



MINISTERIO DE AGRICULTURA

EXCEDENTES DEL RIO RIMAC

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA 

Lima, 1977

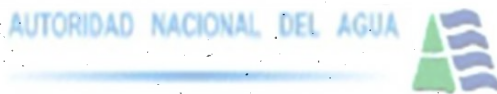
DIRECCION GENERAL DE AGUAS

DIRECCION DE AGUAS

SUB-DIRECCION DE RECURSOS HIDRICOS

DIRECTIVOS

Ing. Axel Dourojeanni Ricordi	Director General de Aguas
Ing. Humberto Raffo Asín	Director de Aguas
Ing. Javier Cuellar Tello	Sub-Director de Recursos - Hídricos



EJECUTOR DEL ESTUDIO

Ing. Jorge Espinoza Rojas	Hidrólogo
---------------------------	-----------

PARTICIPANTES

Sr. Franci Cruz Montes	Dibujante
Sra. Yolanda Azerrad Araujo	Secretaria.

Lima - 1977

INDICE

	<u>Pág.</u>
INTRODUCCION.....	1
INFORMACION EXISTENTE	2
ANALISIS DE LA INFORMACION	2
HIDROMETRIA DEL RIO RIMAC.....	4
REGIMEN DEL RIO RIMAC.....	6
ANALISIS DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO RIMAC	6
DERIVACION DE LAS AGUAS DEL RIO MANTARO AL RIMAC	7
LAGUNAS EN LA CUENCA DEL RIO RIMAC	8
DEMANDAS DE AGUA	10
- Para Uso Agrícola	10
- Para Uso Urbano	11
DEMANDA ABASTECIDA CON AGUA SUBTERRANEA	12
BALANCE HIDROLOGICO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES...	12
DEMANDA FUTURA DE AGUA	13
PROYECCION DE LA DEMANDA URBANA.....	14
DEMANDA AGRICOLA FUTURA	16
RESUMEN Y CONCLUSIONES	21
RECOMENDACIONES.....	22

RELACION DE CUADROS Y FIGURAS

<u>FIGURA</u>		<u>Entre Págs.</u>
1	Croquis del Sistema Hidrológico Superficial	2 y 3
2	Canales de Derivación del Río Rímac.....	3 y 4
3	Proyección de la Demanda Urbana Total en La Gran Lima	16 y 17

<u>CUADROS</u>		<u>Pág.</u>
1	Posible Descargas del Río Rímac en Chosica	7
2 a 4	Balance Hidrológico de las Aguas Superficiales (Tres Casos)	12/13
5	Población Real y Proyección de Planificación	14
6	Población de La Gran Lima con Suministro de Agua Potable - (Proyección de Planificación)	15
7	Proyección de la Demanda Urbana de la Gran Lima	16
8	Posible Demanda Futura Total de Agua.....	18
9	Posible Demanda de Agua Superficial para 1980	19
10	Balance Hidrológico de las Aguas Superficiales para 1980.....	20/21

A N E X O

FIGURA

- A-1 Red de Estaciones Hidrométricas
- A-2 Hidrograma de las Descargas Medias Mensuales
- A-3 á A-9 Curvas de Frecuencia de las Descargas Medias Mensuales - (Período 1921 - 1974)

CUADRO

- A-1 Estaciones Hidrométricas en el Sistema de Cuencas Chillón-Rímac-Lurín.
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
- A-2 Características Generales de las Lagunas y Reservoirios.
- A-3 Caudales Derivados a través del Tunel Cuevas-Milloc.
- A-4 Descargas Medias Mensuales Corregidas del Río Rímac en la Estación Chosica.

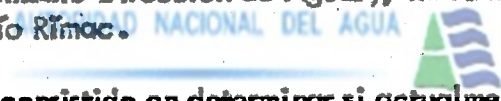
EXCEDENTES DEL RIO RIMAC

INTRODUCCION

A partir de los resultados oficiales de los censos de 1961 y 1972 se han realizado varias estimaciones demográficas de la Gran Lima, llegándose a la conclusión que en términos medios la población que en 1972 fué de 3'300,000 habitantes, en 1980 será de 4'700,000 y que en el año 2,000 será 9 millones.

En consecuencia, este crecimiento se traducirá en un aumento natural de la demanda de agua de la Gran Lima tanto para uso urbano, como industrial y agrícola. Esta situación ha motivado que se realicen estudios tendientes a dar solución a las futuras demandas de agua y energía eléctrica, sin descuidar el abastecimiento para uso agrícola.

Dentro de un plan general para impedir o solucionar estos problemas el Ministerio de Agricultura, a través de la ex-Dirección de Aguas Superficiales y Subterráneas (actualmente Dirección de Aguas), ha realizado este estudio de los Excedentes del Río Rímac.



La primera etapa ha consistido en determinar si actualmente existen excedentes en el río Rímac, entendiéndose por tales a los volúmenes de agua que se pierden en el mar.

Estos volúmenes pueden estar compuestos por :

- Las aguas superficiales no utilizadas
- Las aguas subterráneas
- Las aguas servidas
- Las aguas de retorno.

Esta primera etapa se inicia con la recopilación, análisis, clasificación y actualización de la información obtenida de estudios efectuados por organismos privados y/o estatales.

Posteriormente se establece la posible cantidad de agua disponible en el río en cada uno de los meses y luego se determinan las demandas mensuales.

En una segunda fase se analizan las proyecciones de las demandas de agua en los diferentes sectores y las posibles disponibilidades del río Rímac más la derivación de las aguas de la cuenca alta del río Mantaro.

INFORMACION EXISTENTE

Numerosos son los estudios y proyectos realizados para el mejor aprovechamiento de los recursos naturales y para una mayor producción de energía eléctrica en la cuenca del río Rímac.

Los más importantes estudios y proyectos se han realizado después de 1965, en que la "Comisión Coordinadora del Sistema Marcapomacocha" presentó su informe al Instituto Nacional de Planificación, en el cual se señalaba preliminarmente las posibles disponibilidades de agua para la Gran Lima.

La firma consultora Binnie & Partners publicó en 1970 su informe que definía el esquema de aprovechamiento para "Abastecimiento de Agua a la Gran Lima".

Otra firma consultora, la "Motor Columbus Consulting Engineers Inc." hizo el estudio del "Proyecto Hidroeléctrico Sheque" que fue declarado de utilidad pública por el Gobierno.

En 1975 la Binnie & Partners presentó el informe final del estudio de factibilidad de la "Derivación de Aguas de la Cuenca Alta del Río Mantaro a Lima".

La relación de estos y otros estudios y proyectos realizados aparecen en el anexo de este informe.

