

LEYENDA

Legend

MOSAICO DE RADAR-SLAR
Radar Mosaic-Slar



AEROSERVICE
By Aeroservice



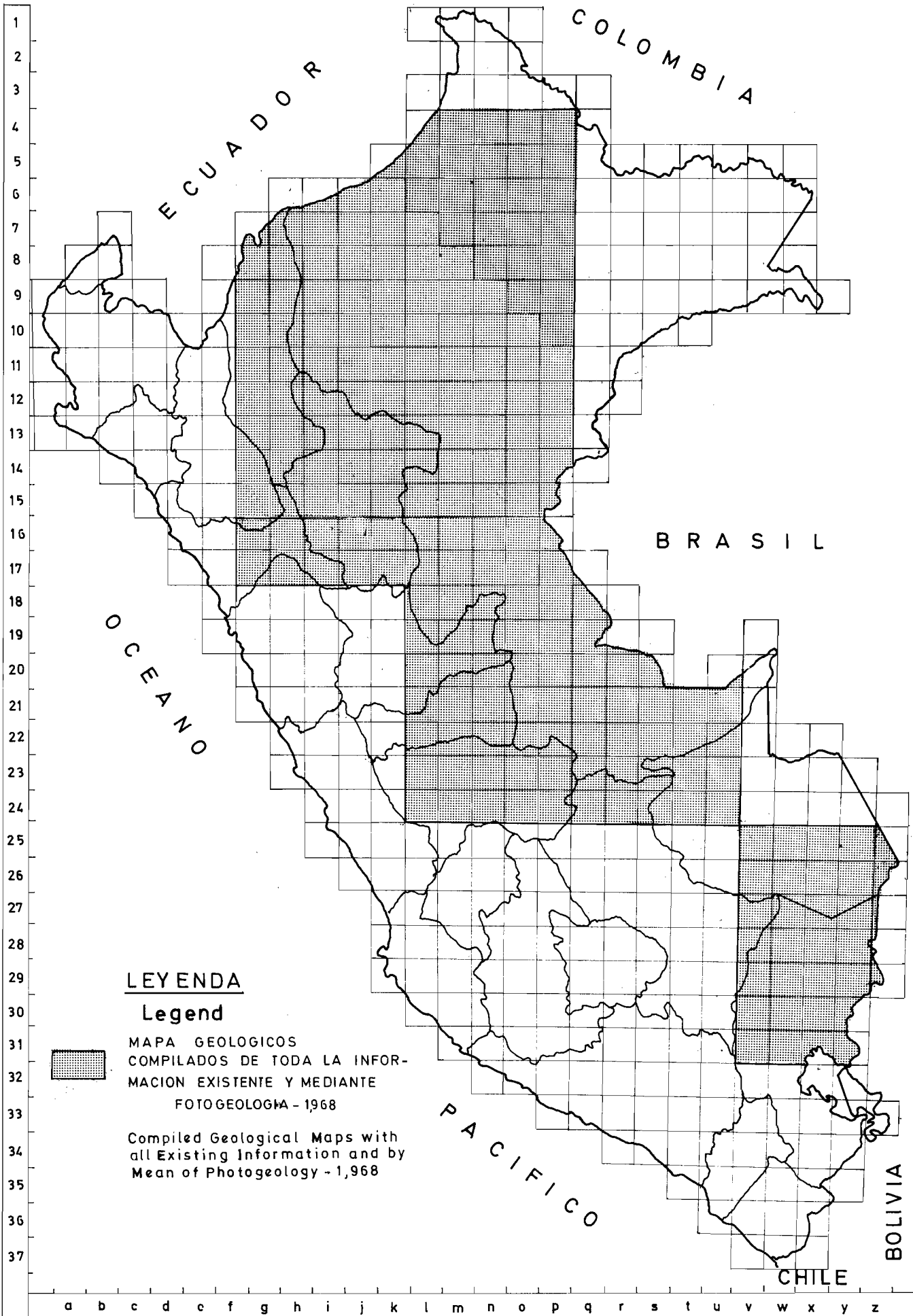
CONTRATO GRUMMAN
By Grumman

EVALUACION DEL
POTENCIAL
HIDROELECTRICO
NACIONAL

INFORMACION GEOLOGICA EXISTENTE
Existing Geological Information

FUENTE / SOURCE : PETROPERU
ESCALA / SCALE : 1:250,000

Fig. 3-15



EVALUACION DEL
 POTENCIAL
 HIDROELECTRICO
 NACIONAL

INFORMACION GEOLOGICA EXISTENTE
 Existing Geological Information

FUENTE / SOURCE : PETROPERU
 ESCALA / SCALE : 1 : 500,000

Fig. 3-16

- Isosistas de los Macrosismos del Perú
- Carta sísmica del Perú

3.2.6 Otros Estudios

Otra fuente valiosa de información ha sido los estudios de proyectos existentes, de donde se ha tomado información de mayor detalle.

Aparte de lo expuesto existe mayor información geológica, que se encuentra dispersa, principalmente en las entidades particulares.

3.3 INFORMACION HIDROLOGICA EXISTENTE

3.3.1 Introducción

La evaluación técnica de proyectos de recursos hidráulicos requiere, en cualquier nivel de desarrollo, la recopilación de toda la información hidrológica básica necesaria para estimar las condiciones normales y extremas en el área del proyecto. En muchos estudios esta actividad absorbe una parte considerable del tiempo total asignado al análisis hidrológico y, aún teniendo en cuenta cambios normales en la disponibilidad de los datos a través del tiempo, originará a menudo, una duplicación del esfuerzo. En un número creciente de países la utilización de computadoras electrónicas, ha conducido a la creación de bancos de datos estructurados que permiten el almacenamiento rápido y eficiente de tal información y su fácil divulgación a los organismos interesados. Sin embargo, las condiciones poco favorables existentes en los países en desarrollo hacen que la información continúe siendo almacenada en una forma mecánica y dispersa en organizaciones diferentes, complicando así el proceso de recolección.

