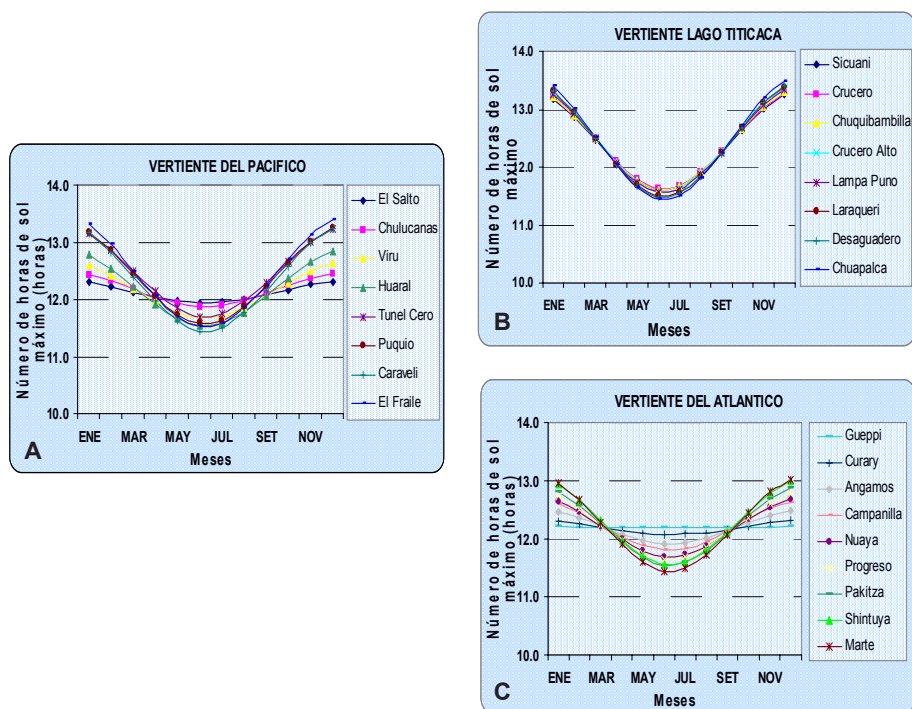


Tabla 6.20. Comportamiento de las horas de sol máxima

La aplicación de la metodología descrita en el Capítulo II, a través de macros desarrolladas en Excel, ha permitido estimar los valores de la evapotranspiración para cada una de las estaciones consideradas en el estudio y por vertiente, tal como se muestran en las Tablas 6.19, 6.20 y 6.21.

En la Tabla 6.19, se aprecia los valores de la ETP, para la vertiente del Pacífico la cual ha sido dividido en tres zonas:

- Zona Norte ETP fluctúa entre 45,82 mm y 124,87 mm, alcanzado un acumulado de 829,33 mm.

- Zona Centro ETP fluctúa entre 28,20 mm y 126,66 mm, alcanzando un acumulado de 841,55 mm.
- Zona Sur ETP fluctúa entre 34,11 mm y 127,42 mm, alcanzando un acumulado de 820,72 mm.

Zonas	Evapotranspiración (mm)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Norte	45,82	69,11	124,87
Centro	28,20	70,13	126,66
Sur	34,11	68,82	127,42

Tabla 6.19.
Evapotranspiración Vertiente del Pacífico

En la Tabla 6.20, se aprecia los valores de la ETP, para la vertiente del Atlántico la cual ha sido dividido en dos zonas:

- Zona Baja ETP fluctúa entre 66,58 mm y 155,79 mm, alcanzado un acumulado de 1534,35 mm.
- Zona Andina ETP varía entre 28,71 mm y 86,81 mm, alcanzando un acumulado de 697,46 mm.

Zonas	Evapotranspiración (mm)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Baja	66,58	127,86	155,79
Alto Andina	28,71	58,12	86,81

Tabla 6.20.
Evapotranspiración Vertiente del Atlántico

En la Tabla 6.21, se aprecia los valores de la ETP, para la vertiente del lago Titicaca cuyo comportamiento espacial se caracteriza por registrar valores que fluctúan entre 26,53 mm y 58,40 mm, alcanzando un acumulado de 579,47 mm.

Zonas	Evapotranspiración (mm)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Hoya	26,53	48,29	58,40

Tabla 6.21.
Evapotranspiración Vertiente lago Titicaca

En la Figura 6.21 (A – C), se muestra la variación de la evapotranspiración, a nivel espacial y temporal para las vertientes del:

- Pacífico Se registra una mayor variabilidad durante los meses de enero – abril, mientras que de junio – agosto el rango de fluctuación es mínimo.
- Atlántico La variabilidad se mantiene durante todo el año, en cada una de las estaciones; registrándose los valores mínimos en junio.

- Lago Titicaca El rango de variación no es muy significativo, sin embargo los mínimos valores se registran durante junio.

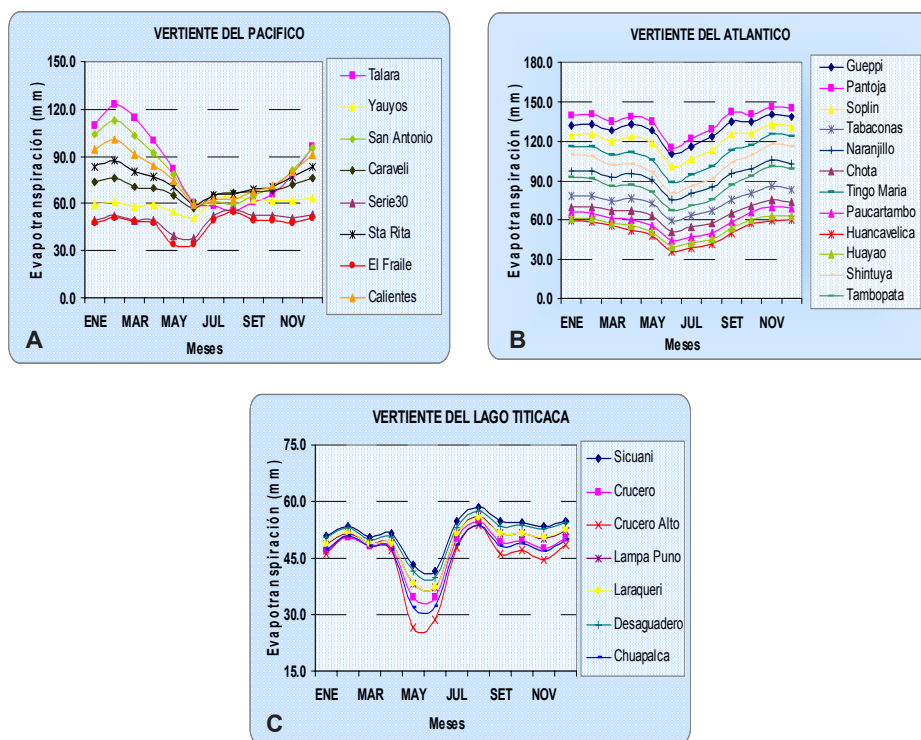


Figura 6.21. Comportamiento de la evapotranspiración

6.1.4 Determinación de la Escorrentía Multianual

El análisis de la escorrentía superficial, se inicia con el proceso de selección de los grupos de estaciones que registren un comportamiento hidrológico similar, para lo cual se aplicó el análisis de componentes principales (ACP); que ha permitido distribuir la red seleccionada en grupos y por vertientes, tal como se observa en la Tabla 6.22, donde se tiene registrado:

- Pacífico Se tiene 17 grupos, que engloban un total de 78 estaciones
- Atlántico Se tiene 4 grupos, que engloban un total de 13 estaciones
- Lago Titicaca Se tiene 2 grupos, que engloban un total de 06 estaciones

En cada grupo, se seleccionó la estación base o patrón, con el fin de detectar los saltos y quiebres en la información de caudales medios anuales, tal como se muestra en la Figura 6.22, donde se observa el comportamiento y tendencia de la distribución de los valores ploteados, seleccionándose en cada uno de ellos la estación que mejor linealidad presente a nivel temporal (Figura 9.13)

El análisis de consistencia se desarrolló en función a las estaciones bases determinadas, mediante las cuales se analizaron la tendencia y distribución de los valores de caudal, con el fin de detectar saltos y quiebres en las series históricas a nivel temporal. Aquellas estaciones que registran dichos errores, fueron corregidas mediante las expresiones algebraicas generadas en el análisis de correlación entre las variables, tal como se muestra en la Figura 6.23, donde se observa las ecuaciones de primero orden obtenidas, para cada vertiente (Figura 9.14).

Dichas expresiones han sido agrupadas en la Tabla 6.23, que muestran las ecuaciones por grupo y vertiente, así como los años que han sido corregidos por presentar quiebres y saltos en la distribución.

Vertiente	Grupo	ESTACIONES							
Pacífico	1	P. Sullana	El Ciruelo	P. I. Macara	El Tigre				
	2	Puchaca	Racarumi	Carhuaquero	La Puntilla	El Batán			
	3	Yonan P.	Pte Chilete	Las Paltas	Salinar	Quiruhuac			
	4	Quirihuac	Huacapongo						
	5	Pte C. Santa	Condorcerro	Chuquicara	S. Domingo				
	6	Condorcerro	Quitaracsá	Balsa	Los Cedros	Manta	Colcas		
	7	Los Cedros	Chancos	Quillcay	Olleros	Querococha	Pachacoto	Recreta	
	8	P.C. Sechin	Casma	S. Tutuma	Pte. Quillo	Hda Poctao	Pte Moro	San Jacinto	S. Domingo
	9	Yanapampa	Alco Sayan	S. Domingo					
	10	Huarmey	Pte Huamba	Yanapampa					
	11	Rinconada	Yanapampa						
	12	Chosica R-2	Obrajillo	Larancocha	S. Mateo H.	Río Blanco	Manchay		
	13	La Capilla	Socci	Chosica R-2					
	14	Conta	Letrayoc	Los Molinos	Socci				
	15	Bella unión	Pte. Jaqui	Río Grande	Letrayoc				
	16	Charcani	Huatiapa	P. Del Diablo	P.C. Sibayo	Sumbay	T. Grande	Salamanca	
	17	La Tranca	Tumilaca	Ticapampa	Calientes	P. Blancas			
Lago Titicaca	1	Ramis	P.Carretera	P. C. Coata					
	2	Pte. C. Coata	Pte. Zapatilla	Pte. C. llave					
Atlántico	1	Magunchal	Chunchuca	Tabaconas	Corellama	Maygasbamba			
	2	Corellama	Namora	Jesús Túnel					
	3	Corellama	Biavo	Mayo					
	4	Pisac	Huasapampa						

Tabla 6.22. Relación de las estaciones hidrológicas seleccionadas por vertiente y grupo

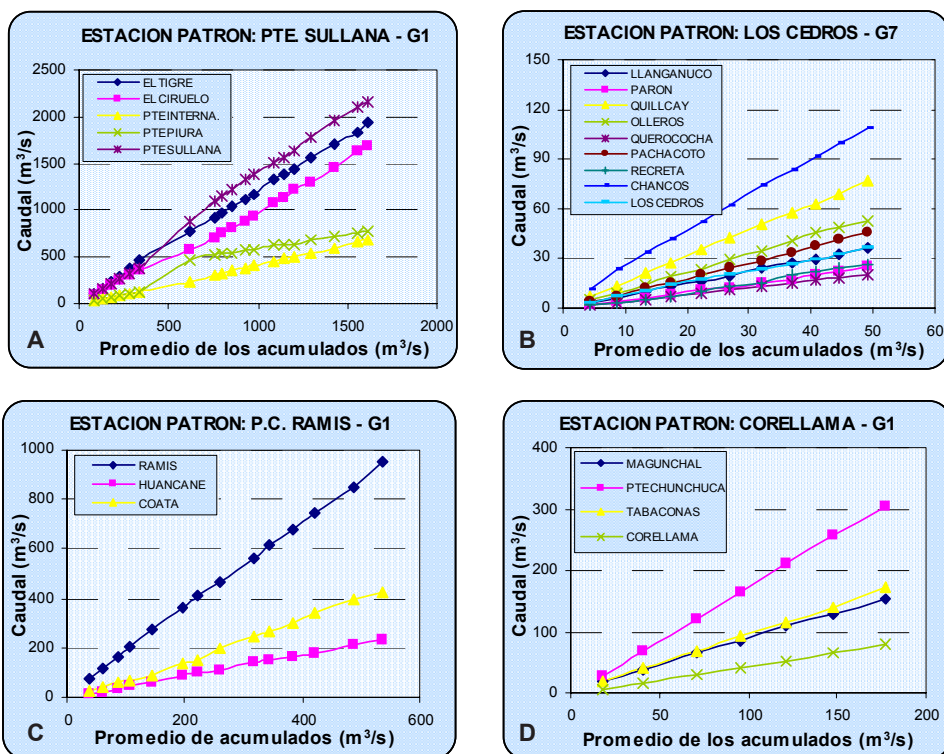


Figura 6.22. Determinación de la estación base o patrón, para las tres vertientes

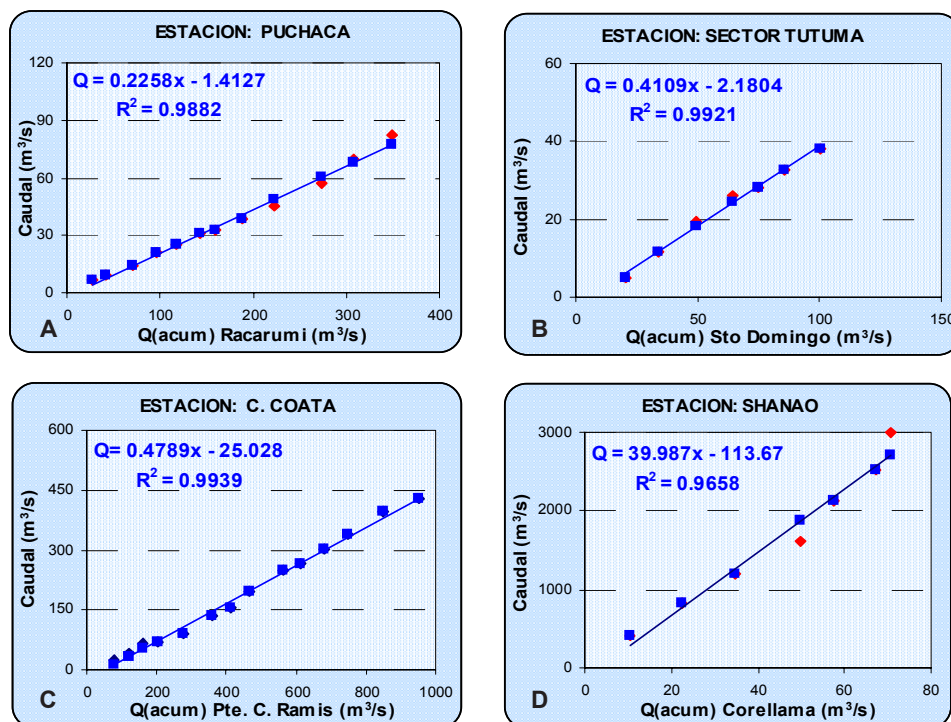


Figura 6.23. Análisis de consistencia por vertiente

Vertiente	Grupo	Estación a corregir	Estación base	Ecuación	R ²	Salto/quiebre
Pacífico	1	***				1984-1995
	2	Puchaca	Racarumi	$Q_c = 0,2258 * Q_b - 1,4127$	0,9882	1971-1973
	3	Yonan Pampalarga	Quiruhac	$Q_c = 5,5140 * Q_b - 22,266$	0,9929	1981-1984
	4	Huacapongo	Quiruhac	$Q_c = 0,4992 * Q_b$	0,9826	1972
	5	*				
	6	*				
	7	*				
	8	Sector Tutuma	Sto Domingo	$Q_c = 0,4109 * Q_b - 2,1804$	0,9921	1976-1977
	9	Yanapampa	Sto Domingo	$Q_c = 2,3238 * Q_b + 19,908$	0,9909	1971
	10	**				
	11	**				
	12	*				
	13	**				
	14	Conta	Socci	$Q_c = 0,2439 * Q_b + 10,115$	0,9575	1974-1976
		Letrayoc		$Q_c = 0,4710 * Q_b - 29,395$	0,9889	1974-1976
	15	Pte Jaqui	Letrayoc	$Q_c = 0,3764 * Q_b - 6,4446$	0,9813	1964-1968
	16	*				
17	Tumilaca	Ticapampa	$Q_c = 0,7453 * Q_b + 2,4798$	0,9369	1967-1968 y 1973-75	
Lago Titicaca	1	Pte. Carre. Coata	Pte Carre. Ramis	$Q_c = 0,4789 * Q_b - 25,028$	0,9939	1989-1991
	2	Pte. Carre. Ilave	Pte. Carre. Coata	$Q_c = 0,9608 * Q_b + 16,535$	0,9835	1991-1993
Atlántico	1	*				
	2	*				
	3	Shanao	Corellama	$Q_c = 39,987 * Q_b - 113,67$	0,9658	1975 y 1978
	4	Huasapampa	Pisac	$Q_c = 0,2270 * Q_b$	0,9582	1969-1973

* No se registra saltos ni quiebres

*** Se registran quiebres, después de El Niño

** Las estaciones de estos grupos, han sido analizadas en él estudios de Balance Hídricos Superficial de Pacífico

Tabla 6.23. Ecuaciones generadas en el análisis de consistencia por vertiente

Consistenciada la información de caudales, se procedió a uniformizar el período de registro (1969/99), para lo cual se realizó el análisis de completado y extensión de las series, tal como se muestra en la Figura 6.24, donde se observa la distribución de los valores de caudal de la estación patrón con la estación a extender o completar. Dicho comportamiento se ajusto a una expresión matemática de tipo lineal, que expresa la relación funcional entre las variables analizadas (Figura 9.15).