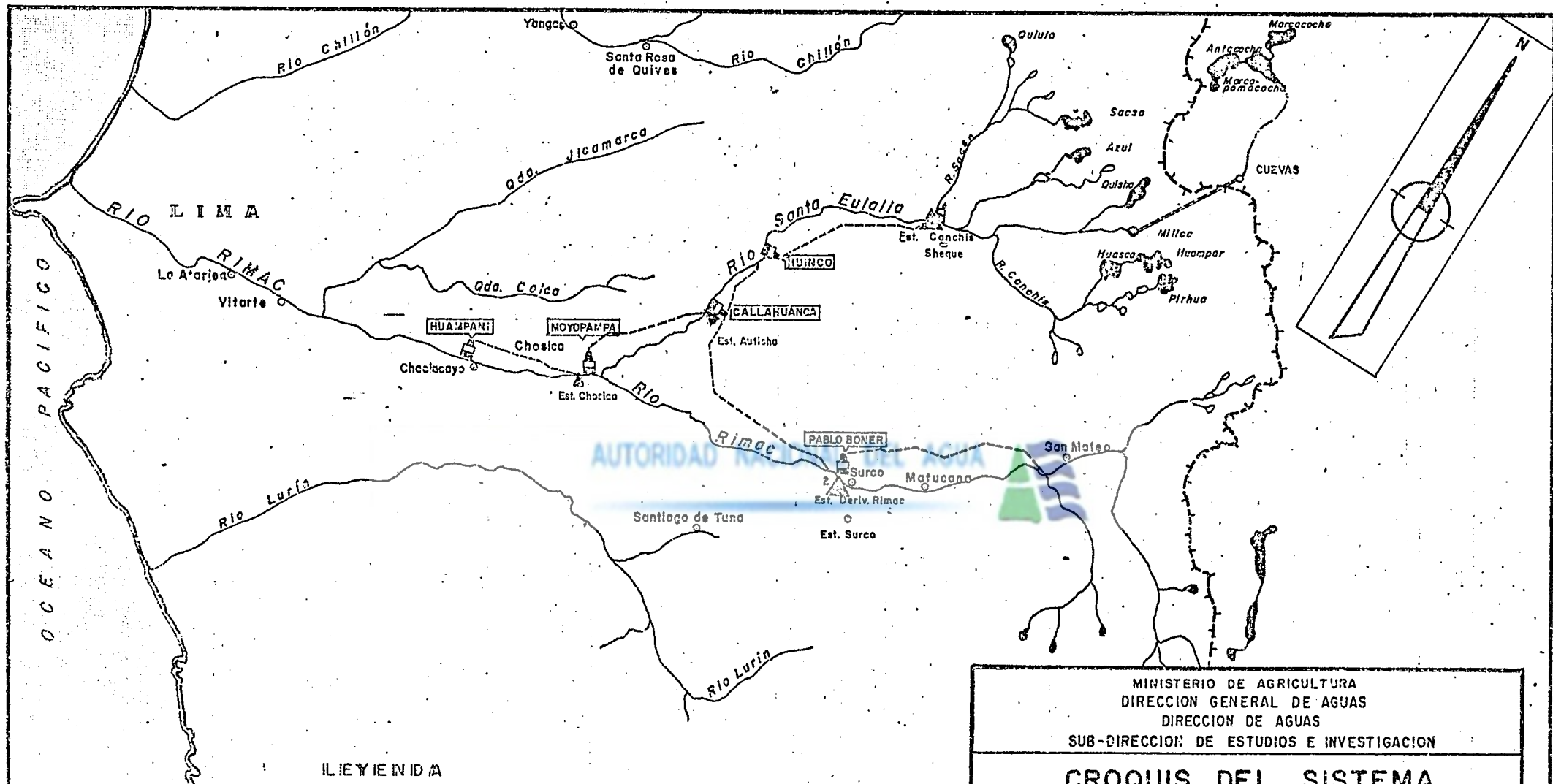
La información existente sobre las aguas servidas es incompleta, pero se reconoce su importancia, pues si se podría utilizar en el riego dejaría una mayor cantidad de agua del río para el abastecimiento urbano. En los últimos años se han llevado a cabo estudios como el de la Binnie & Partners (1971) y el de la Universidad Nacional de Ingeniería - Instituto Nacional de Planificación - Banco Interamericano de Desarrollo (1974) que analizan los posibles esquemas de utilización de estas aguas.

La continuación de estos estudios los debe realizar la Dirección Ejecutiva de la Línea Global de Pequeñas y Medianas Irrigaciones.

ANALISIS DE LA INFORMACION

En la Figura 1 se muestra el croquis de ubicación de las lagunas, centrales hidroeléctricas y estaciones de aforo que conforman el sistema de la cuenca del río Rímac.

La cuenca del río Rímac tiene un área aproximada de 3,600 Km² y en el va-



LEYENDA

Estación de Aforos	
Central Hidroeléctrica	
Lagunas reguladas	
Galería de conducción (E.E.E.S.A.A.)	
Línea divisoria de aguas	

MINISTERIO DE AGRICULTURA
 DIRECCION GENERAL DE AGUAS
 DIRECCION DE AGUAS
 SUB-DIRECCION DE ESTUDIOS E INVESTIGACION

**CROQUIS DEL SISTEMA
 HIDROLOGICO SUPERFICIAL**

ESCALA GRAFICA
 10 8 6 4 2 0 10 20 Km.

FUENTE: BINNIE and PARTNERS-Ingenieros Consultores
 Londres, Inglaterra.

I.L.I./15-6-R-125

Fig. 1




Se estima que existen 13,500 Hás. bajo riego que se sirven de 22 canales de derivación; con una capacidad máxima de captación para todo el valle de 25 metros cúbicos por segundo.

Cabe anotar que por la toma La Atarjea se captan $15 \text{ m}^3/\text{s}$, de los cuales una parte es devuelta al río para su aprovechamiento en la agricultura. Por problemas de limpieza y conservación se estima en promedio que los cauces para riego captan el 70% de su capacidad máxima. Es decir, que la máxima capacidad de captación del valle del río Rímac es de $17.50 \text{ m}^3/\text{s}$ más lo que se capte en La Atarjea para consumo urbano.

La red de los canales de derivación en el valle se ha esquematizado en la Figura 2.

El agua que se utiliza para abastecer la demanda proviene principalmente de 5 fuentes:

- Del escurrimiento natural en la cuenca de recepción del río Rímac, y en menor escala de los deshielos.
- De las lagunas ubicadas en esta cuenca. AGUA 
- De la derivación de las aguas del río Mantaro.
- De la derivación de las aguas de las lagunas ubicadas en la parte alta de la cuenca del río Mantaro.
- Del subsuelo o agua subterránea.

Por la falta de mayores datos las aguas servidas y de retorno no han sido consideradas en este estudio.

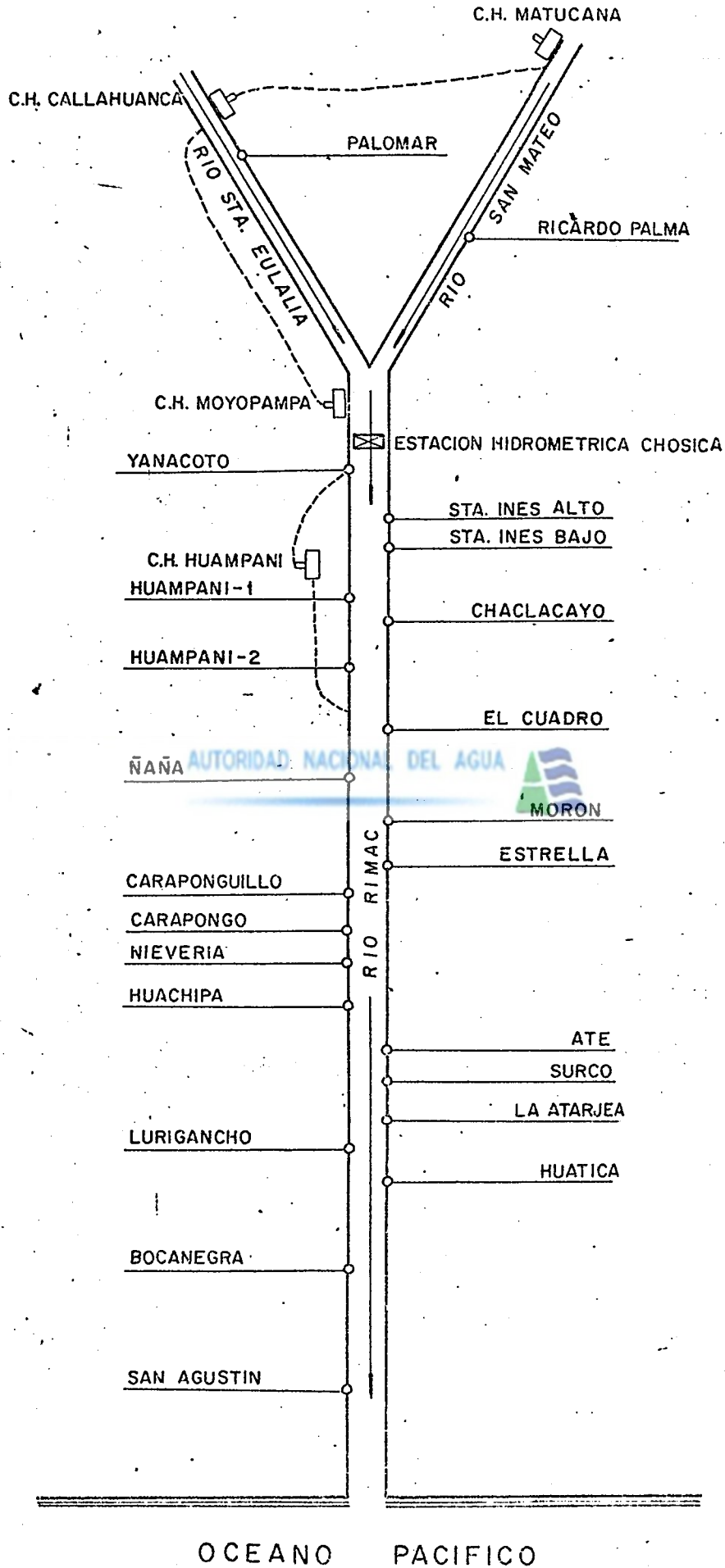
El sistema de medición ha sido re-implementado recientemente, ubicándose - las estaciones hidrométricas, de tal manera, que proporcione una información real y necesaria del escurrimiento superficial dentro del sistema de cuencas que conforman el área en estudio.