La realización de un estudio que considere los recursos hídricos de una nación ofrece una excelente oportunidad para la elaboración de un banco de datos básico de la información hidrológica y morfométrica, mediante el empleo de computadoras. Los sistemas modernos de almacenamiento electromagnético aseguran que el esfuerzo desplegado en la recopilación, comparación y la verificación de datos puedan ofrecer grandes beneficios a todos los organismos relacionados con el uso de los recursos hídricos y que los registros puedan ser rápidamente puestos al día cuando se disponga de datos adicionales o mejorados. Un beneficio adicional será que todos los organismos que reciban la información verificada puedan proceder sobre una base común, ayudando así a la toma de decisiones a un nivel multisectorial.

Por su capacidad funcional las minicomputadoras constituyen instrumentos ideales para la elaboración de banco de datos hidrológicos, ofreciendo gran facilidad para llevar a cabo el manejo de archivos.

El establecimiento, en el marco del presente estudio, del banco de datos y el desarrollo de los correspondientes programas de cómputo no hubiera sido posible de lograr sin el acceso, a tiempo completo, a la computadora asignada al Proyecto.

Las interacciones entre las series de programas de cómputo para la extracción de información, análisis, creación de archivos y elaboración de informes se explican en la sección 3.4.4. Como una ayuda para entender las complejas interacciones entre el banco de datos y los programas de cómputo analíticos empleados, se han preparado hojas de actividades y se hacen muchas referencias a éstas en el texto siguiente. En la figura 3 - 18 se presenta una figura esquemática que muestra las actividades llevadas a cabo en el campo de la hidrología y el análisis de los recursos hídricos durante el presente estudio, que ilustra también las interrelaciones respectivas. Las hojas mismas aparecen en el texto en los lugares correspondientes.

Debe remarcarse que el trabajo de recopilación y comparación de la información básica fue sumamente laborioso y demandó de mucho tiempo, y por tanto el banco de datos resultante refleja los esfuerzos combinados de personal de varias organizaciones. Debe hacerse mención también de la colaboración y contribución de los Ingenieros del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) y ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales). Aunque la estructura adoptada no pretende ser completa, dado que el análisis detallado de la meteorología está fuera del alcance de este proyecto, ésta es fácilmente extendible y se espera que en futuro se otorgue una adecuada prioridad a su desarrollo, actualización y expansión de tal manera que se puedan lograr todos los beneficios.

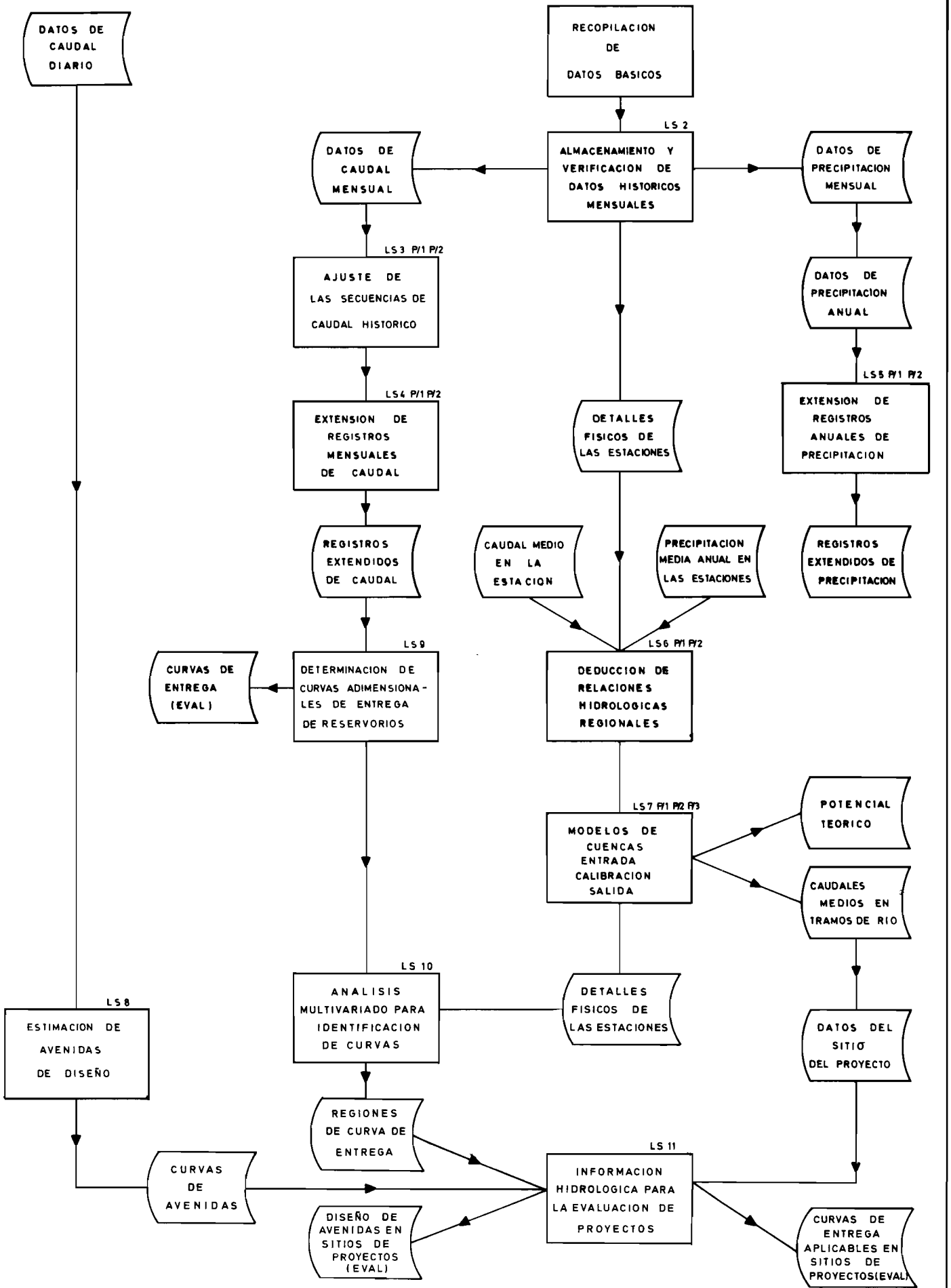
En el desarrollo del presente estudio se concluyó que la información recopilada de las estaciones pluviométricas e hidrométricas, y los mapas elaborados mostrando su respectiva ubicación serían de gran utilidad a los organismos interesados en el desarrollo de los recursos hídricos en el Perú. Se decidió, por ello preparar, como un anexo del informe principal, un atlas conteniendo tal información (Volumen IV)