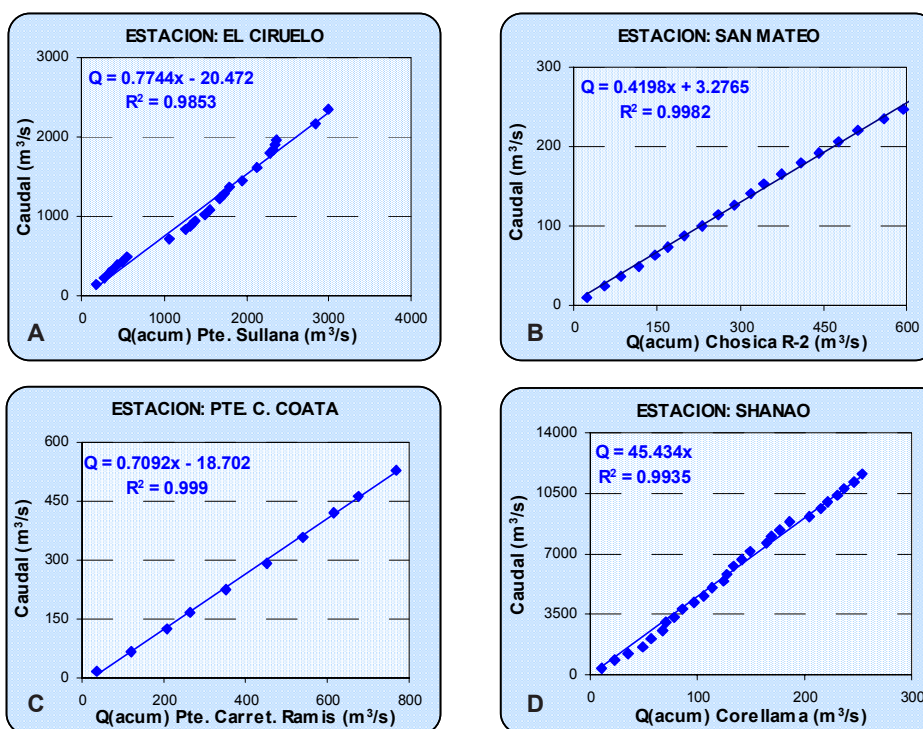


Figura 6.24. Análisis de completado y extensión de caudales medios anuales por vertiente

En las Tablas 6.24 y 6.25, se muestran las expresiones algebraicas obtenidas en los análisis de completado y extensión de los caudales medios anuales, observándose que en la mayoría de las estaciones el período común de extensión es de 4 y 10 años (1996/99 y 1989/99) respectivamente.

Vertiente	Grupo	Estación a completar (Qc)	Estación base (Qb)	E C U A C I O N	R ²	Años completados
Pacífico	1	El Ciruelo	Pte. Sullana	$Q_c = 0,7744 * Q_b - 20,472$	0,9853	1969-1975
		Pte. Inte. Maraca	El Ciruelo	$Q_c = 0,3222 * Q_b$	0,9619	1969-1972
	2	*				1972-1973
	3	Salinar	Quirihuac	$Q_c = 3,8829 * Q_b - 1,0925$	0,9859	1973-1980
		Yonan Pampalarga	Salinar	$Q_c = 1,3650 * Q_b$	0,9922	1969-1976
	4	Huacapongo	Quirihuac	$Q_c = 0,5069 * Q_b - 0,4213$	0,9829	1978-1983
	5	Condorcerro	Sto. Domingo	$Q_c = 9,5031 * Q_b - 155,53$	0,9979	1996-1999
		Chuquicara	Condorcerro	$Q_c = 0,1994 * Q_b - 4,6709$	0,9987	1996-1999
	6	Balsa	Condorcerro	$Q_c = 0,5549 * Q_b - 32,035$	0,9964	1996-1999
		Quitaracsca	Balsas	$Q_c = 0,1341 * Q_b - 2,1851$	0,9990	1996-1999
	7	Los Cedros	Balsas	$Q_c = 0,0437 * Q_b - 0,1748$	0,9984	1996-1999
		Colcas	Balsas	$Q_c = 0,0771 * Q_b - 1,6857$	0,9947	1996-1999
		Chancos	Los Cedros	$Q_c = 2,5864 * Q_b - 13,522$	0,9934	1996-1999
		Llanganuco	Chancos	$Q_c = 0,3560 * Q_b + 0,0619$	0,9983	1996-1999
		Quillcay	Chancos	$Q_c = 0,8008 * Q_b + 4,6321$	0,9963	1996-1999
		Olleros	Chancos	$Q_c = 0,5279 * Q_b + 6,4276$	0,9973	1996-1999
		Querococha	Chancos	$Q_c = 0,1983 * Q_b + 1,086$	0,9982	1996-1999
		Pachacoto	Chancos	$Q_c = 0,4647 * Q_b + 3,8044$	0,9970	1996-1999
		Recreta	Chancos	$Q_c = 0,2855 * Q_b + 4,7771$	0,9895	1996-1999
		Paron	Chancos	$Q_c = 0,2419 * Q_b - 2,0533$	0,9914	1996-1999
8	Sector Tutuma	Santo Domingo	$Q_c = 0,3972 * Q_b + 1,896$	0,9946	1969-73 y 1990-99	
	Pte Moro	Sector Tutuma	$Q_c = 0,2493 * Q_b + 0,4469$	0,9772	1969-74 y 1988-99	
9 - 11	**					

* Las estaciones de estos grupos no presentan datos faltantes

** Las estaciones de estos grupos, han sido analizadas en el Balance Hídrico Superficial de la vertiente del Pacífico

Tabla 6.24. Ecuaciones generadas en el análisis de completado y extensión de caudales por vertiente

Vertiente	Grupo	Estación a completar (Qc)	Estación base (Qb)	E C U A C I O N	R ²	Años completados	
Pacífico	12	Manchay B.	Chosica R-2	$Qc = 0,1246 * Qb + 3,8455$	0,989	1969-72 y 1982-99	
		Larancocha	Chosica	$Qc = 0,2194 * Qb + 8,523$	0,985	1993-1999	
		Obrajillo	Larancocha	$Qc = 0,6409 * Qb - 0,8412$	0,989	1985-1996	
		San Mateo	Chosica R-2	$Qc = 0,4198 * Qb + 3,2765$	0,998	1990-1999	
		Río Blanco	Chosica R-2	$Qc = 0,1064 * Qb + 1,3143$	0,995	1987-1999	
	13	**					
	14	Letrayoc	Socci	$Qc = 0,4086 * Qb - 4,0846$	0,993	1989-1999	
		Conta	Letrayoc	$Qc = 0,5272 * Qb + 18,243$	0,958	1988-1999	
	15	Los Molinos	Letrayoc	$Qc = 0,4071 * Qb - 5,8044$	0,986	1988-1999	
		Bella Unión	Letrayoc	$Qc = 0,4772 * Qb - 1,4682$	0,987	1985-1999	
	16	Pte. Jaqui	Bella Unión	$Qc = 0,5147 * Qb + 4,7877$	0,996	1987-1999	
		Río Grande	Bella Unión	$Qc = 0,3102 * Qb - 1,0104$	0,992	1988-1999	
	17	Huatiapa	Salamanca	$Qc = 8,6309 * Qb - 10,274$	0,996	1986-1995	
		Sibayo - Charcani	Huatiapa	$Qc = 0,3449 * Qb - 38,979$	0,991	1989-1999	
		Pte El Diablo	Huatiapa	$Qc = 0,1779 * Qb - 7,4159$	0,998	1969-1973	
		Sumbay	Charcani	$Qc = 0,9337 * Qb$	0,987	1996-1999	
Tingo Grande		Charcani	$Qc = 0,3262 * Qb + 3,1055$	0,996	1981-83 y 1988-99		
17	La Pascana	Charcani	$Qc = 0,0351 * Qb - 0,4627$	0,973	1980-82 y 1990-99		
	Ticapampa	Charcani					
Lago Titicaca	1	Tumilica	Charcani				
	2	Aguas Calientes	Ticapampa				
1	Pte. Carre. Coata	Ticapampa					
	Pte. Carre. Ilave	Ramis	$Qc = 0,7092 * Qb - 18,702$	0,999	1979-1989		
2	Pte. Zapatilla	Coata	$Qc = 0,9354 * Qb - 13,752$	0,997	1980-1982		
		Ilave	$Qc = 0,0308 * Qb + 3,4069$	0,978	1969-75, 81-85 y 97-99		
Atlántico	1	Magunchay	Corellama				
		Chunchuca	Corellama	$Qc = 3,7236 * Qb + 8,102$	0,997	1982-85 y 1991-93	
	2	Tabaconas	Corellama	$Qc = 2,9447 * Qb + 17,981$	0,983	1991-1999	
		Jesús Tunel	Corellama	$Qc = 0,5700 * Qb + 0,3068$	0,998	1980-1993	
	3	Namora	Jesús Tunel	$Qc = 0,8205 * Qb - 0,3159$	0,999	1980-1993	
		Biavo	Corellama	$Qc = 18,810 * Qb + 15,356$	0,999	1969-71 y 1980-92	
	4	Shanao	Biavo	$Qc = 2,0668 * Qb$	0,969	1969-1971	
		Pisac	Huasapampa	$Qc = 3,9459 * Qb + 56,549$	0,949	1984-1986	
	Huasapampa	Pisac	$Qc = 0,2573 * Qb - 13,754$	0,955	1989-1999		

* Las estaciones de estos grupos no presentan datos faltantes

** Las estaciones de estos grupos, han sido analizadas en el Balance Hídrico Superficial de la vertiente del pacífico

Tabla 6.25. Ecuaciones generadas en el análisis de completado y extensión de caudales por vertiente

Con la información de caudales consistenciada y sus períodos completados, se procedió a realizar un análisis espacial entre las variables caudal y área de recepción, con la finalidad de encontrar patrones de respuestas del comportamiento hídrico de los ríos por vertientes, permitiendo de esta manera suplir la deficiencia de información en algunas cuencas apoyado en el aspecto meteorológico histórico de la zona. Dicho análisis se presenta en la Figura 6.25, donde se muestra la relación funcional entre las variables; la cual esta representada por medio de una expresión algebraica de tipo lineal y potencial.

Análisis que permitirá la generación de caudales en los puntos de apoyo que se requieran para el trazado de la isolínea de escurrimiento superficial.

La determinación del escurrimiento superficial, relaciona las variables de caudal y área de recepción; cuyo resultado se traduce en conocer la lámina escurrida por la cuenca, y que se muestra en la Tabla 6.26, donde se observa los valores del escurrimiento superficial, para cada una de las estaciones seleccionadas en el estudio, encontrándose que:

- La zona Norte y Centro de la vertiente del Pacífico registran valores que fluctúan entre 0mm y 400 mm, mientras que en la zona Sur se tiene un rango variación de 0 mm a 50 mm respectivamente.
- En la cuenca Amazónica Peruana, el comportamiento del escurrimiento superficial registra un comportamiento variable en su distribución espacial, con valores que fluctúan entre 0 mm y 4000 mm respectivamente.

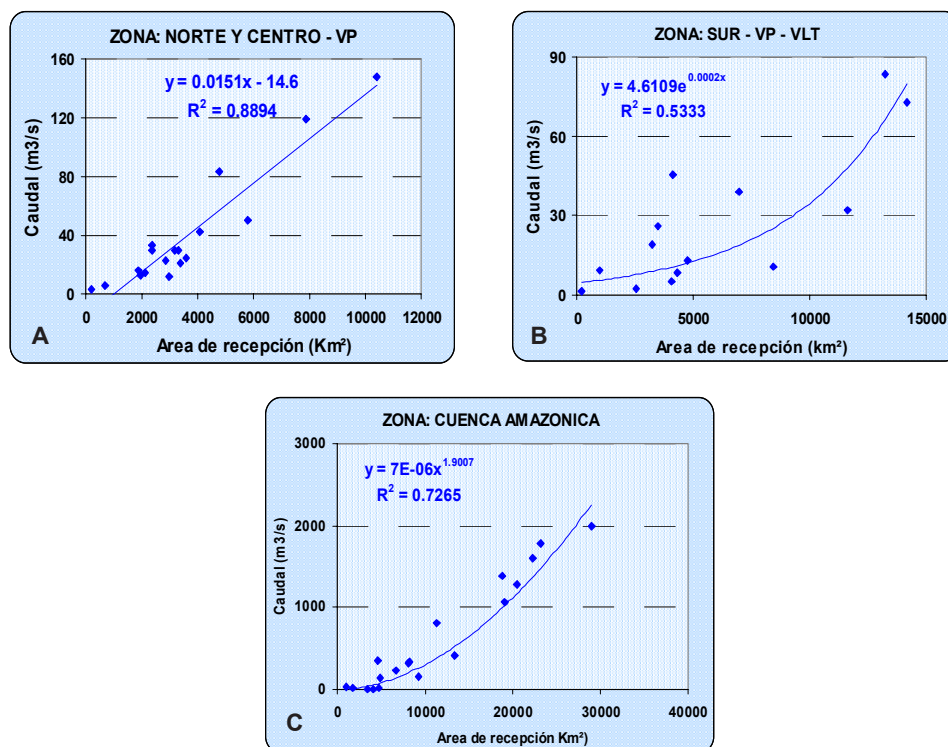


Figura 6.25. Análisis de correlación entre el caudal y área de recepción por vertientes

ESTACIONES	CAUDAL ANUAL (m3/s)	AREA RECEP. (km2)	ESCURRIMIENTO ANUAL (mm)	ESTACIONES	CAUDAL ANUAL (m3/s)	AREA RECEP. (km2)	ESCURRIMIENTO ANUAL (mm)
Pte Sullana	118,9	7894,8	468,5	Ticapampa	2,2	2543,8	26,5
Puchaca	6,3	682,2	286,8	Pte Carretera Ramis	73,0	14142,6	160,4
Racarumi	33,2	2374,8	435,4	Pte Carretera	19,0	3253,5	182,1
Yonan Pampalarga	30,2	3286,1	285,8	Pte. Carre. Maravilla	45,3	4093,2	344,3
Salinar	24,4	3609,1	210,6	Pte Carretera llave	38,9	6948,9	174,1
Condorcerro	148,3	10388,5	443,9	Pte. Rio Zapatilla	1,6	192,7	250,6
Balsas	83,4	4766,8	544,3	Corellama	9,2	1829,8	156,0
Chuquicara	29,6	3198,8	287,8	Magunchal	17,0	4775,7	110,5
Llanganuco	3,2	199,0	504,2	Tabaconas Eje Presa	26,2	1016,8	802,9
Yanapampa	42,6	4088,0	324,2	Jesús Túnel	6,3	4136,3	47,6
Alco-Sayán	23,1	2871,1	250,3	Namora Bocatoma	4,1	3512,7	36,7
Santo Domingo	16,0	1862,1	266,5	Pastaza	1389,9	18877,8	2290,1
Chosica	29,9	2374,9	391,9	Chinchipe	230,1	6718,3	1065,3
La Capilla	14,5	2120,7	212,7	Crisnejas	134,8	4942,5	848,3
Socci	50,1	5814,0	268,3	Pachitea	1997,4	28979,2	2143,9
Letrayoc	21,3	3392,2	195,4	Aguaytía	814,2	11414,0	2218,8
Los Molinos	12,7	1943,1	203,8	Ene	346,1	4695,2	2292,8
Conta	12,0	2973,6	125,1	Yarua	152,5	9243,7	513,1
Bella Unión	8,2	4305,8	59,6	Purus	1593,6	22273,2	2225,4
Pte Jaqui	5,1	4080,6	38,8	De las Piedras	1064,4	19146,5	1729,2
Pte El Diablo	10,7	8429,2	39,6	Inambari	1281,8	20527,7	1942,2
Charcani	12,8	4762,5	83,5	Tambopata	417,3	13479,5	962,9
Pte Colante Sibayo	25,8	3492,5	229,4	Santiago	331,5	8286,9	1244,2
Huatiapa	83,3	13212,0	196,2	Chamaya	320,5	8127,1	1226,6
La Pascana	31,8	11617,6	85,2	Pampas	1782,3	23227,3	2386,7
Salamanca	9,4	999,8	291,8				

Tabla 6.26. Determinación del escurrimiento superficial

6.1.5 Determinación de Mapas de Isolíneas

Con los resultados obtenidos para cada una de las variables analizadas en el presente estudio, se elaboraron los mapas temáticos, para lo cual se seleccionó una red básica conformada por 160 estaciones, y la determinación de los valores medios areales:

- **Mapa de Isolínea de Precipitación**

Con el fin de conocer el comportamiento de la precipitación a nivel espacial y temporal, se elaboró el Mapa 6.1, que muestra la distribución de esta variable en el territorio nacional, permitiendo de esta manera caracterizar el régimen pluviométrico por vertientes, tal como se muestra en la Tabla 6.27, observándose que las mayores precipitaciones se registran en la Cuenca Amazónica Peruana, mientras que en la vertiente del Pacífico son mínimas.