La red de estaciones hidrométricas se muestra en la Fig. A-1 y la relación aparece en el Cuadro A-1, ambas en el anexo.

Sobre el río Rímac existen 21 estaciones, de las cuales, 12 son limnigráficas y controladas en su mayor parte por las Empresas Eléctricas Asociadas (EE.EE. AA).

En el Cuadro A-2 del anexo, se presenta la relación de las lagunas en el sis-

CANALES DE DERIVACION DEL RIO RIMAC



OCEANO PACIFICO



tema Chillón-Rímac-Lurín y de la parte alta de la cuenca del río Mantaro y su capacidad de almacenamiento en metros cúbicos.

Desde julio de 1963 las Empresas Eléctricas Asociadas (EE.EE.AA) operan la derivación parcialmente regulada del río Mantaro a la cuenca del río Rímac a través del túnel trasandino Cuevas-Millocc. Los caudales derivados se presentan en el Cuadro A-3 del anexo.

De los datos disponibles de extracción de aguas subterráneas en la Gran Lima se tiene que en 1970 se extrajeron en total $5.5 \text{ m}^3/\text{s}$ y que en 1973 la extracción aumentó a $7.6 \text{ m}^3/\text{s}$, de los cuales, $0.9 \text{ m}^3/\text{s}$ y $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ se utilizaron para riego en los valles de los ríos Chillón y Rímac, respectivamente. No se disponen de datos precisos sobre el valle de Lurín. La extracción de agua subterránea está destinada principalmente a satisfacer la demanda de la industria y la población.

HIDROMETRIA DEL RIO RIMAC

Para realizar el análisis estadístico de las descargas superficiales del río Rímac se tiene la siguiente información de la estación Chosica, considerada como la de mejor ubicación para determinar las disponibilidades de agua a nivel de cabecera de valle.

Se consideraba que físicamente la estación se encontraba ubicada en una sección aguas abajo de la confluencia de los ríos San Mateo y Santa Eulalia; pero los aforos y controles se realizaron en diferentes secciones del río. Así se tiene, que el registro histórico de las descargas del río Rímac en esta estación es el resultado de las mediciones efectuadas de la siguiente manera:

- De 1921 a 1943 los aforos se realizaron en Chosica pero con la sección de control en Chacrasana (aguas abajo).
- De 1943 a 1954 los aforos se hicieron en Chosica y la sección de control estaba en el Puente Los Angeles (aguas abajo).
- De 1955 a 1956 los aforos se llevaron a cabo en Chosica pero la sección de control estaba en Yanacota (aguas abajo).
- De 1956 a 1964 la suma de los aforos que se realizaron en Autisha (Santa Eulalia) más los aforos en Surco (San Mateo).
- De 1964 a 1963 la suma de los aforos en Sheque (Santa Eulalia) más los aforos en Surco (San Mateo).

- De 1964 a la fecha los aforos se realizan en Chosica.

En los registros existe un vacío entre el 20 de marzo al 30 de abril de 1925 debido a que una avenida destruyó la mira existente.

La Oficina Nacional de Recursos Naturales (ONERN) realizó el análisis de la consistencia de esta información para la cual utilizó el método de la Doble Masa entre las descargas anuales y la precipitación.

Se encontró que existe una buena relación descarga-precipitación hasta 1955, año en el que se produce un cambio de pendiente, debido que a partir de esa fecha las descargas de la estación Chosica se daban como el resultado de la suma de las descargas en los ríos Santa Eulalia (Austisha) y San Mateo (Surco, también llamada Anyahuari).

La curva de doble masa presenta otro cambio en el año 1965, y la razón fué que la estación Austisha sobre el río Santa Eulalia fue trasladada aguas arriba hacia Sheque; dándose las descargas del Rímac en Chosica como la suma de los aforos en Sheque y en Surco.

Las correcciones anuales del registro histórico se hicieron con la misma curva de doble masa y para la distribución mensual de esta corrección se utilizó unas ecuaciones de regresión lineal. El análisis de regresión y correlación fue comprobado con el registro simultáneo existente (1969) empleándose las descargas medias mensuales; obteniéndose resultados muy similares a las anteriores.

Las descargas medias mensuales corregidas del río Rímac en la estación Chosica se muestran en el Cuadro A-4 del anexo, y en él no se incluyen las descargas derivadas del sistema Marcapomacocha de las cuales disponen datos a partir de 1963. El hidrograma de las descargas medias mensuales se muestra en la Figura A-2 del anexo.

Del Rímac se tienen datos mensuales desde 1911, pero de las descargas diarias desde 1921. A partir de las tres secciones diferentes que ha tenido la estación Chosica (Chacasana, Los Angeles, Yanacoto), también existió entre 1960 y 1967 una sección de control en el Puente Ñaña que fue abandonada al comprobarse que no daba buenos resultados.

La actual estación Chosica está ubicada aguas abajo del desagua de la central hidroeléctrica de Moyopampa y aguas arriba de la toma para la hidroeléctrica de Huampaní (Toma Yanacoto) entre las coordenadas $11^{\circ}56'$ de Latitud Sur y $76^{\circ}41'$ de Longitud Oeste. La sección es estable, con muros de concreto en los taludes y con una mira de tres metros sobre la margen derecha. Para realizar los aforos se utiliza un huaro. A partir de 1963 entró en funcionamiento un limnógrafo marca Stevens, tipo A-35.

REGIMEN DEL RIO RIMAC

El análisis de la información hidrométrica muestra que el río Rímac tiene un régimen irregular con grandes diferencias entre los valores extremos. Las descargas del Rímac provienen de la precipitación y deshielos; durante el período de avenidas están disminuidas por el almacenamiento que se realiza en las lagunas existentes en su cuenca de recepción y durante el período de estiaje las descargas naturales están aumentadas debido a las liberaciones de agua de esas lagunas.

El registro histórico de las descargas no ha sido corregido por el efecto regular de las lagunas. En total existen 15, con una capacidad máxima de 33.8 millones de metros cúbicos, y tres reservorios de 935,000 m³.

Para los fines de los análisis estadísticos se ha supuesto que estas lagunas ejercen un efecto constante sobre las descargas, en los dos períodos anuales más marcados del río.

ANALISIS DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL EN EL RIO - RIMAC

La serie hidrológica que representa las descargas del Rímac en Chosica fue estudiada en cuanto a su variabilidad y ocurrencia en el tiempo para determinar las disponibilidades de agua de este río.