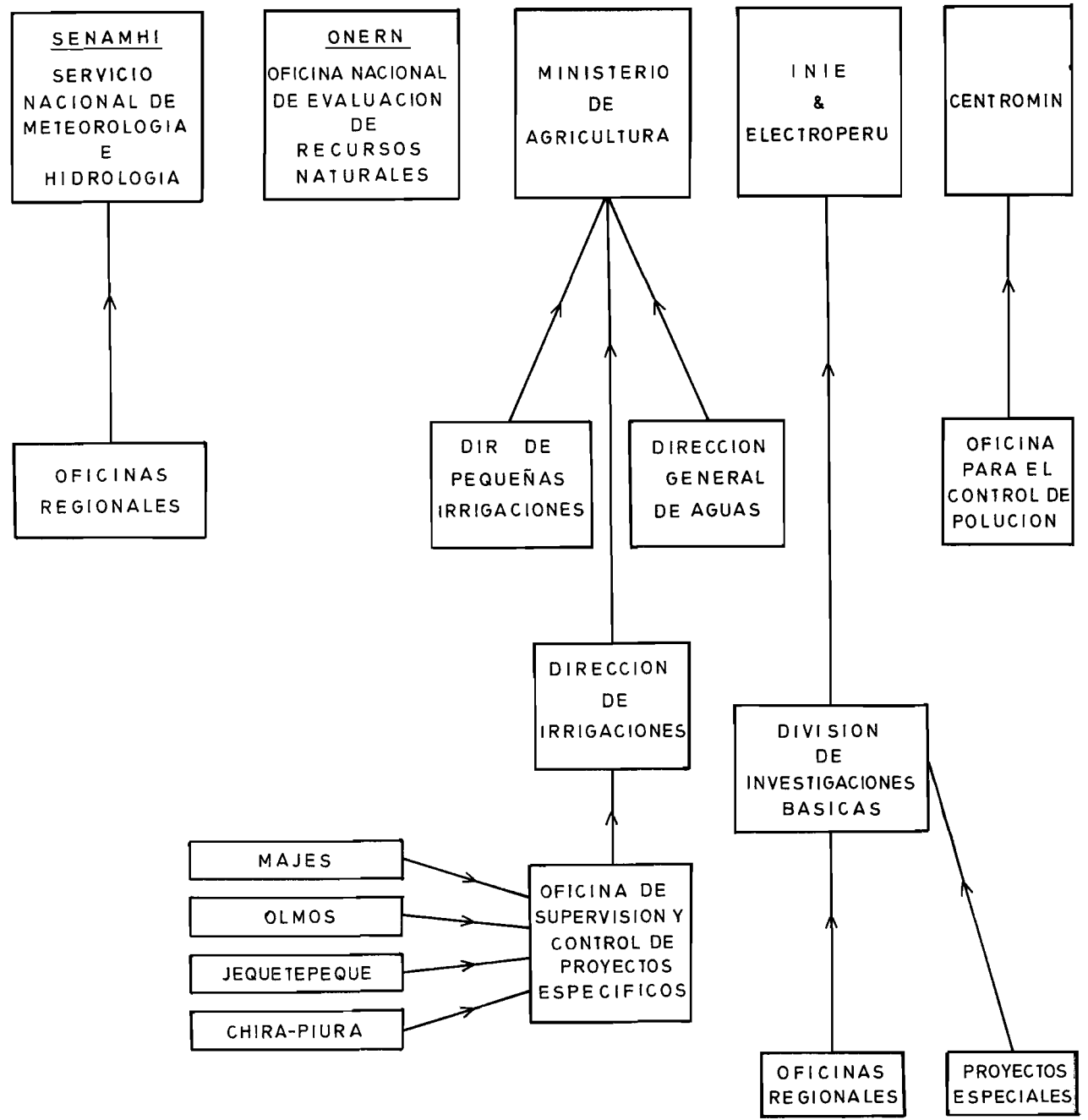
Este atlas representa una revisión y ampliación del "Atlas de Cuencas Hidrográficas del Perú" publicado por el SENAMHI en 1972. La mejora de los mapas de cuencas de los ríos de la vertiente del Pacífico se basaron en aquellos contenidos en la mencionada publicación, pero se prepararon nuevos mapas para las vertientes del Atlántico y del Lago Titicaca. Otros anexos contienen información hidrológica y morfométrica obtenida de los modelos de cuencas desarrolladas en el presente estudio, tanto para cada estación como para cada cuenca individual.

3.3.2 Fuentes y Organización de Datos Hidrológicos

La organización de todas las entidades que operan un gran número de estaciones se ilustra en la figura 3 - 19. A continuación se da una breve descripción de cada una de ellas.

- El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) fue establecido en 1969, y tiene a su cargo las tareas de planificar, organizar, coordinar, centralizar y dirigir actividades en los campos de meteorología e hidrología. Así tiene la responsabilidad de recopilar y disponer de todos los datos correspondientes, incluyendo aquellos registros en estaciones operadas por otras entidades.





EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO NACIONAL	FUENTES DE DATOS HIDROLOGICOS EN EL PERU	Fig: 3_19
	Sources of Hydrological data in Peru	

El SENAMHI opera actualmente alrededor de 140 estaciones de aforo y aproximadamente 900 estaciones pluviométricas. De las segundas, alrededor de 450 son consideradas como estaciones meteorológicas teniendo instrumental adicional para efectuar lecturas de la humedad, evaporación, de la velocidad del viento u otras medidas. La oficina central en Lima recibe el apoyo de varias oficinas regionales. El almacenamiento de los nuevos datos y su consiguiente remisión a las entidades solicitantes se realiza en la Dirección de Informática y Archivo Nacional. Hay una pequeña división responsable de los estudios hidrológicos.