En la Tabla 6.28, se muestran los valores medios areales para cada vertiente, observándose que la Cuenca Amazónica registra el mayor aporte de precipitación areal, seguido del lago Titicaca y el Pacífico. El aporte de la precipitación en el territorio peruano es de 1 625,80 mm.

Vertiente	Precipitación (mm)	
	Mínima	Máxima
Pacífico	0	750
Atlántico	750	5500
Lago Titicaca	500	1500

Tabla 6.27. Rango de variación de precipitación

Vertiente	Precipitación (mm)	
Pacífico		274,30
Atlántico		2 060,80
Lago	Total	813,50
Titicaca	Sin Lago	775,80
	Lago	1 137,40
Perú		1 625,80

Tabla 6.28. Precipitación media areal por vertiente

- **Mapa de Isolínea de Temperatura**

A nivel nacional, el régimen térmico presenta un comportamiento variable en su distribución espacial con valores que fluctúan entre 0 °C y 26 °C respectivamente, tal como se muestra en el Mapa 6.2, donde se observa que las menores temperaturas se registran en las divisorias de vertientes, donde se alcanza valores negativos en algunas zonas del país. La parte baja de la Cuenca Amazónica se caracteriza por mantener una temperatura media de 26 °C.

A nivel de vertiente, la distribución de la temperatura registra un comportamiento variable a nivel espacial; lo que ha permitido caracterizar los rangos de variación, tal como se muestra en la Tabla 6.29, donde la vertiente del lago Titicaca registra las menores temperaturas.

A nivel medio areal, la vertiente del Atlántico es la que registra la mayor temperatura con 23,00 °C, mientras que en el lago Titicaca el valor es de 8,91 °C, tal como se muestra en la Tabla 6.30, donde además se observa que la temperatura media del territorio nacional es de 21,08 °C.

Vertiente	Temperatura (°C)	
	Mínima	Máxima
Pacífico	0	22
Atlántico	0	26
Lago Titicaca	0	12

Tabla 6.29. Rango de variación de temperatura

Vertiente	Precipitación (mm)
Pacífico	16,61
Atlántico	23,00
Lago Titicaca	8,91
Perú	21,08

Tabla 6.30. Temperatura media areal por vertiente

- **Mapa de escurrimiento observado**

Los valores de escurrimiento observado y determinados por análisis regional, ha permitido elaborar el Mapa 6.3, en el cual se aprecia la distribución y comportamiento de esta variable a nivel espacial, los cuales fluctúa entre 0 mm. y 3 850 mm.

A nivel medio areal, en la vertiente del Atlántico se han registrado en mayor escurrimiento superficial, mientras que en la vertiente del lago Titicaca se ha obtenido los menores valores (Tabla 6.31).

- **Mapa de Isolíneas de Evapotranspiración**

La representación y caracterización temática del comportamiento de las isóneas de evapotranspiración, se presenta en el Mapa 6.3, donde se observa como esta variable se distribuye a nivel espacial en todo el territorio nacional, con valores que fluctúan entre 600 mm y 1 700 mm

A nivel de vertiente, las isóneas de evapotranspiración mantienen un comportamiento similar en su rango de variación, tal como se observa en la Tabla 6.32, donde se aprecia que la Cuenca Amazónica Peruana presenta una mayor pérdida de agua por acción de la evaporación de las aguas de superficie libre y las retenidas por la cobertura vegetal; así como por la transpiración de la misma cobertura.

En la Tabla 6.33, se muestran los valores medios de la evapotranspiración determinado por vertiente y a nivel nacional, observándose que la Cuenca Amazónica Peruana devuelve a la atmósfera una gran cantidad de agua, que según investigaciones realizadas en la amazonía representa el 75% del aporte de precipitación (Figura 6.26) que se registra en la zona (Lima, 1976, Lima y Nicoletto, 1983, Salati y Márquez, 1984, Sing, 1989, Bruijnzeel, 1990, Lima, 1993, Bruijnzeel y Proctor, 1995, Aussenac, 1997, Paulo y Paulo, 1998, Bruijnzeel, 2001, Molina, 2001, Webster, 2002, Soriano et al, 2003, Ordóñez, 2004).

Vertiente	Escurrecimiento (mm)
Pacífico	168,10
Atlántico	1 742,00
Lago Titicaca	89,00
Perú	1 339,20

Tabla 6.31. Escurrecimiento observado por vertiente

Vertiente	Evapotranspiración (mm)	
	Mínima	Máxima
Pacífico	600	1.000
Atlántico	600	1.700
Lago Titicaca	600	1.000

Tabla 6.32. Rango de variación de la evapotranspiración

Vertiente	Escurrecimiento (mm)
Pacífico	825,84
Atlántico	1.343,76
Lago Titicaca	589,94
Perú	1.202,73

Tabla 6.33. Evapotranspiración media areal por vertiente



Figura 6.26. Reciclamiento del Agua por el Bosque
Fuente: Webster, 2002

6.1.6 Determinación del Balance Hídrico Superficial

La aplicación de la expresión matemática 3.50, que relaciona las variables de precipitación, evapotranspiración y escurrimiento superficial, las dos primeras han sido cuantificadas en función a la red de estaciones meteorológicas que opera el SENAMHI desde 1963. Con el fin de conocer la disponibilidad de agua que registra la superficie del territorio nacional, se determinó el valor del escurrimiento superficial, el cual fluctúa entre 0 mm y 4 500 mm, tal como se aprecia en el Mapa 6.4, donde observamos que la vertiente del Pacífico se caracteriza por presentar un déficit hídrico extremo en gran parte de su superficie; mientras que en la vertiente del Atlántico, existe un potencial hídrico muy significativo y en la vertiente del lago Titicaca un escurrimiento moderado.

En la Tabla 6.34, se muestran los valores límites de la evapotranspiración por vertiente, resaltando el mayor valor que se registra en la cuenca Amazónica Peruana y en la vertiente del Pacífico y lago Titicaca se registran valores moderados.

Los valores medios, determinados por vertiente se presentan en la Tabla 6.35, donde se observa el bajo aporte de escurrimiento que se presenta en la vertiente del Pacífico, seguido por el lago Titicaca y finalmente la vertiente del Atlántico que posee la mayor disponibilidad del recurso hídrico superficial. A nivel nacional se determinó un valor medio de 525,20 mm.

Vertiente	Eskurrimiento (°C)	
	Mínima	Máxima
Pacífico	0	500
Atlántico	0	4500
Lago Titicaca	0	500

Tabla 6.34.
Rango de variación del escurrimiento superficial

Vertiente	Eskurrimiento (mm)
Pacífico	16,42
Atlántico	2693,56
Lago Titicaca	129,85
Perú	525,20

Tabla 6.35.
Eskurrimiento superficial medio por vertiente

6.2 DISCUSIÓN

El Balance Hídrico Superficial a Nivel Nacional, desarrollado en el presente estudio, contempla el procesamiento, análisis y determinación de cada una de las variables meteorológicas e hidrológicas que intervienen en forma directa e indirecta en las ecuaciones involucradas en la determinación del balance.

La Dirección de Hidrología Aplicada, viene desarrollando el estudio del Balances Hídricos Superficiales en la vertiente del Pacífico, a una escala temporal mensual, habiéndose culminado hasta la fecha un total de 20 cuencas (Cañete hasta Chancay – Lambayeque), de las 53 que forman esta vertiente. La información procesada y analizada de cada cuenca ha sido utilizada para desarrollar el presente estudio. La red de estaciones hidrológicas y meteorológicas seleccionada, esta conformada por estaciones operativas, clausuradas y paralizadas, las cuales cuentan con un record de información de 31 años (1969/99), que ha sido procesada, analizada, consistenciada y homogenizada, de tal manera que los resultados reflejen las características hidrológicas reales del territorio peruano.

Los análisis realizados a cada una de las variables, se inicia con la selección de grupos de estaciones, cuya característica principal registra un comportamiento hidrológico similar, utilizándose para ello el Análisis de Componentes Principales, herramienta estadística muy útil y que ha sido complementada con la experiencia de los profesionales que han participado en el estudio.

El proceso de consistenciado y homogenización de la serie de datos histórica, fue realizado con ayuda del método de doble masa, permitiendo detectar los saltos y quiebres y su posterior corrección. La deficiencia de datos en algunas estaciones, ha sido solucionada con apoyo del análisis estadístico de correlación; así como la determinación de los gradientes para cada una de las variables, todo este proceso desarrollado busca uniformizar el periodo de registro y de esta manera realizar una mejor caracterización del comportamiento de cada una de las variables.

Para cuantificar la pérdida de agua por efecto de la evaporación y transpiración de la cobertura vegetal, se seleccionó dentro de los muchos métodos indirectos que existen para cuantificar esta variable, Thornthwaite que permite cuantificar esta variable en función de la temperatura mensual y el resultado final es ajustado en función al número de horas máximo de sol que se registra en cada zona.

Todos los pasos previos desarrollados, en busca de cuantificar la disponibilidad hídrica superficial en el Perú, ha permitido zonificar el territorio peruano, en función del comportamiento y variabilidad de cada una de las variables, es así que podemos observar en los mapas temáticos desarrollados que el mayor aporte pluviométrico se registra en la amazonía peruana, seguida de la vertiente del lago Titicaca y finalmente la vertiente del Pacífico, caracterizada por ser una zona árida en su mayor extensión.

La determinación de la pérdida de agua por los procesos de transpiración y evaporación, fue desarrollada con el apoyo de un método indirecto desarrollado por Thornthwaite, muy utilizado mundialmente para evaluar esta variable, sin embargo existen otros muchos métodos que permiten cuantificar la evapotranspiración pero cada uno de ellos engloba dentro de su esquema metodológico la utilización de una mayor cantidad de variables que muchas veces no son registradas por falta del instrumental correspondiente. Los resultados obtenidos por este método se ajustan muchas veces al comportamiento real de la variable registrada a través de los métodos directos (lisímetros).

Este Balance, nos muestra que:

- Vertiente del Pacífico, presenta un déficit hídrico muy generalizado, debido básicamente a que el aporte de precipitación significativa sólo se registra en la parte altas de las cuencas.
- Vertiente del lago Titicaca, registra disponibilidad de agua superficial, sin embargo eventualmente la zona ha experimentado la ocurrencia de años hidrológicos secos.
- Vertiente del Atlántico, se caracteriza por registrar un superávit hídrico significativo en toda sus cuencas, gracias al aporte de precipitaciones que se registran en su superficie. Sin embargo el proceso de deforestación que viene experimentando, llevaría a que el comportamiento de algunas variables del ciclo hidrológico experimente cambios en su régimen afectando de esta manera la disponibilidad superficial del agua.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- En el proceso de evaluar integralmente las principales características geográficas y sociales del Perú, se ha logrado identificar algunos aspectos relevantes como son:
 - El territorio Peruano, presenta tres sistemas hidrográficos: Pacífico (conformado por un total de 53 cuencas, cuyas aguas drenan al Océano Pacífico), Atlántico (conformado por un total de 44 cuencas, cuyas aguas drenan al Océano Atlántico) y lago Titicaca (conformado por un total de 09 cuencas, cuyas aguas drenan la lago Titicaca).
 - El territorio peruano se divide en tres vertientes; la vertiente del Océano Pacífico con un área de 283 600 km² (22 %), la vertiente del Amazonas con 952 800 km² (74 %), y la vertiente del lago Titicaca con 48 800 km² (4 %).
 - Presenta una rica y variada biodiversidad, sustentada en las diferentes ecorregiones que tiene el territorio. Actualmente, la economía nacional depende del 60% de la biodiversidad, tanto en lo referente a la producción agrícola, pesquera, ganadera y forestal, como industrial.
 - Cuenta con diferentes tipos de climas, que van desde los fríos, cálidos muy secos hasta cálidos y muy húmedos, en donde se desarrolla y sostiene una gran variedad de ecosistemas naturales y antrópicos.
 - Las características edafológicas del territorio peruano, es de muy variada composición y distribución a nivel espacial; que ha permitido conocer su disponibilidad en función a su capacidad de uso mayor, para poder mantener actividades agrícolas, pecuarias o forestales dentro de márgenes económicos, asociadas a las condiciones climáticas o bioclimáticas reinantes en la zona.
 - Se viene experimentando un proceso de deforestación en la Cuenca Amazónica Peruana, que alcanza el 13 % del total del bosque, mientras que del total del área intervenida, aproximadamente el 40 % corresponde a bosques de protección, mientras que el 32 % se ubica sobre bosques de colinas y el 28 % en bosques aluviales. Asimismo, del total de área deforestada, aproximadamente el 80 % está en estado de abandono y el 20 % en producción. En cualquier caso, la Selva Alta es la más afectada por la deforestación. y que viene originando la pérdida del suelo amazónico.
 - La distribución del recurso agua en el Perú, a nivel espacial y temporal; es muy variable teniéndose en la vertiente del Pacífico un 0,96 %, en la vertiente del Atlántico un 98,86 % y en el lago Titicaca un 0,18 %.
 - El Perú cuenta además con un total de 12 201 lagos y lagunas, distribuidas en las tres vertientes hidrográficas, correspondiéndole al Pacífico el 32 %, al Atlántico el 61 % y al lago Titicaca el 7 %.
 - La distribución poblacional en el Perú, se caracteriza por presentar un comportamiento variable a nivel espacial; observándose que el 88 % de los peruanos viven en la Costa y Sierra y se abastecen del 2 % del agua que recae sobre su territorio, y el 12 % restante recibe el 98 % de las precipitaciones que discurren por la Amazonía con destino al océano Atlántico.

- El régimen pluviométrico en el Perú se caracteriza por presentar un comportamiento variable a nivel espacial y temporal, así tenemos que en la vertiente del:
 - Pacífico: fluctúan entre 0 mm y 750 mm, alcanzando un promedio multianual de 274,3 mm.
 - Atlántico: fluctúan entre 0 mm y 5.500 mm, alcanzando un promedio multianual de 2 060,8 mm.
 - Titicaca: fluctúan entre 0 mm y 1 500 mm, alcanzando un promedio multianual de 813,5 mm.