En las figuras A-3 & A-9 del anexo se muestran las curvas de frecuencia de las descargas para el período 1921-1974. De ellas se tienen en el Cuadro 1, las posibles descargas con 50, 75 y 90% de probabilidad de ocurrencia. (ver Cuadro 1 pág. siguiente).



CUADRO 1

POSIBLES DESCARGAS DEL RIO RIMAC EN CHOSICA (*)

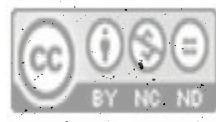
Periodo 1921 - 1974

M E S	% DE OCURRENCIA		
	50	75	90
Enero	30.0	29.0	23.0
Febrero	59.0	45.0	36.0
Marzo	77.0	61.0	51.0
Abril	40.0	30.0	26.0
Mayo	20.0	17.2	15.0
Junio	14.2	10.0	9.2
Julio	11.2	9.7	8.3
Agosto	11.2	10.0	8.3
Septiembre	12.4	11.5	10.6
Octubre	13.2	12.0	11.0
Noviembre	15.0	13.0	11.3
Diciembre	21.0	16.3	13.2

(*) Se ha considerado un efecto constante por la regulación de las lagunas.

DERIVACION DE LAS AGUAS DEL RIO MANTARO AL RIMAC

Desde 1963 la cuenca del río Rimac recibe las aguas transvasadas de la cuenca alta del río Mantaro, para abastecer las demandas y generar energía eléctrica. Esta derivación se hace almacenando las aguas en la laguna de Marca pomacocha y sacándola de acuerdo a las necesidades por un túnel de 12 Km. de longitud y 12 m³/s de capacidad. En Cuevas se une a ésta el canal colector de Antajasha de 5 Km. y las aguas combinadas cruzan la divisoria de aguas a través del túnel trasandino Cuevas-Millocc de 10 Km. de longitud y 12 m³/s de capacidad máxima de conducción. Después de analizar los regis-



tros proporcionados por las EE.EE.AA. se tiene que el caudal promedio derivado es de $3.6 \text{ m}^3/\text{s}$ y el máximo de $7.4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Después de los estudios realizados por la Cía. Consultora Binnie & Partners se estima que los caudales promedios derivados a través del túnel trasandino son:

<u>MES</u>	<u>m^3/s</u>
Enero	2.50
Febrero	2.00
Marzo	2.30
Abril	3.60
Mayo	3.60
Junio	4.40
Julio	4.80
Agosto	4.90
Septiembre <small>NACIONAL DEL AGUA</small>	4.40
Octubre	4.90
Noviembre	4.70
Diciembre	3.90

En la sección del río Mantaro señalada para las obras de captación existen suficientes volúmenes de agua para realizar los trasvases requeridos. La media de las descargas en esa sección es aproximadamente $43 \text{ m}^3/\text{s}$.

LAGUNAS EN LA CUENCA DEL RIO RIMAC

El régimen natural del río Rímac se va alterado por los efectos de la regulación y derivación de las aguas en las lagunas de la cuenca alta del río Rímac. Como se había mencionado existen 15 lagunas con una capacidad máxima de almacenamiento de 33.8 millones de m^3 (Cuadro A-2 del anexo).

Las aguas almacenadas son utilizadas de acuerdo a un plan establecido por la Administración Técnica de Aguas del Río Rímac y las EE.EE.AA. que durante la época de estiaje buscan mantener un caudal constante de aproximadamente $12 \text{ m}^3/\text{s}$ sobre el río Santa Eulalia, afluente del Rímac.

La información existente sobre estas lagunas son solamente los volúmenes almacenados anualmente a partir de 1956 y los mensuales a partir de marzo de 1962. De acuerdo a estos registros se estima que de diciembre a mayo se almacena parte de la escorrentía y que los promedios son :

<u>M E S</u>	<u>m³/s.</u>
Diciembre	1.20
Enero	3.80
Febrero	3.40
Marzo	3.70
Abril	1.40
Mayo	0.10

A partir de junio y hasta noviembre inclusive, de estas lagunas se entrega en promedio las siguientes descargas :

<u>M E S</u>	<u>m³/s.</u>
<small>AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA</small> Junio	0.90
Julio	2.90
Agosto	2.40
Setiembre	4.00
Octubre	2.30
Noviembre	0.90

Estas descargas pueden considerarse como constantes para todo el registro histórico existente del río Rímac, pues se sabe que en 1875 el volumen neto almacenado fué de 54 millones de m³, que en 1940 fué de 75 millones de m³ y de los registros de los volúmenes de agua almacenados del período 1956-72 se tiene que el promedio almacenado fue de 46.0 millones de m³, que corresponden de al 56% de la máxima capacidad.

El máximo volumen almacenado fue de 75.2 millones de m³ y el mínimo de 39 millones de m³.

Estos datos permiten suponer que en promedio los almacenamientos y/o regulaciones podrán contar con el volumen de agua necesario para mantener prácticamente constantes esos valores asumidos de almacenamiento y entrega de agua.

DEMANDAS DE AGUA

- Para Uso Agrícola :

La información disponible sobre esta demanda ha sido obtenida en base a la actual distribución de cultivos y a sus requerimientos individuales en el valle del río Rímac. Se estima que el área física cultivada es de 11,200 Hás., pero debido a las rotaciones se llega a 13,500 Hás.

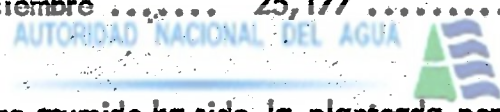
De acuerdo a los cálculos efectuados por la ONERN, en su informe, se tiene :

DEMANDAS DE AGUA EN EL VALLE DEL RIMAC
PARA USO AGRICOLA

<u>M. E S.</u>	<u>En Miles de m³</u>	<u>En m³/s.</u>
Enero	31,046	11.09
Febrero	25,522	10.55
Marzo	13,333	4.98
Abril	12,934	4.99
Mayo	8,329	3.11
Junio	4,537	1.77
Julio	3,910	1.46
Agosto	2,865	1.07
Septiembre	3,240	1.25
Octubre	5,196	1.94
Noviembre	9,175	3.54
Diciembre	16,016	5.90

Por otra parte, la firma consultora Binnie & Partners en su informe sostiene que deben considerarse 16,000 Hás y que los demandantes agrícolas de agua del río Rímac son :

<u>MES</u>	<u>En Miles de m³</u>	<u>En m³/s</u>
Enero	38,033	14.2
Febrero.....	30,965	12.8
Marzo.....	32,408	12.1
Abril.....	34,992	13.5
Mayo	27,319	10.2
Junio	17,366	6.7
Julio.....	12,320	4.6
Agosto.....	16,606	6.2
Setiembre.....	24,364	9.4
Octubre	27,319	10.2
Noviembre.....	24,364	9.4
Diciembre	25,177	9.4



La eficiencia de riego asumido ha sido la planteada por la Binnie & Partners que señala : 25% para la estación de avenidas y 50% durante la estación de estiaje.

- Para Usó Urbano :

La mayor parte del agua proporcionada por la Empresa de Saneamiento de Lima (ESAL) proviene de la captación del río Rímac en La Atarjea y de Las galerías filtrantes subterráneas.

En base a los censos de 1961 y 1972 la población servida por la ESAL, excluyendo al Callao, ha sido estimada por los funcionarios de la Binnie & Partners y de la ESAL en un trabajo conjunto, con los datos de la población servida en 1973.

Después de estas estimaciones se tiene que en promedio se utilizan 8.4 m cúbicos por segundo de agua proveniente exclusivamente del río Rímac, y que la demanda per cápita es de 428 litros/persona/día con un porcentaje de pérdidas del 50%.

DEMANDA ABASTECIDA CON AGUA SUBTERRANEA

La extracción de agua subterránea se ha venido incrementando a ritmo acelerado en los últimos años. Esto se debe a que las mayores demandas de agua de la población urbana total se están cubriendo con una mayor extracción.- Así se tiene, que en 1970 la extracción fue de 5.5 m³/s y en 1973 fue de 7.6 m³/s.