Al inicio del presente estudio el SENAMHI estaba efectuando la digitalización de todos los registros de estaciones para almacenarlos en cinta magnética, por medio de terminales directos de entrada. Sin embargo, no se pudieron obtener listados al día de todas las estaciones hidrológicas o mapas mostrando su ubicación. Carecía de cierta cantidad de información relativa a estaciones operadas por otras entidades, y era evidente que existían algunos problemas que impedían la remisión de la información a la oficina central.

A la fecha el SENAMHI no publica los datos disponibles en forma de anuarios. Como consecuencia de esto fué a menudo necesario extraer los datos de tarjetas escritas a máquina, y en algunos casos de las libretas originales. El trabajo de su Departamento de Informática encargado del procesamiento de la información estaría siendo seriamente afectado por la falta de los adecuados medios de procesamiento electrónico.

El traslado de los datos mensuales a la computadora del Proyecto se realizó de los correspondientes datos diarios mediante una cinta magnética preparada por el SENAMHI. Desafortunadamente se tuvo que emplear un tiempo considerable para eliminar ciertos errores que presentaban estas cintas.

- La Oficina Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales, (ONERN) fue creada en 1962 y es responsable de los estudios del uso de la tierra y agua, a nivel de cuenca. Depende directamente de la Oficina del Primer Ministro. Aunque ONERN opera únicamente un pequeño número de estaciones de control, ha reunido una gran cantidad de información hidrológica para sus estudios regionales. Se han publicado un número considerable de estos estudios, por cuencas individuales, principalmente aquellas de la vertiente del Pacífico. Durante el presente estudio se ha hecho un uso intensivo de estos informes globales, como se describe en la sección 4.2, y más aún el personal de ONERN prestó invalorable asistencia, informando acerca del estado de las estaciones, uso actual del agua y condiciones del campo.

Los datos de precipitación y escorrentía de ONERN fueron copiados a mano en formatos especiales para perforarlos en tarjetas y almacenarlos finalmente en archivos de disco de computadora. Desafortunadamente, estos registros no han sido actualizados desde la fecha de publicación del informe asociado. Información valiosa se obtuvo de ONERN acerca de las captaciones y derivaciones históricas junto a los resultados de análisis para efectos de regulación.

- El Ministerio de Agricultura opera alrededor de 120 estaciones de aforo y un pequeño número de estaciones pluviométricas dando énfasis en obtener información utilizable para proyectos de irrigación existentes y futuros. Como puede verse en la figura 3 - 19 existen varias divisiones dentro del Ministerio y a su vez oficinas separadas para proyectos específicos. No hay un departamento central encargado del almacenamiento de datos y por consiguiente la información tiene que ser recopilada de las respectivas oficinas individuales. Esto complica considerablemente la labor de recopilación de la información siendo los datos eventualmente remitidos a Lima desde las Oficinas Regionales. Se publican algunos anuarios conteniendo los datos de zonas de proyectos individuales pero no son aparentemente sobre una base regular.
- El Instituto de Investigaciones Energéticas y Servicios de Ingeniería Eléctrica (I NIE) es responsable ante el Ministerio de Energía y Minas (MEM) de los estudios técnicos de proyectos energéticos. Como tal opera cierto número de estaciones hidrológicas para conseguir información así como registrar la operación de desarrollos hidroeléctricos existentes o planeados. Todos los datos son recibidos por la División de Investigaciones Básicas que edita anuarios para ciertas cuencas. Además, los registros hidrológicos se reproducen en los informes de estudios de proyectos individuales.
- Centromín es responsable ante el MEM de todas las operaciones mineras del Estado en la Región Central del Perú y opera cierto número de estaciones para controlar las condiciones de extracción del agua y control de la polución. Los datos son enviados de las regiones a Lima pero parece que la comparación y publicación de información es eventual.
- El Instituto Geofísico del Perú (IGP) se incluye también porque, aunque no opera instrumental de medición en tierra es responsable de la interpretación de la información recibida del satélite de la NASA.

Aparte de los organismos mencionados se puede encontrar una cantidad considerable de información hidrológica en los informes de ingeniería de proyectos específicos. Tal información aparece tanto en forma elemental como analizada, y durante el curso del presente estudio, todos los informes disponibles de este tipo fueron revisados con cuidado a fin de obtener información adicional y compararlos con aquellos obtenidos de otras fuentes.

3.3.3 Evaluación de la Información Hidrológica Existente

Una de las actividades llevadas a cabo durante el presente estudio fue la elaboración de un listado maestro de todas las estaciones hidrométricas y pluviométricas conocidas, siendo ellas en número de 467 y 1255 respectivamente. Estos totales deben corregirse, ya que incluyen a estaciones de las cuales no pudo obtenerse datos y consideran separadamente a estaciones hidrométricas cuya ubicación ha sido levemente alterada como resultado de las condiciones cambiantes. Para los propósitos de este estudio, se convino que donde dos o más estaciones estuvieran tan próximas que sus registros se pudieran considerar como un registro unico, se crearía una estación ficticia a la que se le atribuiría el registro combinado. Un análisis de los totales da

dos anteriormente se muestran en las Tablas 3-1 y 3-2 en términos de los registros disponibles hasta fines de 1976 y almacenados en el banco de datos hidrológicos. Relaciones entre el número de estaciones y el número de años completos de registro histórico se muestran en las figuras 3-20 y 3-21.

3.3.3.1 Densidad de Redes Existentes

El Perú tiene una superficie total que se estima en 1'285,215 km² *. Dividiendo esta área entre el número total de estaciones hidrométricas y pluviométricas en operación en 1974 se obtiene densidades de 0.157 y 0.516 estaciones por 1000 kilómetros cuadrados respectivamente.