- El régimen térmico por vertiente en el Perú, esta caracterizado de la manera siguiente:
 - Pacífico: fluctúa entre menos de 6 °C y 22 °C, alcanzando un promedio multianual de 16,61 °C
 - Atlántico: fluctúa entre menos de 6 °C y 26 °C, alcanzando un promedio multianual de 23,00 °C
 - Titicaca: fluctúa entre menos de 6 °C y 14 °C, alcanzando un promedio multianual de 8,91 °C

- La escorrentía superficial observada, ha sido obtenida a través del caudal registrado en cada una de las estaciones hidrológicas ubicadas en los principales ríos del Perú. Ello ha permitido conocer su comportamiento y variabilidad espacial y temporal, para cada una de las vertientes:
 - Pacífico: fluctúa entre 0 mm y 650 mm, alcanzando un promedio multianual de 168,10 mm.
 - Atlántico: fluctúa entre 0 mm y 3 850 mm, alcanzando un promedio multianual de 1 742,00 mm.
 - Titicaca: fluctúa entre 0 mm y 250 mm, alcanzando un promedio multianual de 89,00 mm.

- La pérdida de agua por efecto de la evaporación y transpiración, conocido como evapotranspiración, fue cuantificada mediante el método empírico de Thornthwaite, el cual nos ha permitido caracterizar el territorio peruano a nivel espacial y temporal obteniéndose que en las vertientes del:
 - Pacífico: fluctúa entre 500 mm y 1 100 mm, alcanzando un promedio multianual de 825,84 mm.
 - Atlántico: fluctúa entre 500 mm y 1 700 mm, alcanzando un promedio multianual de 1 343,76 mm.
 - Titicaca: fluctúa entre 500 mm y 800 mm, alcanzando un promedio multianual de 589,94 mm.

- La determinación del Balance Hídrico Superficial, ha permitido conocer y caracterizar espacialmente las zonas con deficiencia del recurso hídricos superficial, obteniéndose las características siguientes:
 - Pacífico: fluctúa entre 0 mm y 500 mm, alcanzando un promedio multianual de 16,42 mm

- Atlántico fluctúa entre 500 mm y 4500 mm,
 alcanzando un promedio multianual de 2696,56 mm.
- Títicaca.: fluctúa entre 0 mm y 500 mm,
 alcanzando un promedio multianual de 129,85 mm.
- Del estudio desarrollado, se observa que la demanda de agua y su disponibilidad a nivel espacial, no guardan una relación directamente proporcional, es decir, mientras que la demanda se caracteriza por experimentar cada vez una mayor atención, la disponibilidad de agua a nivel nacional sufre un proceso de estrés hídrico.

7.2 RECOMENDACIONES

- En la determinación de la pérdida de agua por efecto de la evaporación y transpiración de la cobertura vegetal, se ha utilizado el método de Thornthwaite, que si bien es cierto es poco exigente en datos y brinda resultados buenos a la hora de cuantificar esta variable, sería interesante complementar el estudio con la aplicación de otros métodos empíricos tales como el de Penman – Monetieth, Thur, Penmam - Modificado, Hargreaves, etc.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ABC-LATINA, 2005.** El Perú
<http://www.abc-latina.com/esp/peru/geo.htm>
- AUSSENAC, G., 1997.** Forest and Water: Relations between Forest Ecosystems and Water Resources. INRA, Ecophysiologie forestiere, Equipe de Bioclimatologie et Ecophysiologie, Head of the Research Centre of Nancy, France, 7pp.
- BLANEY, H.F. y CRIDDLE, W.F. 1950.** Determining water requirements in irrigated areas. Soil Conservation Service TP 96. Washington.
- BRACK, A. 1976.** *Ecología animal, con especial referencia al Perú. Primera Parte: Sinecología.* Ediciones P. Aguilar. Lima, Perú. 113 p.
- BRACK, A., 1986.** Las Eco regiones del Perú. Boletín de Lima - Vol. 44, page 57
- BRACK, A, et al., 1990.** Desarrollo Sostenido de la Selva, Serie Documentos Técnicos #25, Lima, INADE-APODESA.
- BRACK, A. y MENDIOLA, C, 1997.** Ecología del Perú. Estudio Nacional de la Diversidad Biológica - DGANPE, INRENA.
<http://www.peruecologico.com.pe/opciones.html>
- BRUIJNZEEL, L. A. 1990.** Hydrology of Moist Tropical Forest and Effects of Conversion: a State of Knowledge Review. UNESCO, Paris, and Free University, Amsterdam, The Netherlands.
- BRUIJNZEEL, L., A. 2001.** Hydrology of Tropical Montane Cloud Forest. Land Use and Water Resources Reseach, pp. 1.1 – 1.18.
<http://www.luwrr.com> y <http://www.geo.vu.nl/users/trendy>
- BRUIJNZEEL, L. A. Y PROCTOR, J. 1995.** Hydrology and Biogeochemistry of tropical montane cloud forests: what do we really know? In: L. S. Hamilton, J. O. Juvik & F. N. Scantena, eds. Tropical Montane cloud Forests. Ecological Studies 110, Spinger, Verlag, New Yor. pp. 38 – 78.
- CABRERA, A.L. y A. WILLINK. 1973.** Biogeografía de América Latina. Monografías OEA - Serie Biología No. 13: 1-120.
- CDC-UNALM, 1986.** Los Grandes Paisajes del Perú: Provincias Biogeográficas del Perú. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.(ms).
- CEBAS, 2000.** Programa de asesoramiento en riego. Fichas agronómicas - Murcia.
<http://par.cebas.csic.es/par.htm>
- CEPES, 2004.** Sembremos Patria – Aguas Subterráneas. Centro Peruano de estudios Sociales - Revista Agraria N° 56. Julio 2004. Lima – Perú.
<http://www.cepes.org.pe/revista/r-agra56/arti-01a.htm>
- CET.NAU, 2055.** The Hydrologic Cycle. National University Arizona. CENS – Engineering Programs. *Sustainable Water Resources Alliance.*
<http://www.cet.nau.edu/Projects/SWRA/research.html>
- CHEREQUE, M. OW, V., 1989.** Hidrología para estudiantes de ingeniería civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, obra auspiciada por CONCYTEC. Lima, Perú, 223 pp.
- CIDEIBER, 2005.** Perú –Perfil Geográfico y Político – El relieve, los ríos y la flora. Información de los Países – Perú. centro de información y documentación empresarial sobre ibero América.
<http://www.cideiber.com/infopaises/Peru/Peru-01-02.html>
- CIFOR, 2005.** Center Fort International forestry research – Rehab – Degradación Forestal.
http://www.cifor.cgiar.org/rehab/_ref/countries/Peru/Brief.htm

- CIFOR, 2005.** Degradación forestal y rehabilitación en Perú.
http://www.cifor.cgiar.org/rehab/_ref/countries/Peru/Brief.htm
- DOMINGO, F., VILLQGARCIA, L. y WERE, A. 2002.** ¿Cómo se puede medir y estimar la evapotranspiración?: estado actual y evolución. Ecosistemas 2003/1.
<http://www.aet.org/ecosistemas/031/informe1.htm>
- DNA, 2005:** Acuicultura más que una Industria de Exportación – Ministerio de Pesquería
<http://www.produce.gob.pe/mipe/dna/doc/acuicultura.pdf>
- DNA-OGTIE, 2005:** Cosecha de la Actividad de Acuicultura Continental en le Perú. Dirección Nacional de Acuicultura – Ministerio de Pesquería
<http://www.produce.gob.pe/mipe/dna/doc/coseconti.pdf>
- EDUCARED, 2005.** Geografía del Perú – Territorio y Medio Ambiente.
http://www.educared.edu.pe/estudiantes/geografia/tema2_2_3_2_1.asp
- ELRIEGO, 2001.** Cálculo de las necesidades diarias de agua.
http://www.elriego.com/dom/informa_te/Calculos/indice:calcneces:tiemp_riesgos.htm
- ENDF, 2001.** Estrategia Nacional Forestal - ENDF. (documento preliminar) – Lima – Perú.
- ESTRELA, T., 1992a.** Metodología y Recomendaciones para la Evaluación de Recursos Hídricos. Centro de Estudios Hidrográficos.- Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Gabinete de Formación y Documentación, Madrid, España. 52 p.
- GARCIA, J. y LÓPEZ, J.,1970.** Formula para el Cálculo de la Evapotranspiración Potencial adaptada al Trópico (15° N - 15° S), Trabajo presentado en la VIII Reunión latinoamericana de Fitotecnia, Bogotá, Colombia.
http://redpav-fpolar.info.ve/agrotrop/v20_5/v205a005.html
- GRONBECK, C., 2000.** Sunangle.
<http://www.susdesign.com/sunangle/>
- GUEVARA, E. y CARTAYA, H. 1991.** Hidrología. Una introducción a la Ciencia Hidrológica Aplicada. GUECA EDICIONES. Valencia, Venezuela, 358 p.
- HERAS, R., 1983.** Recursos Hidráulicos Síntesis Metodología y Normas. Edita Cooperativa de Publicaciones del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Almagro, 42 – Madrid – 4. 361 p.
- IGNPERU, 2005.** Mapa de las ocho regiones naturales. Mapas – Instituto Geográfico Nacional.
<http://www.ignperu.gob.pe/IGN/product2.htm>
- IGN, 2005.** Mapa de áreas naturales protegidas. Mapas – Instituto Geográfico Nacional.
<http://www.ignperu.gob.pe/IGN/product2.htm>
- INEI, 1994,** Perú – Perfil Sociodemográfico del Perú. *Censos Nacionales : IX de Población y IV de Vivienda, realizado el 11 de Julio de 1993.*
<http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0007/presenta.htm>
- INEI, 2002.** Perú . Estimaciones y Proyecciones de población Total, Rural y Urbana, por años calendarios y edades simple - 1970 – 2025. Boletín Especial N° 15 – Dirección Técnica de Demografía.
<http://www.inei.gob.pe/biblioinei.asp>
- INRENA, 1999.** Peru: Forests For The New Millenium. Action Plan, Lima.
- INRENA, 2005.** Mapa de Regiones Naturales – Recursos Naturales. Portal Agrario del Ministerio de Agricultura.
http://www.portalagrario.gob.pe/rrnn_mapa.shtml
- INRENA, 2005a.** Mapa Forestal del Perú. Portal Agrario del Ministerio de Agricultura.
http://www.portalagrario.gob.pe/rrnn_mapa.shtml
- LIMA, W. P. 1976.** Interceptação da chuva por povoamentos de eucalipto e depinho. IPEF 13:75-90.
- LIMA, W. P. 1993.** Impacto Ambiental do Eucalipto. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2nd ed.

- LIMA, W. P., and N. NICOLETO. 1983.** Precipitação efetiva e interceptação em florestas de pinheiros tropicais e em reserva de cerradão. *IPEF* 24:43-46.
- LIORENTE, J. M. 1961.** Meteorología. 4ª Edición. Edit. Labor, S.A., Barcelona.
- MAIDMENT, D. R., 1992.** Handbook of Hydrology. New York.
- MARTELO, M. T., 1986.** Contribution à l'étude comparative des méthodes de l'évapotranspiration sur base du coefficient d'utilisation de l'eau (appliqué au Venezuela). Tesis Maestría. Arlon, Bélgica. 62 p.
- MEN, 1997.** Evaluación Ambiental Territorial de las Cuencas – Ministerio de Energía y Minas. Lima.
- MINAG, 2000.** Ley forestal y de fauna silvestre – Ministerio de Agricultura – Perú.
- MINDEF, 2005.** Nueva Visión de la Geopolítica de la Defensa Nacional. Perú.
<http://www.mindef.gob.pe/geopolitica/contenido.htm>
- MONTIEHT, J. L., 1965.** Evaporation and Environment. 19 th Symposia of the Society for Experimental Biology, University Press, Cambridge, 19:205-234.
- MUSY, ANDRÉ, 2001.** Cours "Hydrologie générale" . Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. IATE/HYDRAM. Laboratoire d'Hydrologie et Aménagement. Capoitulo 3. La precipitación.
<http://dgrwww.epfl.ch/HYDRAM/e-drologie/>
- OMM, 1994.** Guía de Prácticas Hidrológicas. Programa de Hidrología de la Organización Meteorológica Mundial. Ginebra, Suiza, 250 p.
- ONUUDI, 2005.** Análisis y Diagnostico de la Cadena Productiva de la Acuicultura en el Perú.
http://www.unido.org/file-storage/download/?file_id=27465
- ORDÓÑEZ, J. J., 2001.** Análisis Hidrometeorológico y Aplicación del Modelo Hidrológico IPH – MEN, en la Cuenca del río Pachitea. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Manejo Forestal – UNALM. Auspiciado por el Proyecto ARMA – Perú.
- ORDÓÑEZ, J. J., 2004.** Análisis de Tormenta y Aplicación del Modelo Hidrológico HMS, en dos Micro Cuenca con diferente tipo de Cobertura Vegetal – Oxapampa – cuenca del río San Alberto - Wara y Killa. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Recursos Hídricos, UNALM.
- PASCO-FONT, A., 1999.** Peru: Informal Mining and the Environment. En: An Environmental Study of Artisanal, Small, and Medium Mining in Bolivia, Chile, and Peru. World Bank Technical Paper No. 429 (work in progress), Washington, D.C.
- PAULO, R. L. y PAULO. R. L. 1999.** Interceptacao de Chuva por Mata Ciliar na Regiao Central do Estado de Sao Paulo. *Revista Energía na Agricultura*. Vol 14(3). 25 – 33 pp.
- PENMAN, H. L. 1948.** Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. R. Soc. London, Ser. A.* **193**:120-145.
- PEÑAHERRERA, C. 2004.** Enciclopedia Temática del Perú. Tomo V – Geografía.
- PERU – GOTOLATIN, 2005.** Areas Protegidas – Guía de Parques Nacionales.
<http://peru.gotolatin.com/spa/Guide/PeruNationalParks/Peru-National-Parks-Areas-Silvestres.asp>
- PLANIR, 1987.** Evaluación de los recursos hídricos de cuencas hidrográficas. Ministerio de Agricultura – Plan Nacional de Irrigaciones. Perú.
- PORTALAGRARIO, 2005.** Recurso Forestal – Recurso Natural – Ministerio de Agricultura – Perú.
http://www.minag.gob.pe/rnna_f_mad.shtml
- PULGAR, V. J. 1946.** Historia y Geografía del Perú.- Las ocho regiones naturales del Perú. San Marcos.
- PULGAR, V. J. 1986.** Geografía del Perú. Las ochos regiones naturales. La regionalización transversal. La micro regionalización. Lima. Peisa.