En 1973 el promedio de la demanda urbana total de agua fue de 15.7 m³/s, de las cuales 8.4 m³/s provenían de la derivación directa del río Rímac a La Atarjea y 7.3 m³/s de la extracción de agua subterránea. Además de estos caudales se extraían 0.3 m³/s de agua subterránea que se utilizaban como complemento de riego de algunas hectáreas.

BALANCE HIDROLOGICO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

El balance ha sido realizado a nivel mensual con la información disponible. Se tomaron las descargas que tienen un 75% de probabilidad de ocurrencia; es decir, aquella que puede ocurrir en 3 de cada 4 años. Estas descargas incluyen las aguas reguladas de las lagunas, ya que se ha asumido un efecto constante en la regulación de ellas.

Se ha considerado los valores promedios de los descargas derivadas del sistema Marcapomacocha y se realizan dos casos, uno de los excedentes o déficits sin tener en cuenta la derivación y otro considerando, las aguas derivadas.

En el Cuadro 2 los cálculos se han hecho tomando como base los estimados de la demanda agrícola, hechos por la ONERN, en el Cuadro 3 se considera la demanda agrícola asumida por la firma consultora Binnie & Partners, y en el Cuadro 4 los cálculos más recientes efectuados por la Dirección General de Irrigaciones (DGI).

El balance realizado en la línea (1) del Cuadro 2 establece un sobrante o excedentes de agua en 11 de los 12 meses del año. Como se esperaba, teniendo en cuenta el régimen natural del río, estos excedentes se concentran de enero a abril y exceptuando mayo; durante el resto del año los excedentes no son muy significativos y el déficit que se presenta en el mes de julio es mínimo.

Después de estos resultados no se puede hacer cifras sobre excedentes anuales porque no serían nada representativos, dado que la variación de las descargas en el tiempo son muy irregulares. Del total anual que se pierde en el mar el 20% ocurre durante el período febrero-abril.



CUADRO 2

BALANCE HIDROLOGICO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES EN EL VALLE DEL RIO RIMAC (A)

EN M³/s.

DESCRIPCION	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
RIO RIMAC (75%)	29.00	45.00	61.00	30.80	17.20	10.80	9.70	10.00	11.50	12.00	13.00	16.30
DERVIACION	2.50	2.00	2.30	3.60	3.60	4.40	4.80	4.90	4.40	4.90	4.70	3.90
TOTAL	31.50	47.00	63.30	34.40	20.80	15.20	15.50	14.90	15.90	16.90	17.70	20.20
DEMANDA AGRICOLA*	11.89	10.55	4.98	4.99	3.11	1.77	1.46	1.07	1.25	1.94	3.54	5.98
DEMANDA URBANA	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40
TOTAL	20.29	18.95	13.38	13.39	11.51	10.17	9.86	9.47	9.65	10.34	11.94	14.38
EXCEDENTES (1)	8.71	26.05	47.62	17.41	5.69	0.63	-0.16	0.53	1.85	1.66	1.06	1.92
(2)	11.21	28.05	49.92	21.01	9.29	5.03	4.64	5.43	6.25	6.56	5.76	5.82

* Fuente : ONERN

(1) Sin derivación del río Mantaro

(2) Con derivación del río Mantaro

CUADRO 3.

BALANCE HIDROLOGICO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES EN EL VALLE DEL RIO RIMAC (B)

EN m³/s.

DESCRIPCION	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
RIO RIMAC (75%)	29.00	45.00	61.00	30.80	17.20	10.80	2.70	10.00	11.50	12.00	13.00	16.30
DERIVACION	2.50	2.00	2.30	3.60	3.60	4.40	4.80	4.90	4.40	4.90	4.70	3.90
TOTAL	31.50	47.00	63.30	34.40	20.80	15.20	15.50	14.90	15.90	16.90	17.70	20.20
DEMANDA AGRICOLA*	14.20	12.80	12.10	13.50	10.20	6.70	4.60	6.20	9.40	10.20	9.40	9.40
DEMANDA URBANA	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40
TOTAL	22.60	21.20	20.50	21.90	18.60	15.10	13.00	14.60	17.80	18.60	17.80	17.80
EXCEDENTES (1)	6.40	23.80	40.50	8.90	-1.40	-4.90	-3.30	-4.60	-6.30	-6.60	-4.80	-1.50
EXCEDENTES (2)	8.90	25.80	22.80	12.50	2.20	0.10	2.50	0.30	-1.90	-1.70	-0.10	2.40

* Fuente: Binnie & Partners

(1) Sin derivación del río Mantaro

(2) Con derivación del río Mantaro

CUADRO 4

BALANCE HIDROLOGICO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES EN EL VALLE DEL RIO RIMAC (C). EN m³/s

DESCRIPCION	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
RIO RIMAC (75%)	29.00	45.00	61.00	30.80	17.20	10.80	9.70	10.00	11.50	12.00	13.00	16.30
DERIVACION	2.50	2.00	2.30	3.60	3.60	4.40	4.80	4.90	4.40	4.90	4.70	3.90
TOTAL	31.50	47.00	63.30	34.40	20.80	15.20	15.50	14.90	15.90	16.90	17.70	20.20
DEMANDA AGRICOLA*	13.50	14.30	13.60	7.80	9.80	8.00	7.20	5.70	4.50	6.20	6.90	8.70
DEMANDA URBANA	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40
TOTAL	21.90	22.70	22.00	16.20	18.20	16.40	15.60	14.10	12.90	14.60	15.30	17.10
EXCEDENTES (1)	7.10	22.30	39.00	14.60	-1.00	-5.60	-5.90	-4.10	-1.40	-2.60	-2.30	-0.80
EXCEDENTES (2)	9.60	24.30	41.30	18.20	2.60	-1.20	-0.10	0.80	3.00	2.30	2.40	3.10

* Fuente : Dirección General de Irrigaciones (1974)

- (1) Sin derivación del río Mantaro
- (2) Con derivación del río Mantaro.

En la línea (2) los cálculos se han realizado tomando en cuenta los promedios de las aguas derivadas del sistema Marcapomacocha; con ellos no se encontró déficit y el mínimo excedente se produce en julio. Considerando este excedente más la demanda total de agua superficial, y suponiendo que la extracción de agua subterránea se mantenga constante se tendría un caudal disponible en julio de $22.10 \text{ m}^3/\text{s}$, para satisfacer la demanda y de acuerdo a las proyecciones establecidas (Fig. 3) alcanzaría hasta el año 1983.

En el Cuadro 3 se tienen las mismas condiciones, salvo que las demandas agrícolas son las estimadas por la Binnie & Partners. Con estos valores, y sin contar con la derivación del sistema Marcapomacocha se encuentran déficits a partir de mayo hasta diciembre. En promedio, los mayores déficits se producen en setiembre y octubre.

Considerando el sistema de derivación existente y los mismos promedios derivados se tiene que existen tres meses con déficit de agua y que principalmente esto ocurre en setiembre y octubre. El régimen estacional del río hace que los excedentes significativos se concentren solamente enero a mayo.

Una tercera consideración, y la más reciente, aparece en el Cuadro 4, donde se han empleado las demandas de agua para uso agrícola que ha calculado la DGI, valiéndose de las informaciones más recientes y considerando la rotación de los cultivos más importantes.

En este cuadro se tiene que existe déficit de agua en 8 de los 12 meses del año, si no se considera el esquema de derivación del río Mantaro al Rímac. - El mayor déficit ocurre en julio y el período más crítico es de junio a agosto.

Considerando la derivación del río Mantaro al Rímac se tiene que el déficit ocurre en junio y julio, siendo el excedente de agosto poco significativo.

En todo los casos, analizadas se puede notar que los déficits estacionales de agua superficial se pueden controlar con una mejor programación de la cédula de cultivo y/o una ligera aumentación de la extracción de agua subterránea o un mayor transvase del río Mantaro.