Estas son cifras muy bajas cuando se comparan con los requisitos mínimos generalmente aceptados para la adecuada medición de redes**, y la situación se agrava por una distribución muy desigual. Las figuras 3-22 y 3-23 ilustran el grado en el que las estaciones existentes se concentran en la vertiente del Pacífico, tanto en términos del número de estaciones como del parámetro quizás más significativo que es el número de años de registro de la estación. Se puede ver fácilmente que existen grandes áreas del país en las cuales se carece prácticamente de datos utilizables.

La distribución desigual es también evidente en las cuencas individuales, reflejando así la instalación de estaciones con el objeto de obtener datos para la evaluación de proyectos específicos. En muchos casos, tales estaciones son operadas durante periodos relativamente cortos, entre 5 y 10 años.

Como consecuencia de esto, estas estaciones deberían considerarse más bien secundarias y no pertenecientes a la red base. Una observación adicional, aunque de ninguna manera limitada al Perú es que, como resultado de la distribución de la población, la mayoría de las estaciones de control se localizan en las partes más bajas del área de captación.

3.3.3.2 Aspectos Cuantitativos de los Datos Existentes

Como se indicó anteriormente el análisis de las redes de estaciones incluye una división teórica entre las llamadas estaciones base y secundarias. Las primeras se utilizan para proveer información relativa al factor de muestreo en el tiempo y las estaciones secundarias son usadas para estimar la variación geográfica. Mientras que las estaciones base deberían tener preferiblemente registros continuados bastante largos, estudios empíricos indican que si las observaciones se efectúan en condiciones estables, periodos de registro entre 15 y 30 años darán estimaciones de valores medios su

* Plan Nacional de Ordenamiento de los Recursos Hidráulicos, República del Perú, Bases Metodológicas, Lima - Caracas 1976.

** Langbein ha sugerido que la densidad de estaciones base debería variar de 0.4 a 1.5 por mil millas cuadradas (0.154 a 0.579 por 1000 kilómetros cuadrados). (Langbein W.B. - Stream gauging networks, Publication N° 38, JAH, Rome 1954 and Langbein W.B. - Error in the computation of mean areal precipitation U.S. G.S. 1946).

	Categoría de Estación Station Category	Número de Estaciones Number of Stations	% del total % of total
1	Estaciones con un mínimo de 1 año de datos. Stations with at least 1 year of data.	333	71.3
2	Estaciones ficticias con registros combinados de estación asignados. Fictitious stations assigned combined records of station in category 1.	23	4.9
3	Estaciones con menos de 1 año completo de datos. Stations with less than one complete year of data.	36	7.7
4	Estaciones en las cuales no se obtuvo datos. Stations for which no data obtained.	75	16.1
TOTAL :		467	100
5	Estaciones en operación (1974) Stations in operation (1974)	202	43.2
Distribución por área de captación. Distribution by catchment area :			
6	$0 < A \leq 50 \text{ Km}^2$	26	7.2
7	$50 < A \leq 100 \text{ Km}^2$	18	5.0
8	$100 < A \leq 500 \text{ Km}^2$	89	24.6
9	$500 < A \leq 1000 \text{ Km}^2$	50	13.8
10	$1000 < A \leq 5000 \text{ Km}^2$	125	34.5
11	$A > 5000 \text{ Km}^2$	54	14.9
Número total de estaciones con áreas de captación conocidas. Total number of stations with known catchment area.		362	100

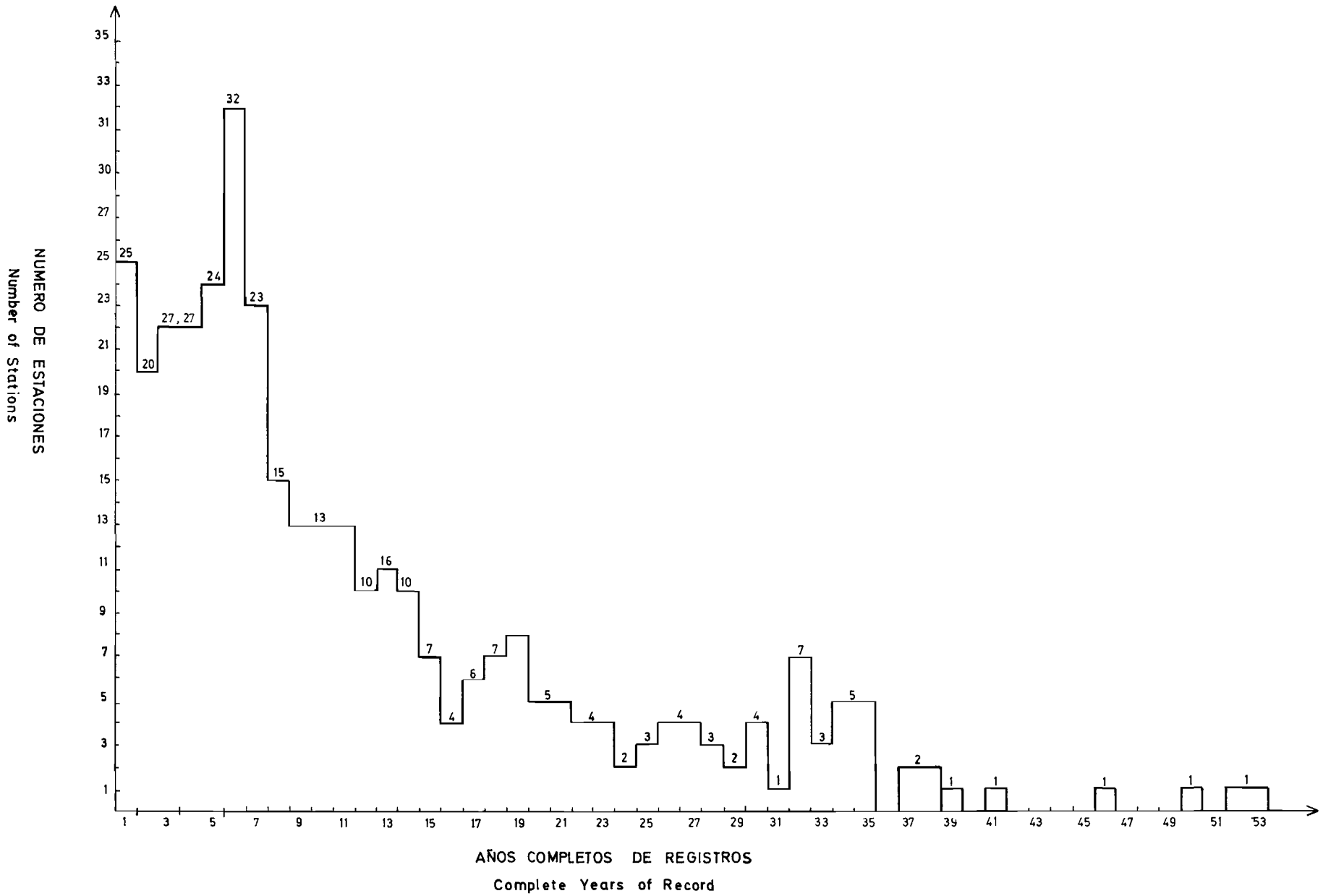
EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO NACIONAL	RESUMEN DE ESTACIONES DE CONTROL HIDROMETRICAS POR CATEGORIAS	Tabla 3-1 Table 3-1
	Breakdown of Streamflow Gauging Stations by Category	