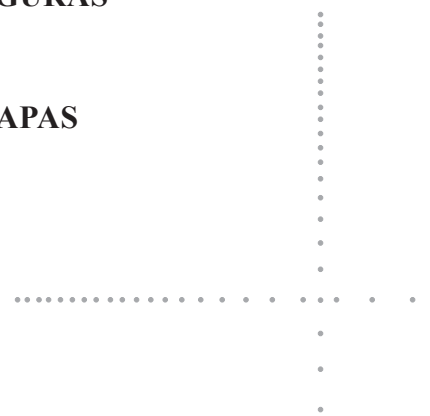
- SALATI, E. y MARQUES, J., 1984.** Climatology of the Amazon region, im H. Sioli Ed., The Amazon: Limnology and Lanadscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin, W., Junk, Dordrecht, The Netherland.
- SANCHEZ-TORIBIO, M. I. 1992.** Métodos para el estudio de la evaporación y evapotranspiración. Geoforma Ediciones, 35 pp.
- SENAMHI, 2001.** Balance Hídrico Superficial de la Vertiente del Pacífico – Cuencas de los ríos Cañete, Chilca, Mala, Omás y Chancay – Huaral. 150 pp.
- SENAMHI, 2002.** Balance Hídrico Superficial de la Vertiente del Pacífico – Cuencas de los ríos Pativilca, Supe, Fortaleza, Huarmey y Culebras. 150 pp.
- SENAMHI, 2003.** Balance Hídrico Superficial de la Vertiente del Pacífico – Cuencas de los ríos Casma, Nepeña, Lacramarca y Santa. 150 pp.
- SENAMHI, 2004.** Balance Hídrico Superficial de la Vertiente del Pacífico – Cuencas de los ríos Chao, Viru, Moche, Chicama, Jequetepeque, Chaman, Zaña y Chancay – Lambayeque. 150 pp
- SENAMHI, 2005.** Mapa de Clasificación Climática del Perú.
<http://www.senamhi.gob.pe/sac/productos.htm>
- SENAMHI, 2005.** Normales de las Principales Variables Meteorológicas por Regiones Naturales. Dirección General de Meteorología - Dirección de Climatología. Lima – Perú.
- SINGH, V. P., 1989.** Hydrologic Systems. Vol II. Watershed Modeling. Prentice Hall. New Jersey 320p.
- SORIANO F. C; CICCIO V. y BUENO P. A. 2003.** Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo - Net precipitation and interception by Mata Atlântica in an experimental catchment in Cunha São Paulo, Brazil.
- SPENCER, W. 1971.** Fouries series representation of the position of the Sun. Search 2 (5), 172.
- SUBRAMANYA, K., 1984.** Engineering Hydrology, Tata McGraw-Hill Publishing. Company Limited, New Delhi, India.
- THORNTHWAITE, C.W. 1948.** An approach toward a rational classification of climate. The Geogr. Rev. 38:55-94.
- TOLMOS, R., 2000.** Minería y Medio Ambiente en Perú. Preparado para Centro de Investigación para el Medio Ambiente (CIPMA)
www.cipma.cl/hyperforum/MineriaMedio%20AmbientePeru.doc
- TURC, L, 1961.** Evaluation des besoins en eau d'irrigation: evapotranspiration potentielle. Ann. Agron., 12, p. 13-46.
- UNESCO/ROSTLAC, 1982.** Guía Metodológica para la Elaboración del Balance Hídrico de América del Sur. Publicado por la Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe, Montevideo, Uruguay. 130 p.
- VIRTUALNET, 2005.** Relieve topográfico del Perú. Based on digital elevation data (DEM) and created with VistaPro. Image © Govert-Jan Mennen
<http://www.virtualperu.net/index.html>
- WEBSTER, BAYARD. 2000.** Bosque y Clima – El Papel de los Bosques en el Clima. Artículo científico.
<http://idrinfo.idrc.ca/Archive/ReportsINTRA/pdfs/v12n4s/110783.pdf>.
- WIKIPEDIA, 2005.** Geografía del Perú. Enciclopedia Libre
http://es.wikipedia.org/wiki/Geograf%C3%ADa_del_Per%C3%BA
- WORLD WATCH PAPER, 1993.**
- WORLD BANK, 2000.** Peru: Environmental Issues and Strategic Options, Washington, D.C.
- WWF - WWFPERU, 2005.** Característica de los Bosques Tropicales – Programa de Bosques
http://www.wwfperu.org.pe/que_hacemos/bosques/bosques1.htm

IX. ANEXOS

9.1 ANEXO DE TABLAS

9.2 ANEXO DE FIGURAS

9.3 ANEXO DE MAPAS



Estación	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Altitud (msnm)
El Tigre	3,43	80,28	40
El Ciruelo	4,18	80,09	250
Pte Sullana	4,52	80,42	65
Pte. Interna.l Macara	4,23	79,51	408
Puchaca	6,22	79,28	355
Racarumi	6,38	79,19	250
Carhuaquero	6,40	79,20	250
Puntilla	6,46	79,33	150
El Batán	6,47	79,18	375
Yonán Pampalarga	7,15	79,06	428
Las Paltas	7,11	78,54	761
Pte Chilete	7,13	78,51	850
Salinar	7,40	78,58	350
Quirihuac	8,05	78,52	200
Huacapongo	8,23	78,40	280
Pte carretera Santa	8,58	78,38	18
Condorcerro	8,39	78,15	450
Balsas	8,52	77,49	1830
Chancos o Qda Honda	9,19	77,33	2940
Chuquicara	8,40	78,15	2300
Colcas	8,55	77,50	2050
Llanganuco	9,04	77,39	3850
Los Cedros	8,51	77,49	1990
Olleros	9,40	77,27	3550
Pachacoto	9,50	77,24	3700
Manta	8,36	77,53	1920
Quitarcasa	8,47	77,51	1480
Quilcay	9,31	77,31	3052
Querococha	9,40	77,30	3980
Parón	8,59	77,41	4100
Recreta	10,02	77,20	3990
Pte Moro	9,09	78,13	250
Pte Carretera Sechin	9,25	78,13	200
Pte Carretera Casma	9,29	78,18	39
Sector Tutuma	9,29	78,13	200
Pte Quillo	9,20	78,08	200
San Jacinto	9,10	78,15	250
Yanapampa	10,40	77,35	800
La Rinconada	10,26	77,44	300
Pte Carret. Huarmey	10,04	78,10	171
Pte Huamba	9,58	77,52	550
Alco-Sayan	11,07	77,11	650
Santo Domingo	11,23	77,03	697
Obrajillo	11,27	76,37	2468
Larancocha	11,41	76,48	1200
Chosica	11,55	76,41	906

Tabla 9.1. Estaciones hidrológicas grupo 01

Estación	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Altitud (msnm)
San Mateo	11,46	76,18	3213
Rio Blanco	11,44	76,15	3600
Manchay Bajo	12,10	76,51	206
La Capilla	12,31	76,29	424
Socci	13,02	76,12	500
Letrayoc	13,39	75,43	720
Los Molinos	13,50	75,35	800
Conta	13,26	75,58	350
Pte C. Grande	14,31	75,13	355
Bella Unión	15,29	74,38	70
Pte Jaqui	15,29	74,27	214
Pte El Diablo o Mocoro	16,25	71,52	1812
Charcani	16,17	71,37	2619
Sumbay	15,50	71,07	4430
Tingo Grande	16,27	71,34	2163
Pte Colgante Sibayo	15,28	71,27	3820
Huatiapa	15,59	72,28	699
La Pascana	16,59	71,38	277
Salamanca	15,30	72,50	3203
Tumilaca	17,10	70,45	1824
Ticapampa	17,04	70,02	1120
La Tranca	17,43	70,28	620
Aguas Calientes	17,51	70,07	1300
Piedras Blancas	17,59	70,08	1400
Pte Carretera Ramis	15,15	69,52	3850
Pte Carretera	15,27	70,11	3835
Pte. Carre. Maravilla	15,26	70,08	3828
Pte Carretera llave	16,05	69,37	3850
Pte. Rio Zapatilla	16,08	69,34	3840
Pte. Desaguadero	16,34	69,02	3820
Maygasbamba	6,39	78,34	2560
Correllama	6,42	78,31	2380
Pte Chunchuca	5,54	78,53	660
Magunchal	5,53	78,10	630
Tabaconas Eje Presa	5,23	79,15	1800
Jesús Túnel	7,15	78,22	2550
Namora Bocatoma	7,17	78,17	2600
Huasapampa	14,16	73,57	2900
Pisac	13,26	71,50	2971

Tabla 9.2. Estaciones hidrológicas grupo 02

Estación	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Altitud (msnm)
Ayabaca	79,43	4,38	2700
Chulucanas	80,09	5,06	95
El Salto	80,19	3,26	3
Huarmaca	79,31	5,34	2180
Los Cedros	80,32	3,27	5
Paita	81,08	5,07	3
Puerto Pizarro	80,28	3,30	1
San Miguel	80,41	5,14	29
Tabaconas	79,14	5,20	1800
Chalaco	79,50	5,02	2550
Bagua Chica	78,32	5,38	522
Bambamarca	78,31	6,41	2580
Chachapoyas	77,51	6,13	2390
Chiriaco	78,20	5,09	450
Chota	78,39	6,33	2340
Cochabamba	78,53	6,28	1800
El Limón	79,20	5,53	1120
Ferreñafe	79,47	6,38	67
Incahuasi	79,19	6,14	3100
Jaen	78,48	5,41	620
Lambayeque	79,55	6,42	18
Motupe	79,44	6,09	147
Niepos	79,08	6,55	2454
Olmos	79,43	5,59	167
Puerto Chicama	79,26	7,41	10
Reque	79,51	6,53	21
San Ignacio	78,59	5,08	1324
Santa Maria de Nieva	77,52	4,36	500
Tinajones	79,24	6,39	240
Cajabamba	78,03	7,37	2491
Celendin	78,09	6,52	2620
Contumaza	78,49	7,22	1330
Granja Porcón	78,38	7,02	2700
Huamachuco	78,03	7,49	3200
Jesús Túnel	78,24	7,14	3450
Laredo	78,51	8,05	100
Magdalena	78,41	7,16	1300
Quilcate	78,44	6,49	3100
San Marcos	78,20	7,20	2254
San Miguel	78,51	6,59	2590
San Pablo	78,50	7,05	2290
Andahuasi	77,14	11,08	470
Cajatambo	76,59	10,28	3350
Cañete	76,20	13,04	150
Canta	76,37	11,28	2832
Chiquián	77,09	10,09	3350
Huarmey	78,10	10,05	20
Huarochiri	76,14	12,08	3154
Marcapomacocha	76,20	11,24	4413
Matucana	76,23	11,50	2378
Oyón	76,46	10,40	3641
Paramonga	77,47	10,40	60
Recuay	77,27	9,43	3394
Yauyos	75,56	12,29	2671
Yungay	77,45	9,09	2537

Tabla 9.3. Estaciones con información de Precipitación

Estación	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Altitud (msnm)
Chala	74,15	15,52	20
Challaca	75,23	13,47	1730
Cora cora	73,47	15,01	3200
Hacienda Bernales	75,57	13,45	250
Huamani	75,35	13,50	850
Huancano	75,37	13,35	1006
Ocucaje	75,40	14,23	330
Palpa	75,12	14,33	309
Paucaray	73,37	14,02	3215
Puquio	74,08	14,42	3215
Túnel Cero	75,05	13,15	4425
Lomas	74,49	15,34	35
Aplao	72,29	16,04	645
Camana	72,42	16,36	23
Caraveli	72,22	15,46	1779
Caylloma	71,46	15,11	4320
Chiguata	71,24	16,24	2964
Chivay	71,36	15,38	3619
Cotahuasi	72,53	15,13	2683
El Frayle	71,11	16,09	4136
Imata	71,05	15,50	4519
La Angostura	71,38	15,10	4150
La Pampilla	71,27	16,28	2400
Pampa Blanca	71,43	17,04	35
Punta Atico	72,41	16,14	20
Sibayo	71,27	15,29	3810
Ubinas	70,51	16,23	3370
Calana	70,11	17,56	848
Calientes	70,08	17,52	1200
Candarave	70,15	17,17	3415
Chuapalca	69,39	17,28	4250
Ilabaya	70,31	17,25	1425
Ilo	71,16	17,37	80
Ite	70,58	17,51	150
Moquegua	70,58	17,12	1420
Sama Grande	70,31	17,48	552
Tarata	70,02	17,28	3175
Angamos	72,53	5,10	250
Caballococha	70,32	3,54	84
Contamana	74,55	7,17	134
Mazán	73,04	3,29	103
Nauta	73,34	4,31	107
Requena	73,32	5,05	200
San Lorenzo	76,40	4,48	
San Roque	73,15	3,45	126
Santa Clotilde	73,42	2,28	250
Tamishiyacu	72,17	3,26	105
Bellavista	76,33	7,03	247
Campanilla	76,41	7,26	390
Lamas	76,42	6,16	920
Moyobamba	76,58	6,00	860
Naranjillo	77,23	5,50	1090
Rioja	77,11	6,03	870
San Ramón	76,05	5,56	184
Saposa	76,46	6,54	320
Sauce	76,15	6,41	620
Tabalosos	76,39	6,25	560

Tabla 9.4. Estaciones con información de Precipitación

Estación	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Altitud (msnm)
Aguaytia	75,39	8,55	280
Aucayacu	75,56	8,36	600
Huánuco	76,15	9,57	1900
Pucallpa	74,32	8,23	154
Puerto inca	74,58	9,22	200
San Rafael	76,10	10,20	2600
Tingo Maria	75,53	9,09	660
Tocache	76,31	8,11	512
Uchiza	76,23	8,35	513
San Alejandro	75,27	8,50	250
Cerro de Pasco	76,10	10,45	4400
Huancavelica	75,01	12,47	3676
Huanta	74,15	12,56	2628
Huayao	75,19	12,02	3313
Jauja	75,29	11,47	3587
La Oroya	75,54	11,31	3750
Oxapampa	75,28	10,35	1800
Pichanaky	74,52	10,56	600
Pozuzo	75,33	10,03	1000
Puerto Ocopa	74,15	11,08	395
San Ramón	75,20	11,07	800
Satipo	74,42	11,14	660
Tarma	75,44	11,26	3000
Yanahuanca	76,30	10,32	3473
Urubamba	72,07	13,18	2863
Sicuni	71,14	14,15	3550
Quincemil	70,45	13,13	620
Quillabamba	72,42	12,51	990
Puerto Maldonado	69,12	12,35	202
Pisac	71,51	13,25	2950
Paucartambo	71,35	13,19	2830
Machu Picchu	72,31	13,10	2563
Iñapari	69,36	10,57	365
Chalhuanca	73,15	14,17	2902
Andahuaylas	73,22	13,39	2944
Arapa	70,07	15,08	3830
Chuquibambilla	70,44	14,47	3971
Crucero	70,55	15,46	4470
Huancané	69,45	15,12	3890
Ilave	69,39	16,05	3880
Laraqueri	70,03	16,09	3900
Mazo Cruz	69,44	16,44	4100
Puno	70,01	15,49	3820
Tahuaco - Yunguyo	69,05	16,16	3860
Tambopata	69,11	14,15	1320
Desaguadero	69,03	16,34	3860
Juli	69,27	16,12	3812

Tabla 9.5. Estaciones con información de Precipitación

Estación	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Altitud (msnm)
Gueppi	75.15	0.07	300
Pantoja	75.12	0.58	200
Arica	75.12	1.36	250
Sta Mercedes	73.30	1.50	140
López	76.13	2.32	280
Curary	74.06	2.22	200
Sta Clotilde	73.42	2.28	250
Bergerie	71.56	2.19	300
Corbata	70.59	2.17	200
El Salto	80.19	3.26	3
Cahuide	77.50	3.01	400
Soplin	76.21	3.24	450
Lores	74.34	3.44	120
Roque	73.15	3.45	126
Pebas	71.52	3.17	100
Cabalococha	70.32	3.54	84
Talara	81.16	4.34	50
Lancones	80.29	4.34	120
Maria de Nieves	77.52	4.36	500
San Lorenzo	76.39	4.49	199
Santa Rita	74.22	4.36	100
Nauta	73.34	4.31	107
Paita	81.08	5.07	3
Chulucanas	80.09	5.06	95
Tabaconas	79.14	5.20	1800
Chiriaco	78.20	5.09	450
Naranjillo	77.23	5.50	1090
San Ramón	76.05	5.56	184
Tamanco	74.17	5.47	200
Requena	73.32	5.05	200
Angamos	72.53	5.10	250
Pimentel	79.56	6.50	4
Tinajones	79.24	6.39	240
Chota	78.39	6.33	2340
Chachapoyas	77.51	6.13	2390
Tabaloso	76.39	6.25	560
Dos de Mayo	75.07	6.22	165
Chicama	79.26	7.41	10
San Marcos	78.20	7.20	2254
Campanilla	76.41	7.26	390
Contamana	74.55	7.17	134
Virú	78.45	8.25	64
Stg. de Chuco	78.10	8.08	3129
Conchucos	77.51	8.16	3180
Tocache	76.31	8.11	512
San Alejandro	75.27	8.50	250
Pucallpa	74.32	8.23	154
Pte. Carretera	78.18	9.29	39
Huaraz	77.32	9.31	3038
Llata	76.47	9.33	3429
Tingo Maria	75.53	9.09	660
Iparia	74.28	9.18	270
Breu	72.47	9.31	450
Pto. Esperanza	70.45	9.45	350
Huarmey	78.10	10.05	20
Bolognesi	74.00	10.04	340
Progreso	71.77	9.80	266
Paramonga	77.47	10.40	60