DEMANDA FUTURA DE AGUA

La demanda de agua aumentará debido principalmente al crecimiento de la población y a las mayores necesidades de energía eléctrica. Por otra parte, cabe señalar que la política del gobierno es mantener las actuales áreas cultivadas e incrementarias, ya sea por la incorporación de nuevas áreas o por una mayor rotación de cultivos.

PROYECCION DE LA DEMANDA URBANA

El análisis de la futura demanda urbana ha sido realizada por la firma consultora Binnie & Partners y sintetizado en las curvas de la Fig. 3.


Para realizar este análisis se han considerado otros estudios como la proyección demográfica, el incremento del consumo doméstico por persona y por día, las pérdidas en la red de suministro de la ESAL (actualmente 50%) y la demanda industrial.

Con los resultados del censo poblacional de 1972 se hicieron las modificaciones pertinentes a las proyecciones que tomaron como base el Censo de 1961; el resultado de estos análisis se muestra en el siguiente cuadro:

CUADRO 5

POBLACION REAL Y PROYECCION DE PLANIFICACION PARA LA GRAN LIMA (*)

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
1961 - 2000



<u>AÑOS</u>	<u>MILLONES</u>
1961	1.902
1972	3.303
1975	3.78
1980	4.70
1985	5.70
1990	7.02
1995	8.35
2000	9.77

(*) Fuente: Binnie & Partners.

Actualmente el suministro de agua potable de la ESAL no cubre a toda la población, existiendo sectores donde el abastecimiento se produce por pozos y camiones cisternas.

Para todos los pobladores conectados a la red de tubería de la ESAL se cubre la demanda y los controles realizados por esta empresa; muestran que en 1973 se proporcionó 442 litros/persona/día y que en 1974 fue 439 litros/persona/día. La reducción de este suministro per cápita se puede explicar por la campaña llevada a cabo por la empresa para evitar las fugas y pérdidas de agua que en 1973 eran del orden del 55%.

Los planos para ampliar el servicio a las áreas no conectadas a la red cubre algunos años adelante, pero es poco probable que se logre una cobertura plena en un plazo mediano.

Las suposiciones que se toman con respecto a la población que deberá contar con un suministro de agua potable adecuado se muestra en el Cuadro 6. Para la población que no cuenta o no podrá contar con este servicio se le ha considerado 100 litros/persona/día.

CUADRO 6

POBLACION DE LA GRAN LIMA CON SUMINISTRO DE AGUA POTABLE - PROYECCION DE PLANIFICACION

AÑO	Población Total Millones	Población Conectada a la Red de ESAL	
		%	Millones
1975	3.78	75.0	2.84
1980	4.70	79.5	3.74
1985	5.78	84.0	4.86
1990	7.02	88.0	6.18
1995	8.36	92.0	7.69
2000	9.77	95.0	9.28

Para la población que estará conectada a la red de suministro de la ESAL, se ha considerado un incremento de 2 litros/persona/día a partir de su valor actual.

tual de 214 litros/persona/día y que las pérdidas se redujeran del 50% de la demanda al 30% en 1985. Para la industria se ha considerado una dotación constante de 50 litros/persona/día, incluyendo las pérdidas.

De las curvas de la proyección de la demanda urbana total en la Gran Lima que se muestra en la Fig. 3 se han extraído los valores del Cuadro 7. En ellos se incluye la demanda de agua subterránea que se utiliza, prácticamente en su totalidad, para abastecer al sector urbano-industrial.

CUADRO 7

PROYECCION DE LA DEMANDA URBANA DE LA GRAN LIMA (*)

AÑO	m ³ /s
1980	18.7
1985	23.0
1990	29.9
1995	38.0
2000	47.0

(*) Fuente : Binnie & Partners.

Se ha considerado una sola demanda promedio anual, porque la variación de la demanda de agua de un mes con respecto a este promedio varía en un más 5% ó menos 5%.

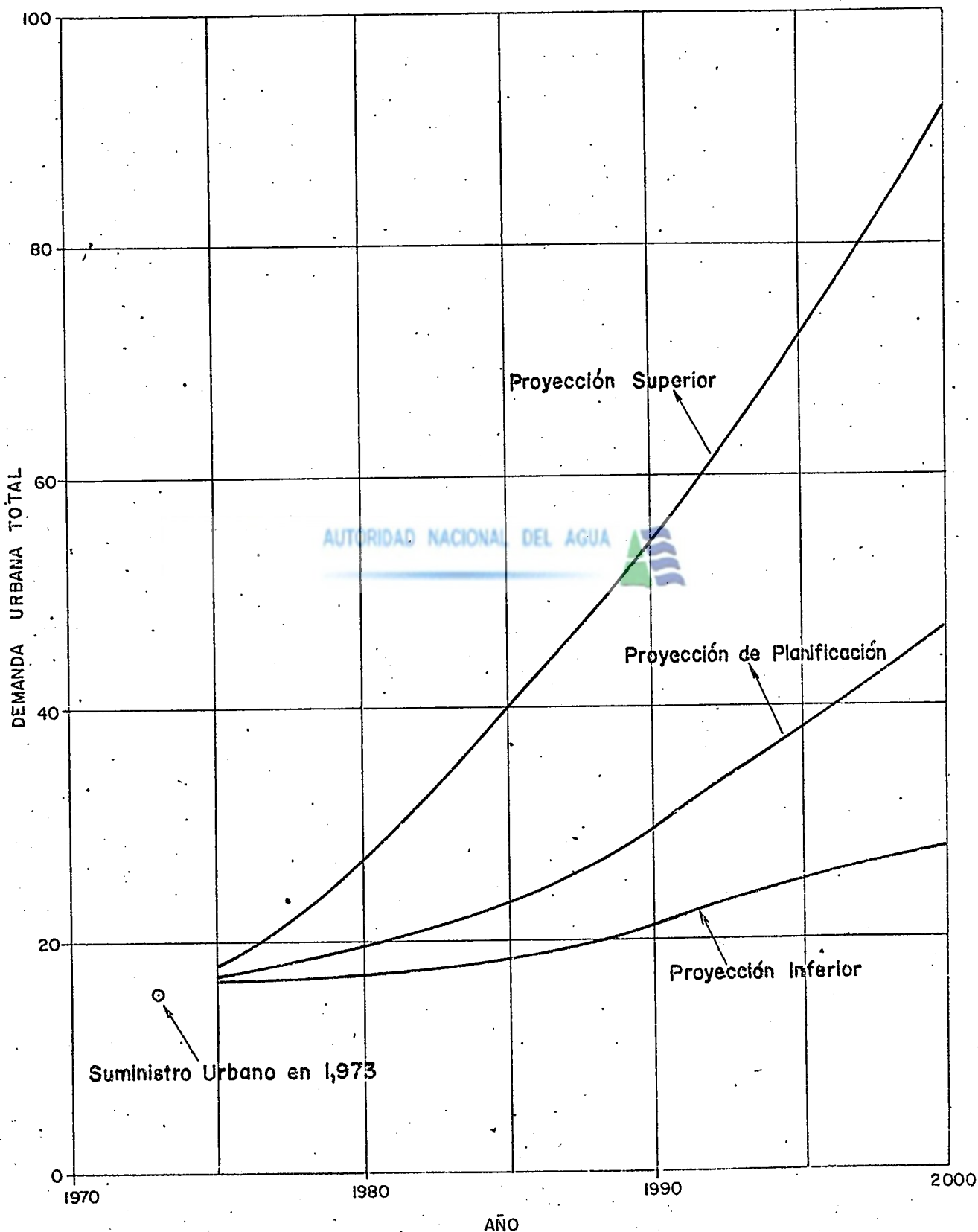
DEMANDA AGRICOLA FUTURA

Como se había mencionado, la determinación de la demanda agrícola ha sido efectuada por diferentes instituciones, dándose muchas discrepancias, sobre todo en el período de estiaje del río.