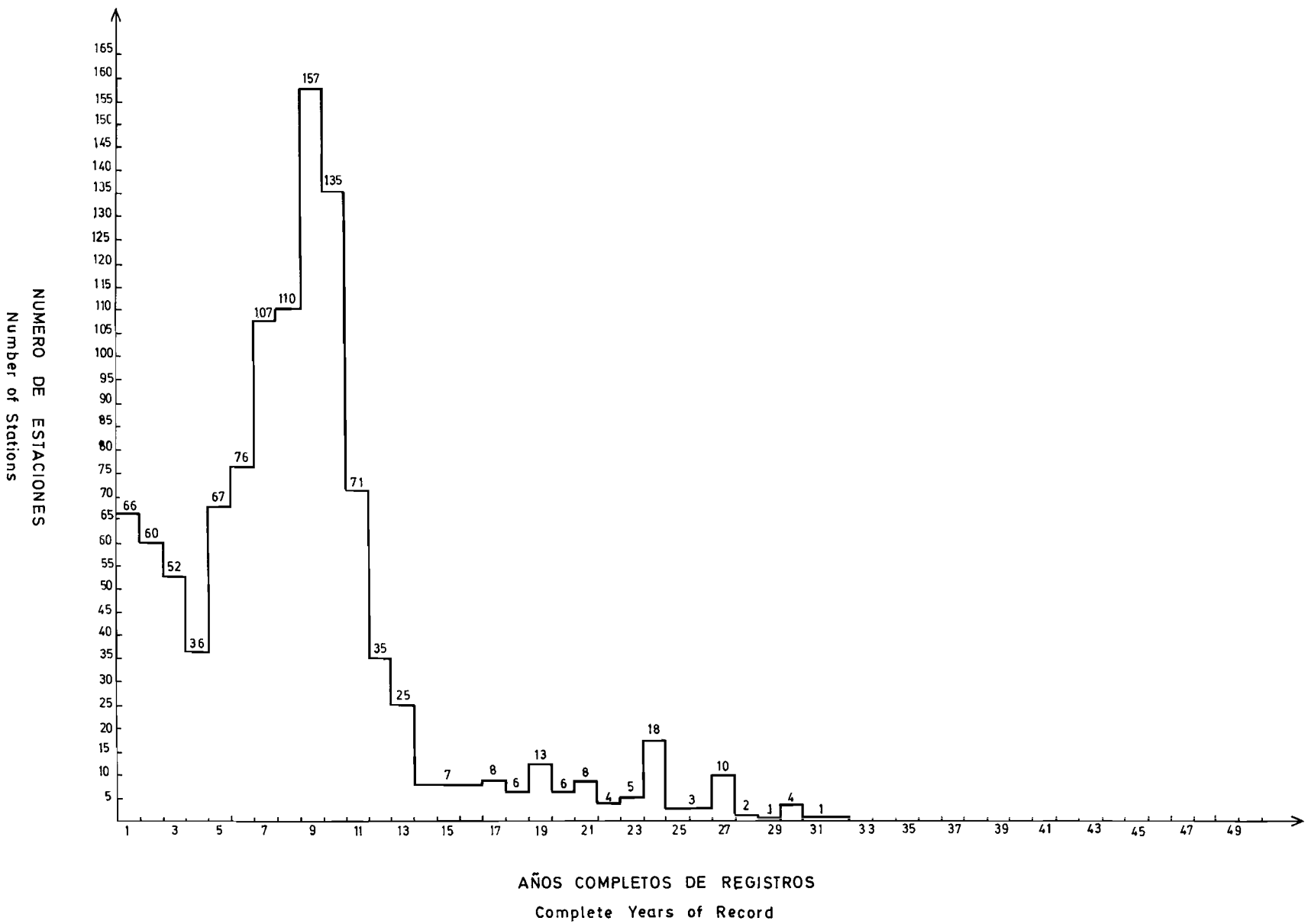
	Categoría de estación Station Category	Número de estaciones Number of stations	% del total % of total
1	Estaciones con un mínimo de 1 año de datos. Stations with at least 1 year of data.	1112	88.6
2	Estaciones con menos de 1 año completo de datos. Stations with less than one complete year of data.	143	11.4
	TOTAL :	1255	100
3	Estaciones en operación (1974) Stations in operation (1974)	663	52.8
	Distribución por altura. (m.s.n.m.) Distribution by elevation (m.a.s.l.)		
4	$0 < H \leq 500$ m	324	26.1
5	$500 < H \leq 1000$ m	85	6.8
6	$1000 < H \leq 2000$ m	126	10.1
7	$2000 < H \leq 3000$ m	197	15.8
8	$3000 < H \leq 4000$ m	338	27.1
9	$4000 < H \leq 5000$ m	175	14.1
	Número total de estaciones con altura conocida. Total number of stations with known elevation.	1245	100