Tabla 9.6. Estaciones con información de Temperatura

Estación	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Altitud (msnm)
Ayabaca	79,43	4,38	2700
Huancabamba	79,33	5,15	3196
Paita	81,08	5,07	3
Rica Playa	80,27	3,48	100
Zarumilla	80,17	3,30	21
Chachapoyas	77,51	6,13	2390
Chota	78,39	6,33	2340
El Limón	79,20	5,53	1120
Imacita	78,22	5,05	311
Jaen	78,48	5,41	620
Motupe	79,44	6,09	147
Olmos	79,43	5,59	167
Cajamarca	78,29	7,08	2697
Celendín	78,09	6,52	2620
Tayabamba	77,17	8,17	3330
Acari	74,37	15,24	300
Coracora	73,47	15,01	3200
Ocucaje	75,40	14,23	330
Palpa	75,12	14,33	309
Puquio	74,08	14,42	3215
Yauca	74,31	15,40	50
Caraveli	72,22	15,46	1779
Chivay	71,35	15,38	3588
Cotahuasi	72,53	15,13	2683
Imata	71,05	15,50	4519
La Angostura	71,38	15,10	4150
La Pampilla	71,27	16,28	2400
Ubinas	70,51	16,23	3370
Candarave	70,15	17,17	3415
Ilo	71,16	17,37	80
Locumba	70,46	17,36	530
Moquegua	70,58	17,12	1420
Tarata	70,02	17,28	3175
San Borja	75,10	14,31	400
Caballococha	70,32	3,54	84
Contamana	74,55	7,17	134
Requena	73,32	5,05	200
San Roque	76,40	4,48	103
Santa Clotilde	73,42	2,28	250
La Unión	76,48	9,49	3200
Pucallpa-unu	74,32	8,23	154
Cerro de Pasco	76,15	10,41	4050
Huanta	74,15	12,56	2628
Huayao	75,19	12,02	3313
Jauja	75,29	11,47	3587
La Oroya	75,54	11,31	3750
Lircay	74,43	12,59	3250
Pampas	74,51	12,23	3300
Puerto Bermúdez	74,54	10,18	360
Abancay	72,52	13,36	2750
Andahuaylas	73,22	13,39	2990
Iñapari	69,36	10,57	365
Paucartambo	71,35	13,19	2830
Puerto Maldonado	69,12	12,35	202
Quincemil	70,45	13,13	620
Tambopata	69,09	14,13	1320
Ayaviri	70,35	14,52	3900
Desaguadero	69,03	16,34	3860
Huancané	69,45	15,12	3890

Tabla 9.7. Estaciones con información de Temperatura

Estación	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Altitud (msnm)
Cajatambo	76,59	10,28	3350
Cerro Pasco	76,10	10,45	4400
Oxapampa	75,28	10,35	1800
Pichanaki	74,52	10,56	600
Sepahua	73,17	10,49	307
Paucartambo	71,35	13,19	2830
Iñapari	69,36	10,57	365
Huaral	77,14	11,28	182
Marcapomacocha	76,20	11,24	4413
Tarma	75,44	11,26	3000
Toldopampa	74,48	11,32	3600
Pakitzta	71,17	11,57	319
San Javier del Alto Chuncho	76,44	12,29	180
Huarochari	76,14	12,08	3154
Yauyos	75,56	12,29	2671
Huayao	75,19	12,02	3313
Huancavelica	75,01	12,47	3676
Huanta	74,15	12,56	2628
Cirialo	73,11	12,43	900
Quillabamba	72,42	12,51	990
Shintuya	71,15	12,40	850
Pto. Maldonado	69,12	12,35	202
San Antonio	76,10	13,29	436
Túnel Cero	75,05	13,15	4425
Alpachaca	74,16	13,23	3600
Andahuaylas	73,22	13,29	2944
Urubamba	72,07	13,18	2863
Quincemil	70,45	13,13	620
Ollachea	70,29	13,48	2850
Ocucaje	75,40	14,23	330
Paracas	76,27	13,87	22
Otoca	74,41	14,29	1825
Puqio	74,08	14,42	3215
Chalhuanca	73,15	14,17	2902
Santo Tomas	72,10	14,25	3250
Sicuni	71,14	14,15	3550
Chuquibambilla	70,44	14,47	3971
Crucero	70,02	14,22	4130
Tambopata	69,11	14,15	1320
Lomas	74,22	15,48	265
Cora Cora	73,47	15,01	3200
Caraveli	72,22	15,46	1779
Cotahuasi	72,53	15,13	2683
Sibayo	71,27	15,29	3810
Crucero Alto	70,55	15,46	4470
Lampa Puno	70,23	15,22	3892
Camaná	72,42	16,36	23
Sta Rita	72,07	16,28	1297
El Fraile	71,11	16,09	4136
Ubinas	70,51	16,23	3370
Laraqueri	70,03	16,09	3900
Ilo	71,16	17,37	80
Moquegua	70,58	17,12	1420
Tarata	70,02	17,28	3175
Chuapalca	69,39	17,28	4250
La Yarada	70,23	18,14	58
Calientes	70,11	17,56	848
Puno	70,01	15,49	3820

Tabla 9.8. Estaciones con información de Temperatura

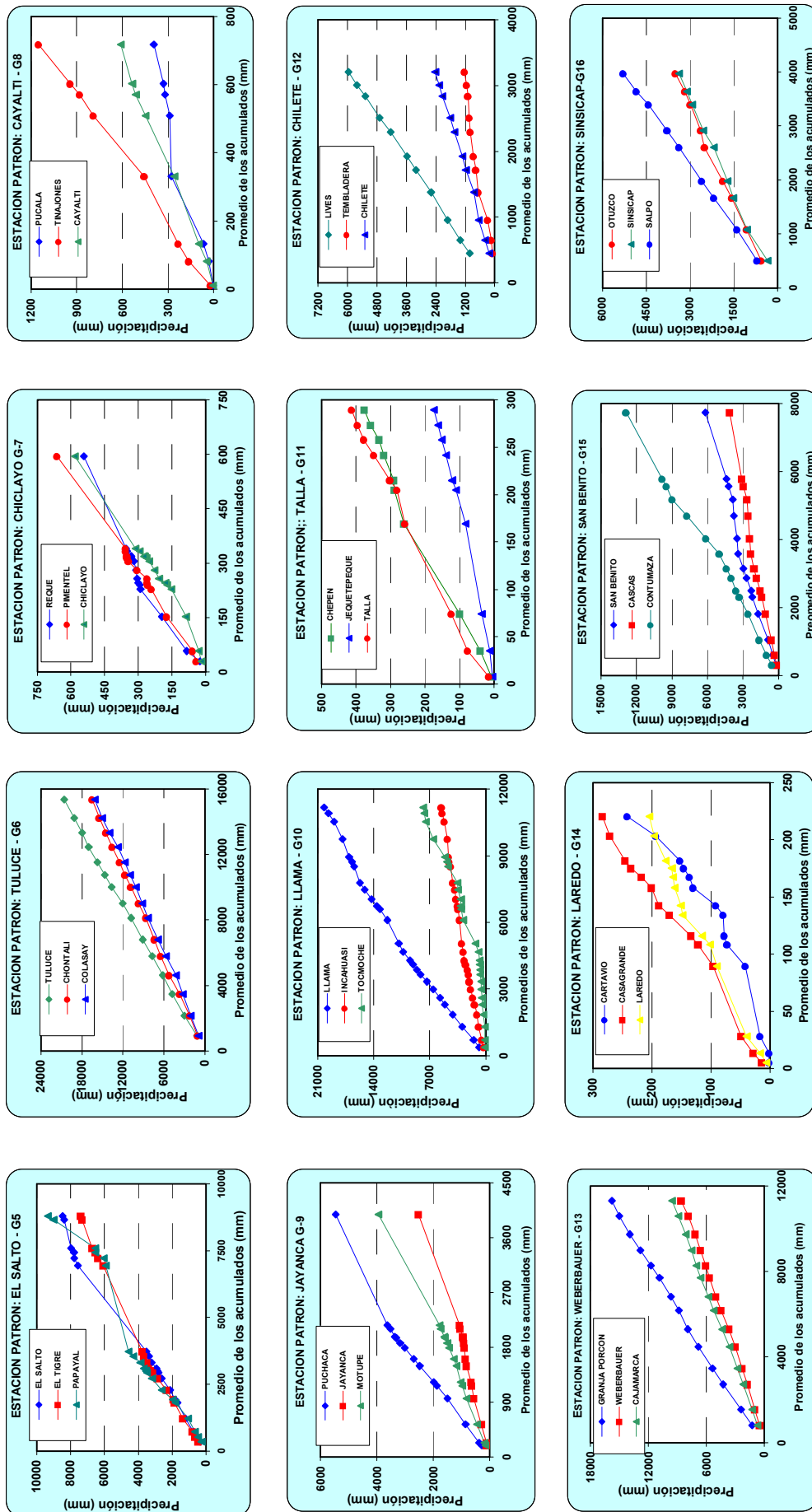


Figura 9.1(a): Determinación de la Estación Patrón Vertiente del Pacífico - Zona Norte