Las estimaciones de la demanda agrícola futura puede hacerse de varias formas, de acuerdo a los datos disponibles. Se ha considerado dos situaciones posibles :

PROYECCION DE LA DEMANDA URBANA TOTAL EN LA GRAN LIMA

m³/seg



- Una, que resulta de tomar como base las anteriores cédulas de cultivo, las áreas sembradas y de asumir que los cambios en los requerimientos de riego se mantengan constantes.
- La otra situación es aquella que además de considerar la disposición del Gobierno de detener la disminución de las áreas verdes de la Gran Lima y en ausencia de planes o proyectos inmediatos de ampliación de tierras agrícolas que sean significativos asume que en el futuro se mantendrán las mismas áreas de cultivo y las mismas demandas de agua.

En la primer situación se supone que las áreas cultivadas en 1980 serán las mismas que en 1973, pero que la demanda agrícola de agua superficial podrá permanecer constante sólo después de 1980. Hasta ese año la demanda aumentará en promedio anual a 11.3 m³/s de su valor en 1973 de 9.90. Es decir, que su aumento no será muy significativo. Estos estimados incluyen un mínimo de extracción en agua subterránea; pero se supone que cualquier incremento en la demanda podría ser cubierto con una mayor extracción de agua del subsuelo, y/a una mayor derivación de las aguas del río Mantaro.

Las demandas agrícolas mensuales de 1973 y las estimadas para 1980 en m³/s son las siguientes :

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA 

DEMANDA AGRICOLA EN m³/s. (*)

<u>M E S</u>	<u>1973</u>	<u>1980</u>
Enero	14.2	16.4
Febrero	12.3	15.2
Marzo	12.1	14.3
Abril.....	13.5	14.3
Mayo	10.2	11.4
Junio	6.7	7.7
Julio	4.6	5.5
Agosto	6.2	7.0
Setiembre	9.4	10.5
Octubre	10.2	11.4

// ..-

<u>M E S</u>	<u>1973</u>	<u>1980</u>
Noviembre	9.4	10.6
Diciembre	9.4	10.7
PROMEDIO :	9.9	11.3

(*) Fuente : Binnie & Partners.

En resumen, las futuras demandas de agua en cada mes del año, incluyendo las de agua subterránea, estarán dadas por la suma de las proyecciones agrícolas y urbanas que se muestran en el Cuadro 8.

CUADRO 8

POSIBLE DEMANDA FUTURA TOTAL DE AGUA (*)

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
 EN m³/s - AÑO 1980



M E S	Agrícola	Urbana	TOTAL
Enero	16.4	18.7	35.1
Febrero	15.2	18.7	33.9
Marzo	14.3	18.7	33.0
Abril	14.8	18.7	33.5
Mayo	11.4	18.7	30.1
Junio	7.7	18.7	26.4
Julio	5.5	18.7	24.2
Agosto	7.0	18.7	25.7
Setiembre	10.5	18.7	29.2
Octubre	11.4	18.7	30.1
Noviembre	10.6	18.7	29.3
Diciembre	10.7	18.7	29.4

(*) Fuente : Binnie & Partners

Es indudable que mientras duren los trabajos de ampliación del túnel de derivación de las aguas del río Mantaro, cualquier exceso en la demanda podría ser cubierta con una mayor extracción de agua subterránea. Se supone que esta mayor explotación deberá detenerse en 1980 y volver a su nivel en 1973, es decir de $7.6 \text{ m}^3/\text{s}$. Por lo tanto, la demanda de agua superficial para 1980 podría calcularse suponiendo una extracción constante de agua subterránea de $7.6 \text{ m}^3/\text{s}$, tal como se muestra en el cuadro siguiente :

CUADRO 9

POSIBLE DEMANDA DE AGUA SUPERFICIAL EN m^3/s . PARA 1980

M E S	Demanda	M E S	Demanda
Enero	27.5	Julio	16.6
Febrero	26.3	Agosto	12.1
Marzo	25.4	Setiembre	21.6
Abril	25.0	Octubre	22.5
Mayo	22.5	Noviembre	21.7
Junio	18.3	Diciembre	21.3

Comparando estas demandas con el actual registro histórico de los descargas del río Rímac se tiene que podrían existir déficits en los meses de :

Mayo	5.30 m^3/s
Junio	3.00 "
Julio	6.93 "
Agosto	3.10 "
Setiembre	10.10 "
Octubre	10.50 "
Noviembre	3.70 "
Diciembre	5.50 m^3/s .

A estos déficits habría que restarles las descargas que podría aportar el sistema de regulación de Marcapomacocha, cuyas máximas entregas para esos meses han sido :

Mayo	4.7	m ³ /s
Junio	5.6	"
Julio	6.0	"
Agosto	5.6	"
Setiembre.....	4.8	"
Octubre	6.7	"
Noviembre.....	5.4	"
Diciembre	5.2	"

De acuerdo a las condiciones actuales, estas descargas podrían ser derivadas en 1930, quedando un déficit de :

Mayo	0.60	m ³ /s
Junio	2.40	"
Julio	3.90	"
Agosto	2.50	"
Setiembre	5.30	"
Octubre	3.50	"
Noviembre.....	3.30	"
Diciembre	0.30	m ³ /s.

Estos déficits pueden ser cubiertos en ese año con sobre-explotación del acuífero hasta que entre en funcionamiento la ampliación de la derivación del río Mantaro. En todo caso, la sobre-explotación no deberá continuarse después de ese año, pues si bien es cierto que se estima que la actual extracción de agua subterránea es compensada con la recarga, no se debe prolongar una sobre-explotación por mucho tiempo.

En la segunda situación se considera que la demanda de agua para uso agrícola la sea prácticamente la misma de 1974.

Para los cálculos del Cuadro 10 se ha tomado la demanda agrícola estimada por la Dirección General de Irrigaciones por ser la más actualizada y la que considera la rotación de los cultivos más importantes en el valle. También se ha asumido que la extracción de aguas subterráneas se mantendrá constante; es decir, en 7.60 m³/s.



CUADRO 10

BALANCE HIDROLOGICO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES EN EL VALLE DEL RIO RIMAC PARA 1980

EN m³/s.

DESCRIPCION	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
RIO RIMAC	29.00	45.00	61.00	30.80	17.20	10.80	9.70	10.00	11.50	12.00	13.00	16.30
DERIVACION ACTUAL	2.50	2.00	2.30	3.60	3.60	4.40	4.80	4.90	4.40	4.90	4.70	3.90
TOTAL	31.50	47.00	63.30	34.40	20.80	15.20	15.50	14.90	15.90	16.90	17.70	20.20
DEMANDA AGRICOLA*	13.50	14.30	13.60	7.80	9.80	8.00	7.20	5.70	4.50	6.20	6.90	8.70
DEMANDA URBANA**	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10
TOTAL	24.60	25.40	24.70	18.90	20.90	19.10	18.30	16.80	15.60	17.30	18.00	19.80
EXCEDENTES	6.90	21.60	38.60	15.50	-0.10	-3.90	-2.80	-1.90	-0.30	-0.40	-0.30	0.20

* Fuente : D.G.I..