EVALUACION DEL
POTENCIAL
HIDROELECTRICO
NACIONAL

RESUMEN DE ESTACIONES DE CONTROL
PLUVIOMETRICAS POR CATEGORIAS
Breakdown of Rainfall Gauging
Stations by Category

Tabla 3-2
Table 3-2

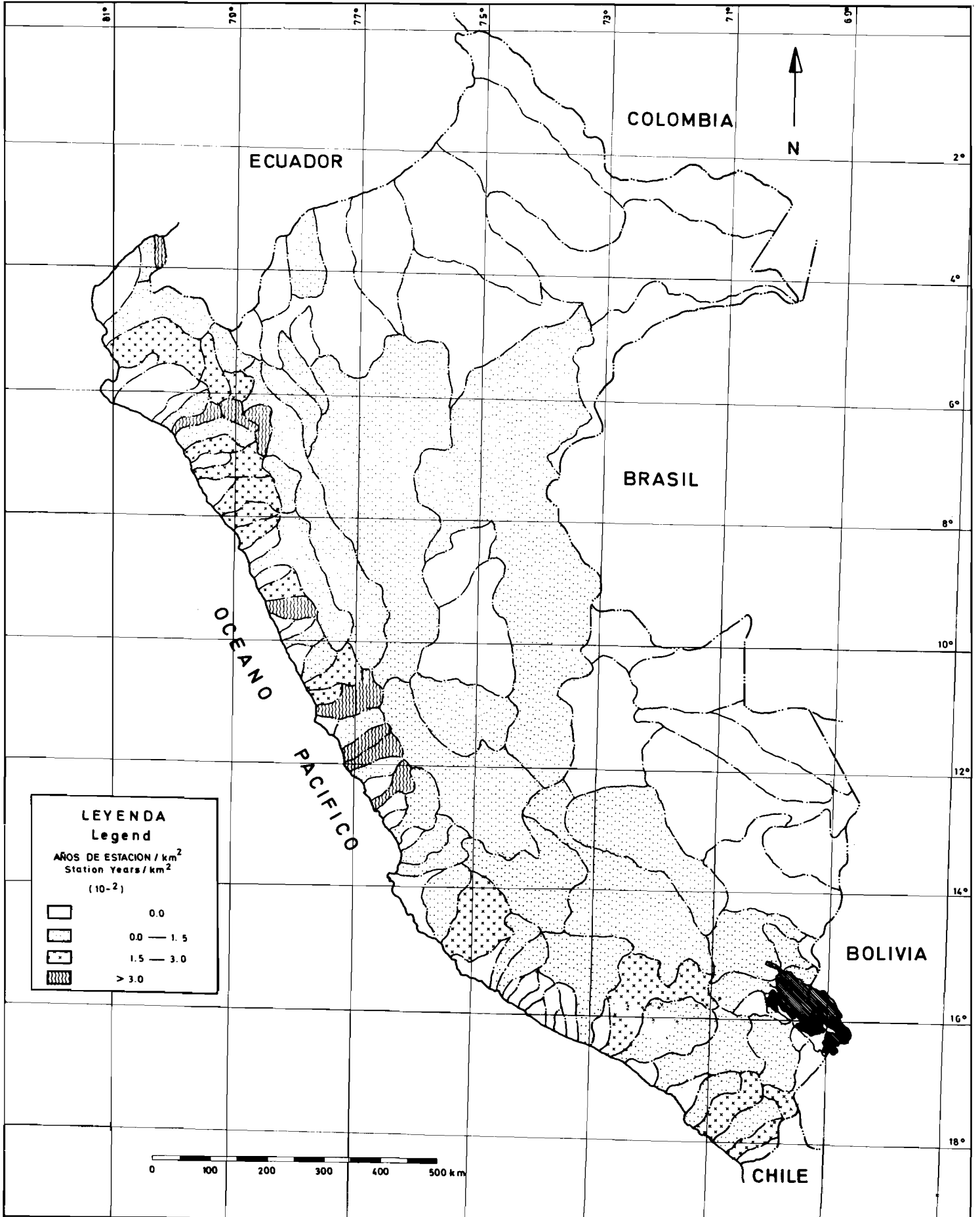




EVALUACION DEL
POTENCIAL
HIDROELECTRICO
NACIONAL

HISTOGRAMA DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS Y
AÑOS COMPLETOS DE REGISTROS
Histogram of Pluviometric Stations and
Complete Record Years