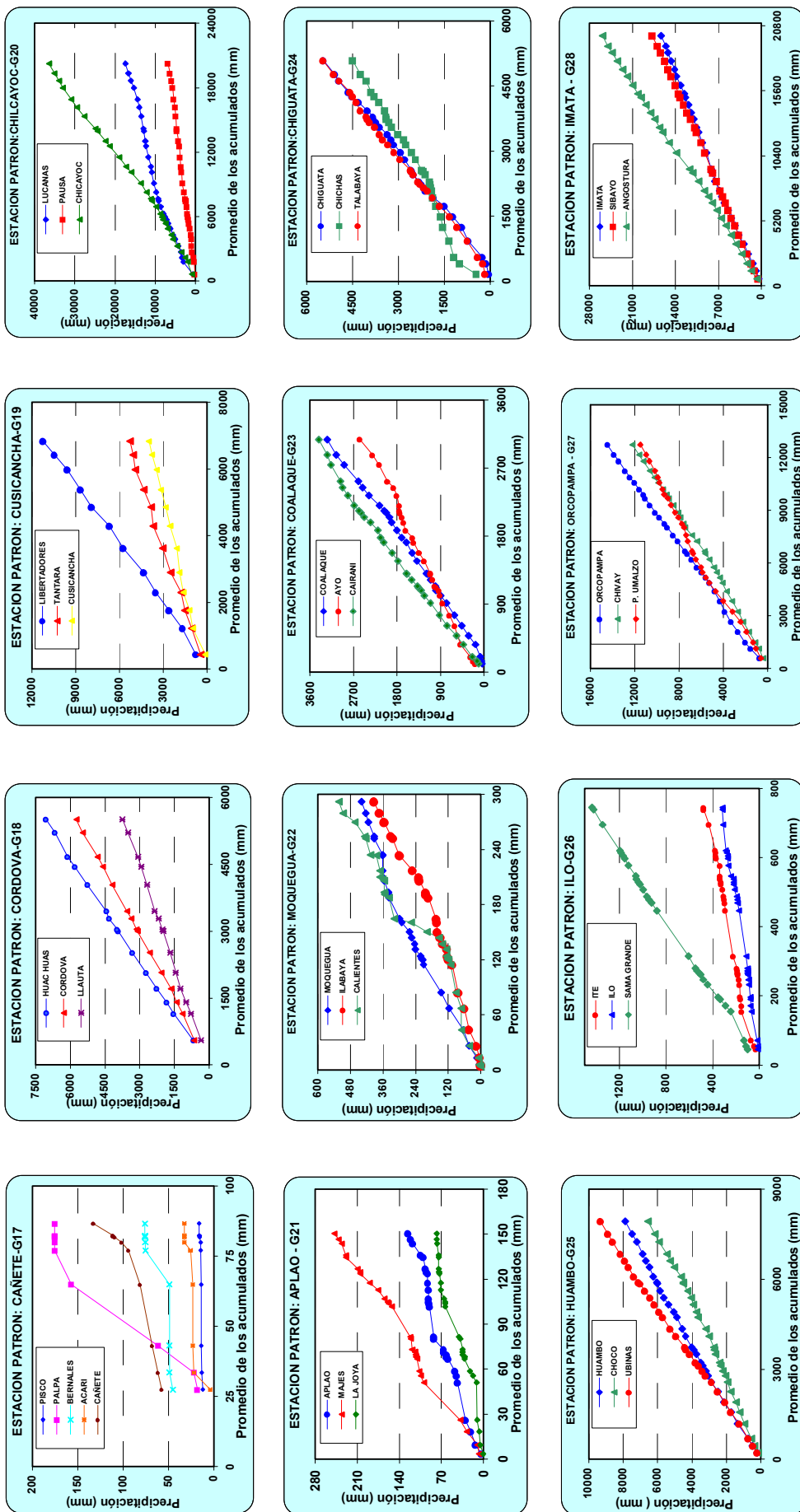


Figura 9.1(b): Estación Patrón Vertiente del Pacífico - Zona Sur

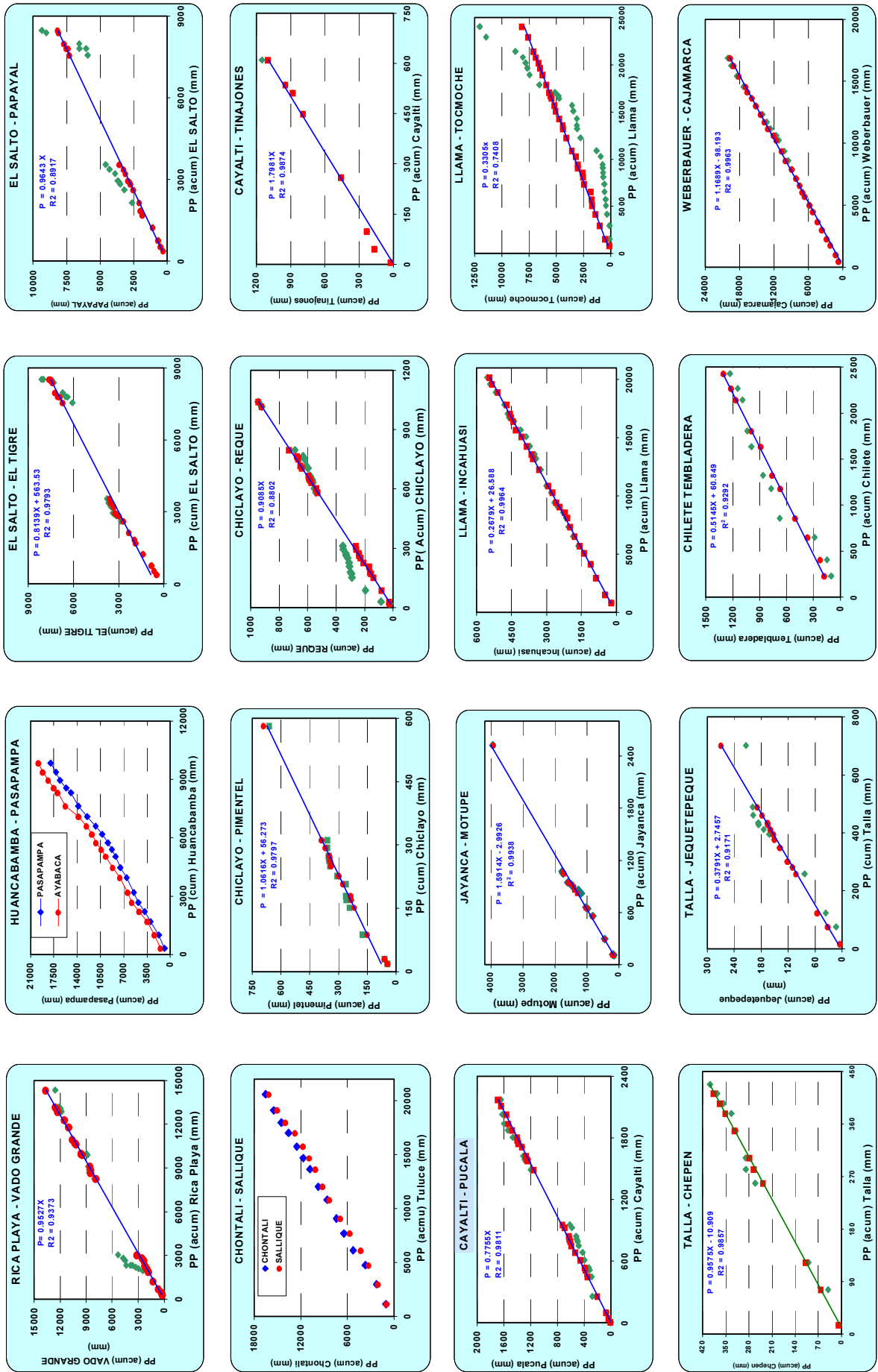


Figura 9.2: Consistenciado Vertiente del Pacifico

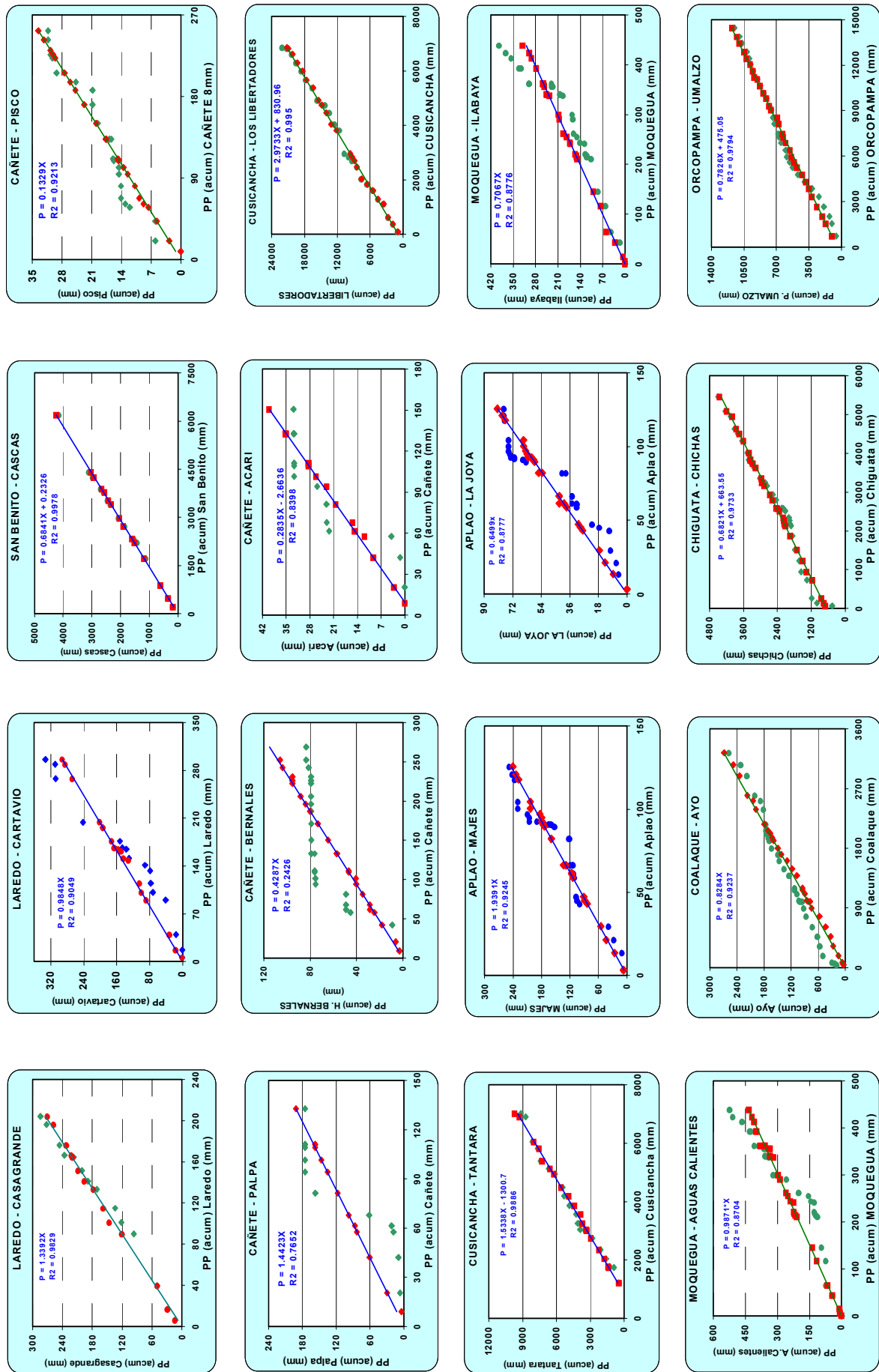


Figura 9.3: Consistenciado Vertiente del Pacifico

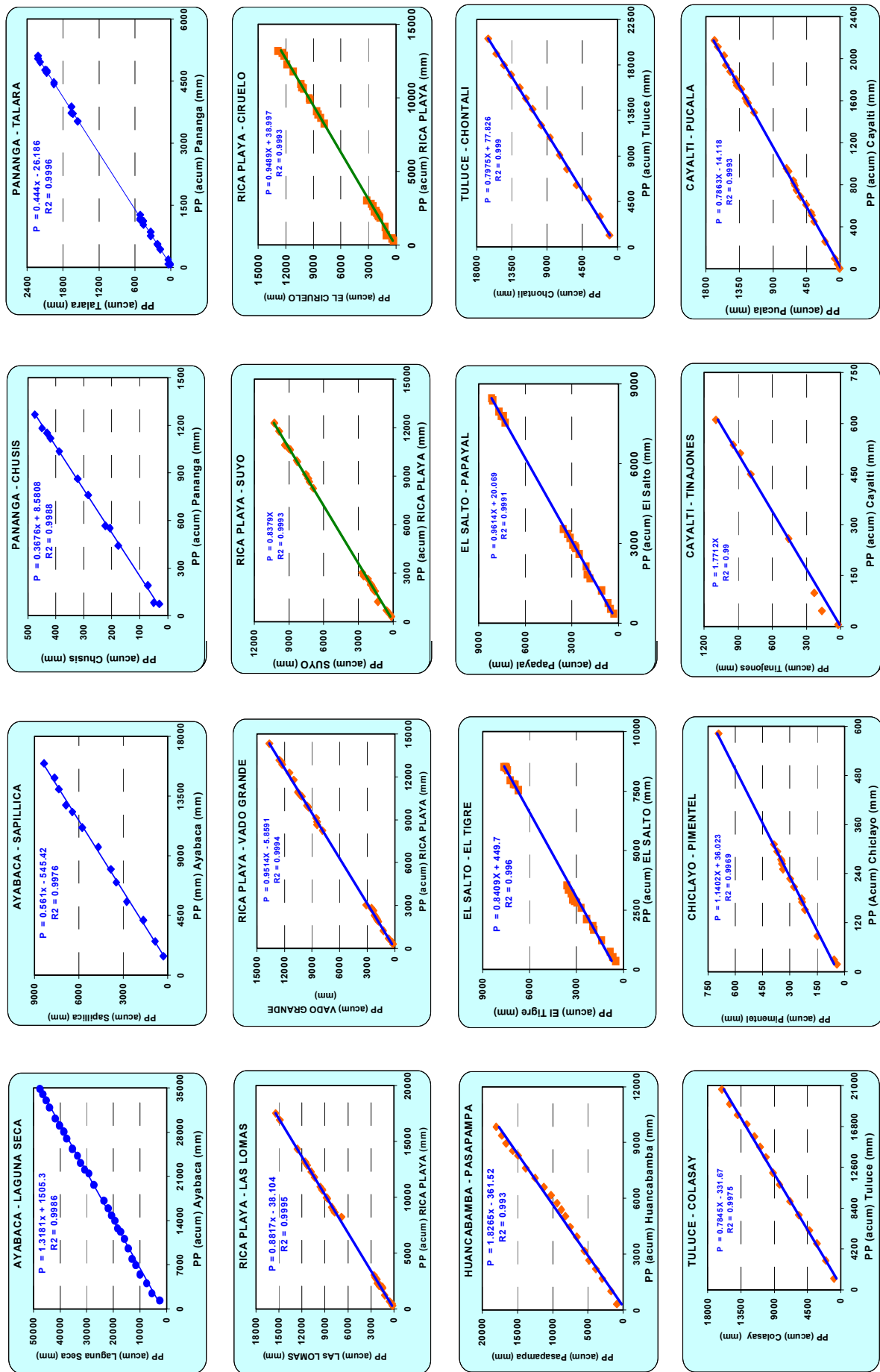


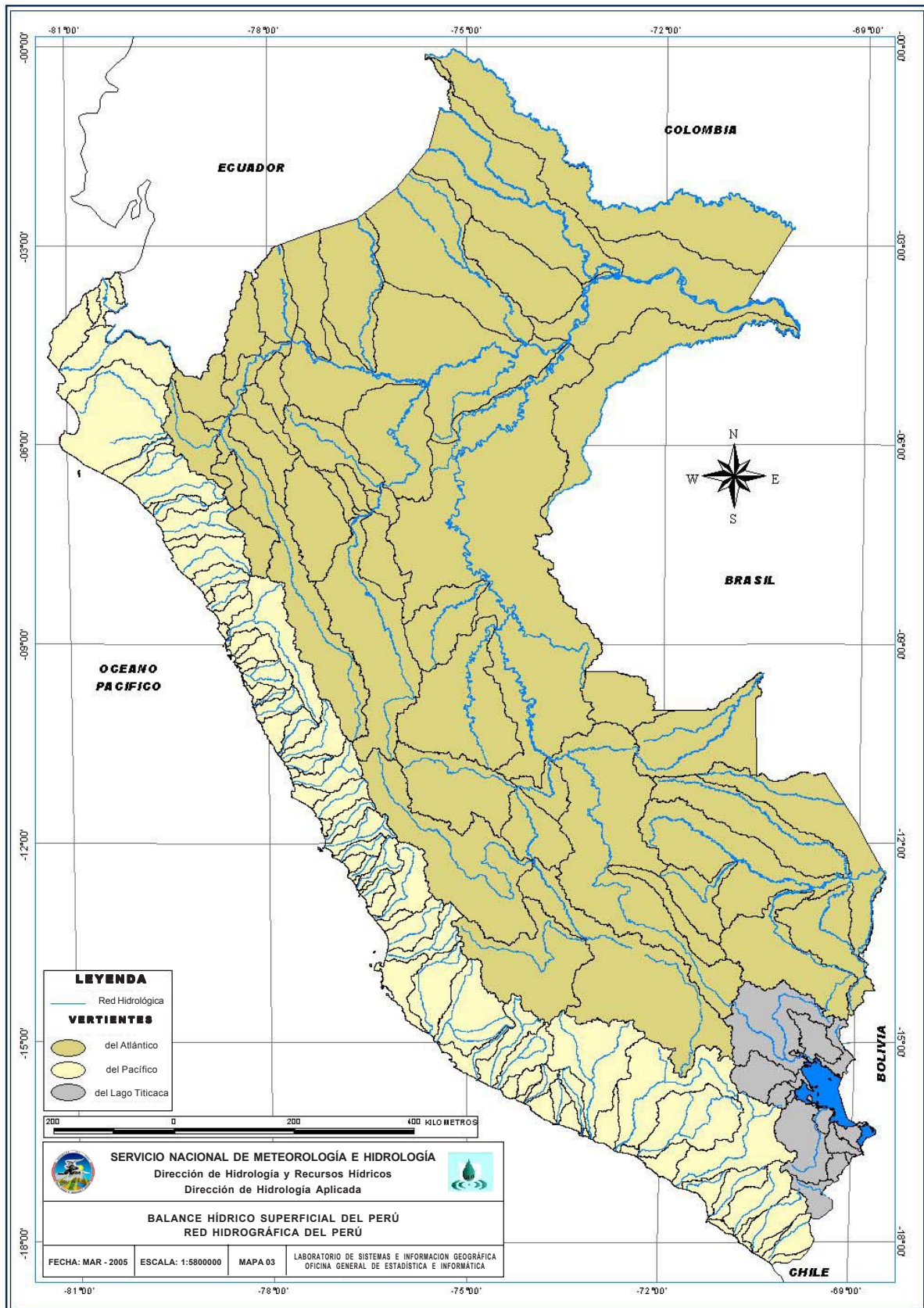
Figura 9.3: Completado y extensión Vertiente del Pacífico



Mapa 1 - Ubicación del Perú en Sudamérica



Mapa 2 - Vertientes Hidrográficas del Perú



Mapa 3 - Red Hidrográfica del Perú



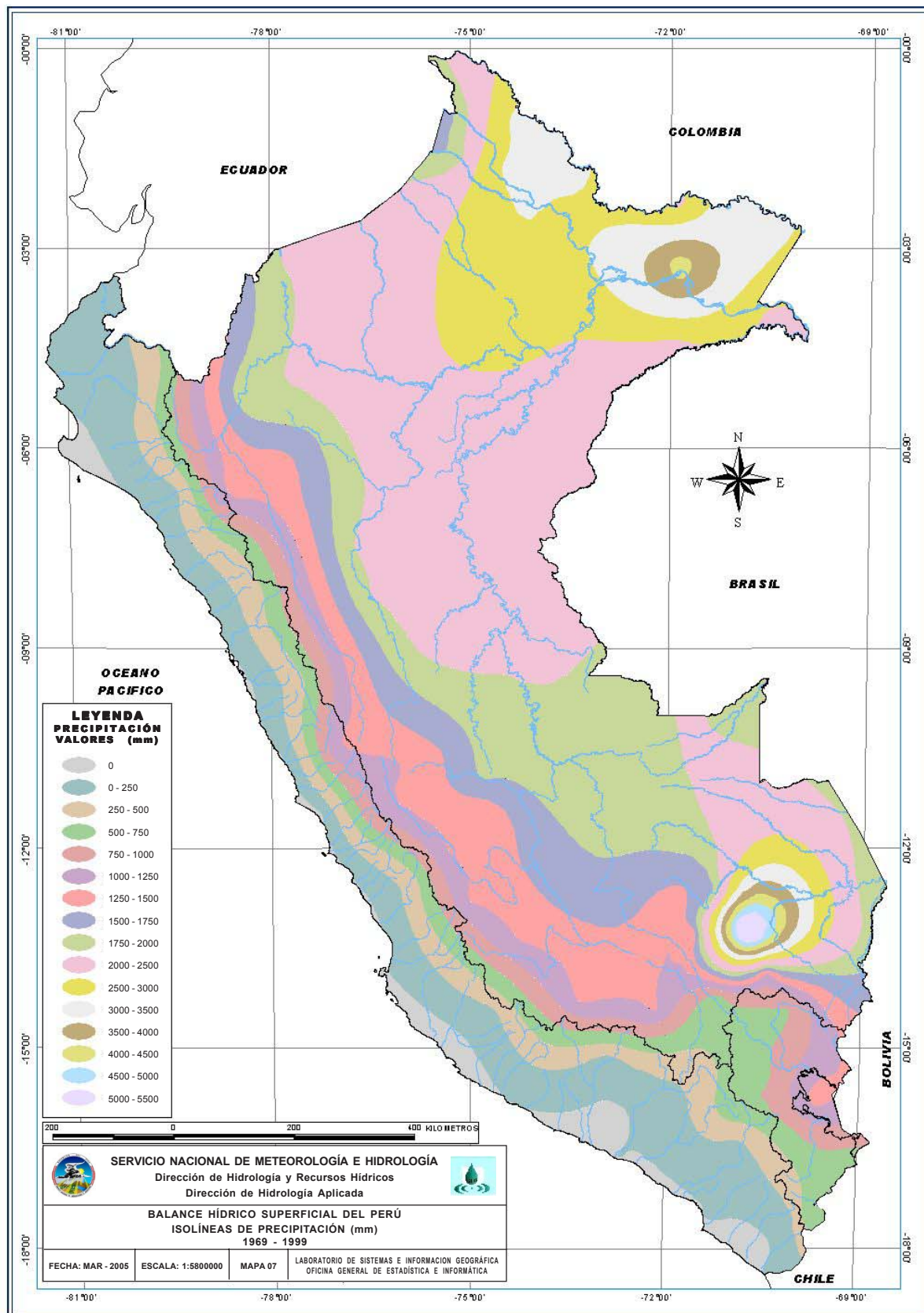
Mapa 4 - Red de Estaciones con Información de Precipitación