** Fuente : Binnie Partners.

Las perspectivas de esa cédula de cultivo son mucho mejores desde el punto de vista de aprovechamiento de agua superficial, pues si bien es cierto, que de mayo a noviembre existen déficits, éste no es muy significativo, salvo de junio a agosto, al cual se podría solucionar con una mayor explotación del acuífero del Rímac.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

- Las descargas del río Rímac han sido corregidas y ajustadas a la estación "Chosica", ubicada a nivel de cabecera de valle.
- El régimen del río Rímac es estacional con gran concentración de agua en el período enero-abril.
- De acuerdo a la información existente sobre las lagunas en la cuenca de recepción del río Rímac, se ha supuesto que estas han tenido un efecto constante en las descargas del río en sus dos períodos anuales más marcados.
- Desde 1963, se realiza la derivación de las aguas de la cuenca alta del río Mantaro al Rímac. Las obras hidráulicas tienen una máxima capacidad de $12 \text{ m}^3/\text{s}$, y la máxima descarga derivada ha sido de $7.40 \text{ m}^3/\text{s}$.
- La demanda urbana total de agua superficial en 1973 fue de $8.40 \text{ m}^3/\text{s}$, y se espera que en 1990 sea de $11.30 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Existe una parte de la población que no está conectada a la red de tubería de la ESAL y que se abastece con agua de pozos o con la proporcionada por camiones cisternas.
- La máxima capacidad de captación de agua del río Rímac para uso urbano es de $15.00 \text{ m}^3/\text{s}$ y se realiza en "La Atarjea".
- El promedio de la demanda de agua para uso agrícola es de $9.89 \text{ m}^3/\text{s}$, según la Binnie & Partners, $4.38 \text{ m}^3/\text{s}$ de acuerdo a la ONERN, y $8.05 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua por segundo según la Dirección General de Irrigaciones.
- Por problemas de limpieza y conservación de los canales de riego en época de avenidas se capta el 70% de su máxima capacidad de conducción.
- De acuerdo a la información existente se tiene que en promedio a la extracción de agua subterránea en 1973 fue de $7.60 \text{ m}^3/\text{s}$, cantidad que se puede considerar constante en las proyecciones de demanda de agua, a partir de 1990.

- Las aguas subterráneas se utilizan principalmente para abastecer al sector urbano-industrial.
- Debido a la ampliación de la derivación de la cuenca alta del río Mantaro al Rímac, que se viene realizando, una posible mayor demanda podría ser cubierta con una mayor extracción de aguas subterráneas y un probable mayor almacenamiento de agua en las lagunas de la cuenca de recepción del río Rímac, pues se estima que están funcionando solamente al 50% de su máxima capacidad de almacenamiento.
- De acuerdo a las proyecciones efectuadas se tiene que en el año 2000 la población de la Gran Lima será de 9.77 millones, y que la demanda de agua será de 47 m³/s.
- Está programado que para 1981 entre en funcionamiento la Central Hidroeléctrica de Sheque, la cual debe contar con un caudal constante de 12 metros cúbicos por segundo sobre el río Santa Eulalia.
- Para abastecer la demanda de agua de Lima se requería de derivaciones solamente en la época de estiaje, pero para el normal funcionamiento de la Central Hidroeléctrica de Sheque se requerirá de derivaciones durante todo el año.
- Al entrar en operación la Central Hidroeléctrica de Sheque se producirán excedentes de agua en la época de estiaje que no durarán mucho tiempo, debido al incremento de la demanda urbana.
- Existe la suficiente capacidad en el río Mantaro para realizar los transvasos requeridos.

RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio más detallado sobre los volúmenes de aguas servidas y aguas de retorno que se pierden.
- Estudiar la posibilidad de reemplazar el agua del río en la irrigación de nuevas áreas, con los mayores afluentes de los desagües que se producirán cuando se incremente y abastezca la demanda urbana.
- Analizar la posibilidad de utilizar los excedentes de agua que se producirán en la época de estiaje debido al proyecto Sheque, en la intensificación del uso de la tierra, sirviéndose de la actual infraestructura de riego.

JE/yaa.



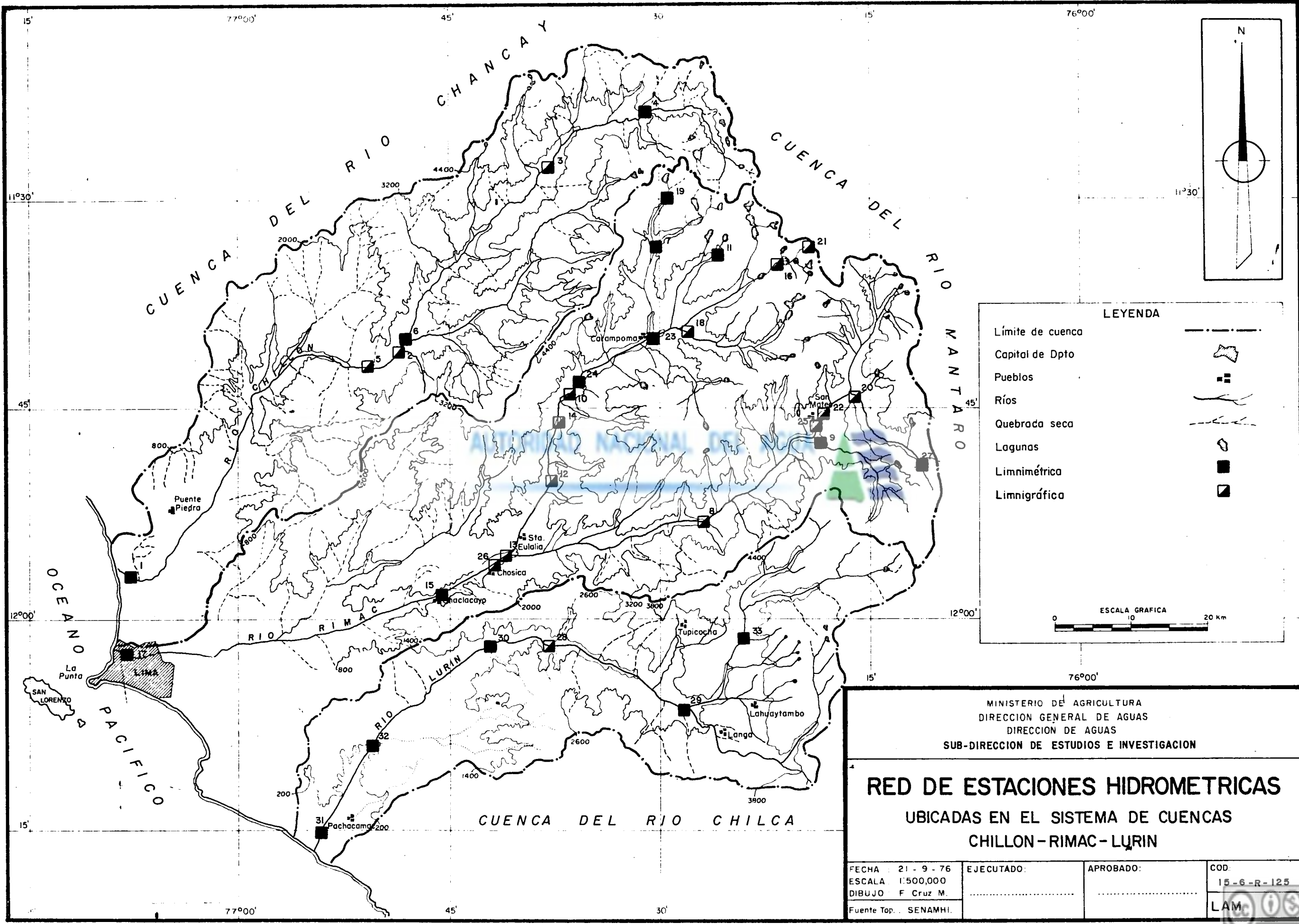


MINISTERIO DE AGRICULTURA

EXCEDENTES DEL RIO RIMAC



Anexos



MINISTERIO DE AGRICULTURA
 DIRECCION GENERAL DE AGUAS
 DIRECCION DE AGUAS
 SUB-DIRECCION DE ESTUDIOS E INVESTIGACION

RED DE ESTACIONES HIDROMETRICAS
 UBICADAS EN EL SISTEMA DE CUENCAS
 CHILLON-RIMAC-LURIN

FECHA: 21 - 9 - 76	EJECUTADO:	APROBADO:	COD:
ESCALA: 1:500,000			15-6-R-125
DIBUJO: F. Cruz M.			LAM
Fuente Top.: SENAMHI.			