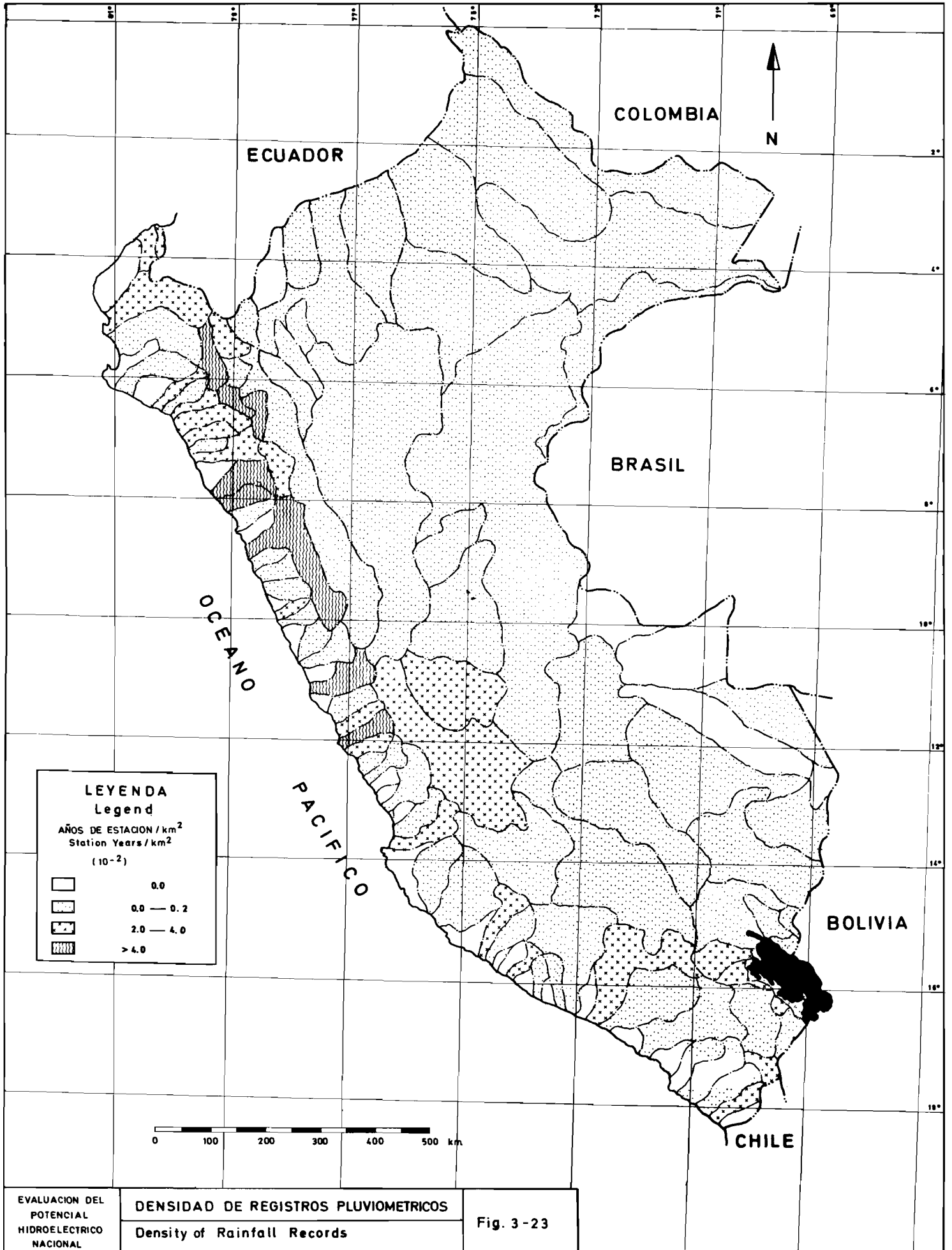
Fig. 3-21



EVALUACION DEL
POTENCIAL
HIDROELECTRICO
NACIONAL

DENSIDAD DE REGISTROS HIDROMETRICOS
Density of Hydrometric Records

Fig. 3-22



ficientemente confiables. Asumiendo los límites inferiores de estos rangos, esto es, 15 años para las estaciones base y 5 años para las estaciones secundarias, en la Tabla 3-3 se muestran resultados que indican que el número de estaciones base dan densidades muy por debajo de los niveles recomendados.

La Tabla 3-3 ilustra, además, una situación interesante con respecto a la longitud promedio de los registros hidrométricos y pluviométricos disponibles en el Perú. En contraste con la mayoría de los países del mundo la longitud de los registros hidrométricos en general excede a la de los pluviométricos. Esto fue un factor importante para determinar la metodología empleada para la extensión de registros como se discute en las secciones 4.2.3 y 4.2.4.

3.3.3.3 Aspectos Cualitativos de los Datos Existentes

Se pueden utilizar varios métodos para verificar la homogeneidad de los registros atribuidos a estaciones de control dadas, siendo el análisis de doble masa el más ampliamente utilizado. Sin embargo, a fin de obtener resultados confiables deben cumplirse ciertas condiciones básicas con referencia a los registros utilizables y la ubicación geográfica de aquellas estaciones usadas para comparación.

En esencia se requiere un mínimo entre 10 a 15 años de longitud de registro a fin de identificar cambios en los valores medios acumulados, en tanto la necesidad de que todas las estaciones se ubiquen en regiones de condiciones climáticas similares determina un límite efectivo a la distancia permisible entre estaciones de un grupo.

En el Perú muy pocas subredes satisfacen tal criterio y debido a esta razón durante el presente estudio no se efectuó ninguna verificación sistemática de la homogeneidad; no obstante esto, el trabajo llevado a cabo en el campo de la extensión de registros hizo resaltar, en muchos casos, cierto número de estaciones con datos poco confiables.

Un aspecto negativo de los registros históricos utilizables es el gran número de años y meses incompletos. Este aspecto está ilustrado en los cronogramas presentados en el Volumen V, lo cual indica que es preciso hacer una considerable reconstitución de datos antes de su aplicación satisfactoria.

En una serie continua, los registros faltantes pueden ser estimados adecuadamente si se dispone de un suficiente número de valores con los cuales formar correlaciones con estaciones bastantes cercanas y que posean regímenes similares. Como se señaló anteriormente, éste no es el caso general del Perú.

Las lecturas faltantes son generalmente el resultado de operadores no diestros o por falla de los instrumentos, las cuales sólo pueden ser efectivamente subsanadas proveyendo recursos adicionales. Desafortunadamente tales operadores son justamente más difíciles de disponer en situaciones extremas que, paradójicamente a menudo proveen la información más valiosa para estudios globales. Como se señala en la sección 5.2.4.2 los valores faltantes en las estaciones hidrométricas son de singular importancia para la estimación de las avenidas, no siendo registrados a menudo los picos más altos o teniendo que ser estimados debido a la dificultad física de la toma de lecturas o porque sobrepasan los límites de calibración.

Categoría Category		Amplitud de Registro Record Length	Número de estaciones incluidas. Number of stations included.	Número de años promedio de registro. Average number of years of data.	Densidad promedio Estaciones / 1000 Km ² Average density Stations / 1000 Km ²
Hidrométricas Streamflow	Estaciones Base Base Stations	15 ó más años or more	103	25.83	0.08
	Estaciones Secundarias Secondary Stations	5 - 14 años years	164	8.45	0.13
Pluviométricas Rainfall	Estaciones Base Base Stations	15 o más años or more	107	21.70	0.07
	Estaciones Secundarias. Secondary Stations.	5 - 14 años years	790	8.62	0.54