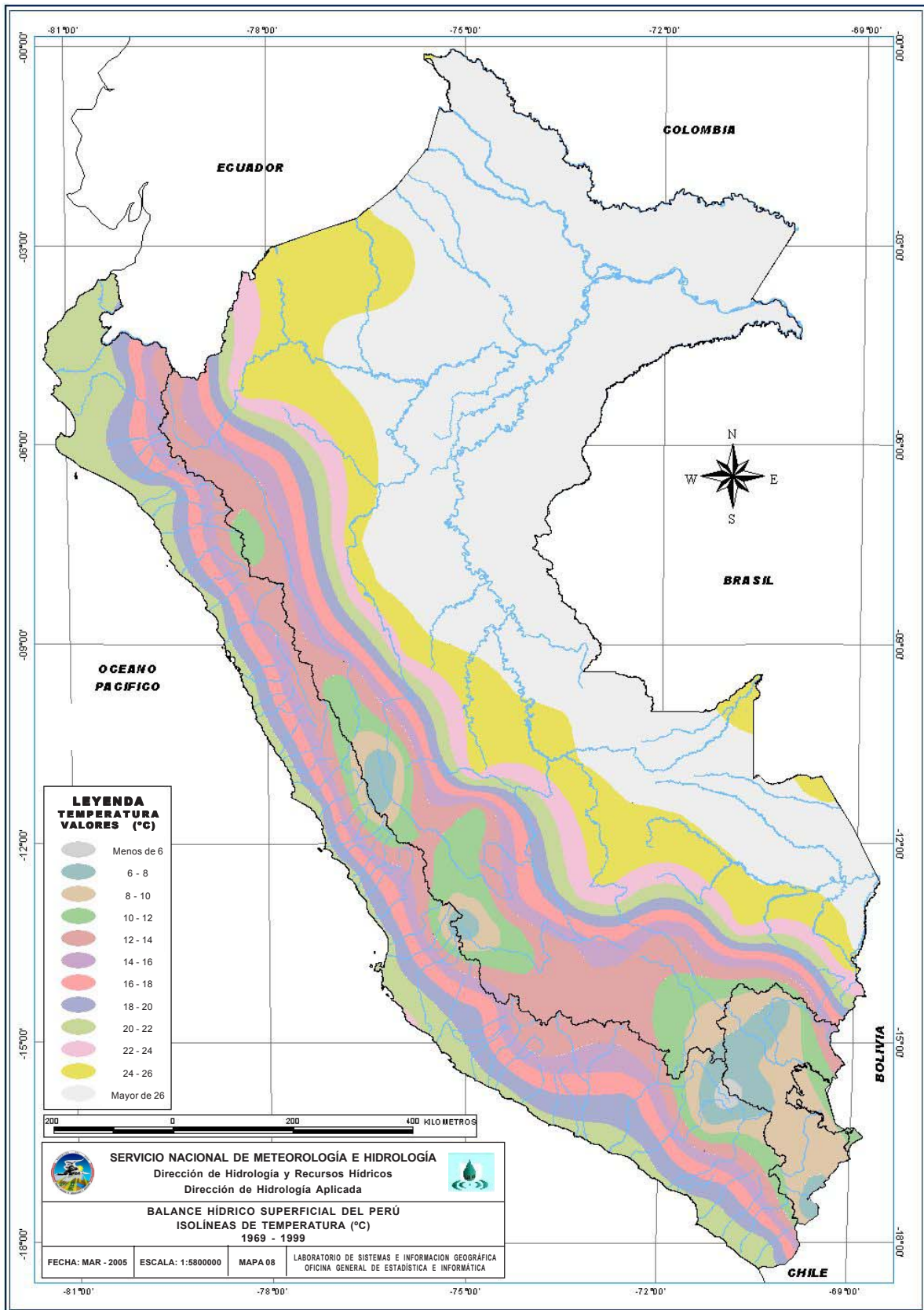
Mapa 5 - Red de Estaciones con Información de Temperatura



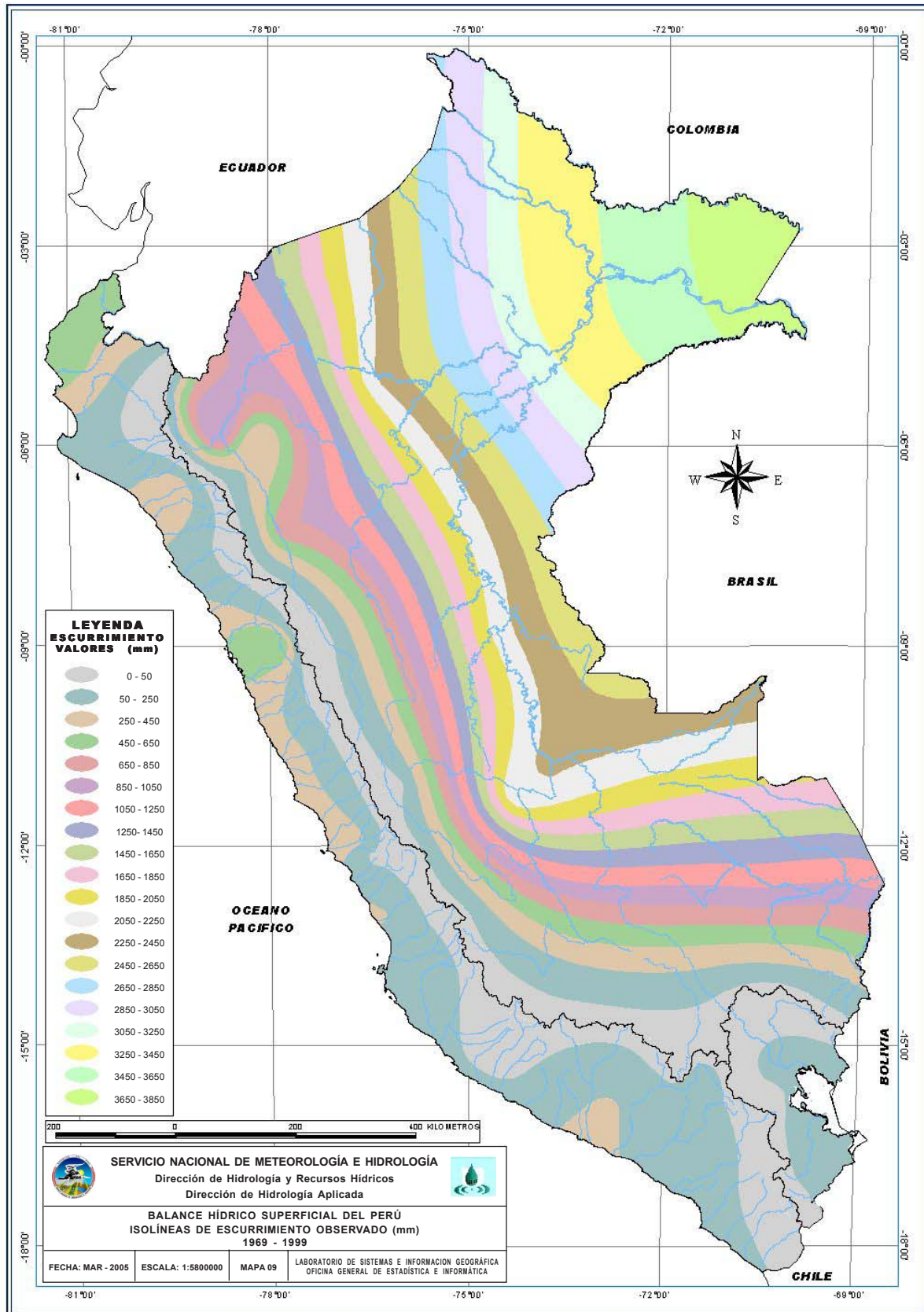
Mapa 6 - Red de Estaciones con Información de Caudal



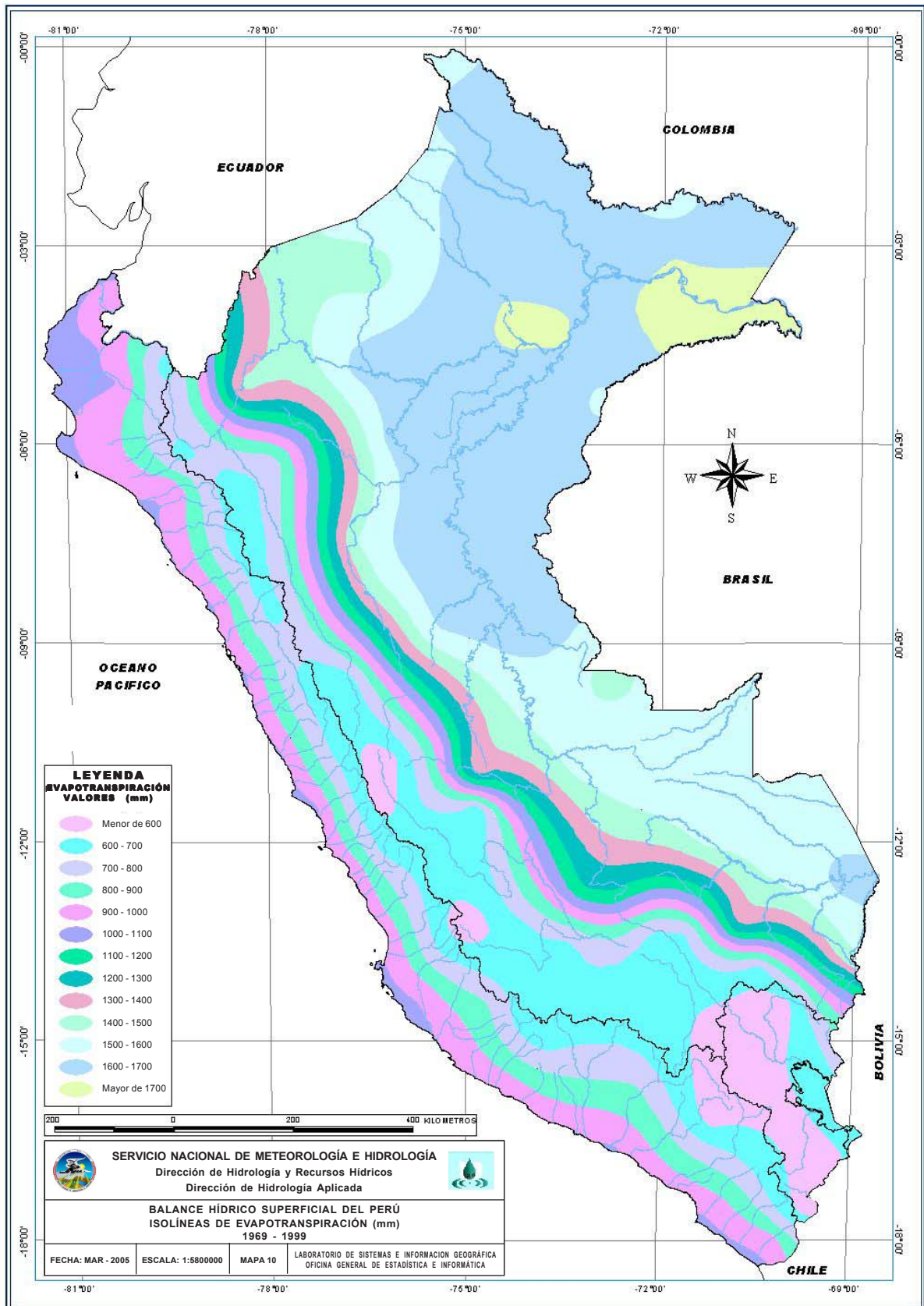
Mapa 7 - Isolíneas de Precipitación (mm) 1969 - 1999



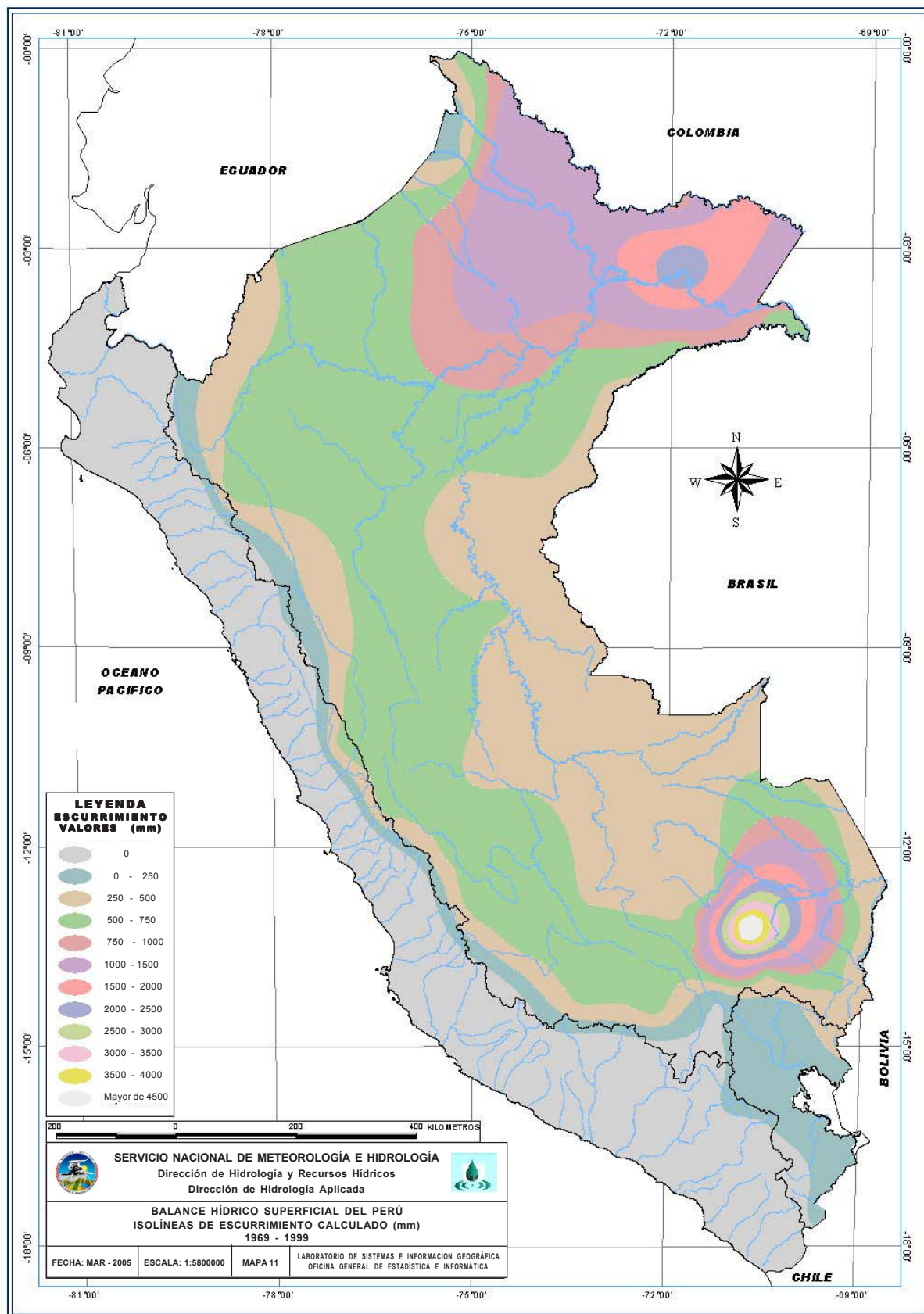
Mapa 8 - Isolíneas de Temperatura (° C) 1969 - 1999



Mapa 9 - Isolíneas de Escurrimiento Observado (mm) 1969 - 1999



Mapa 10 - Isolíneas de Evapotranspiración (mm) 1969 - 1999



Mapa 11 - Isolíneas de Esgurrimento Calculado (mm) 1969 - 1999

Balance hídrico superficial del Perú a nivel multianual



Programa Hidrológico Internacional

UNESCO
Programa Hidrológico Internacional
Oficina Regional de Ciencia
para América Latina y el Caribe
Edificio Mercosur - Dr. Luis Piera 1992, 2° piso
Casilla de Correo 859
11200 Montevideo, Uruguay
Tel.: (598-2) 413 20 75, Fax: (598-2) 413 20 94
phi@unesco.org.uy
<http://www.unesco.org.uy/phi>



Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos



REPUBLICA DEL PERU