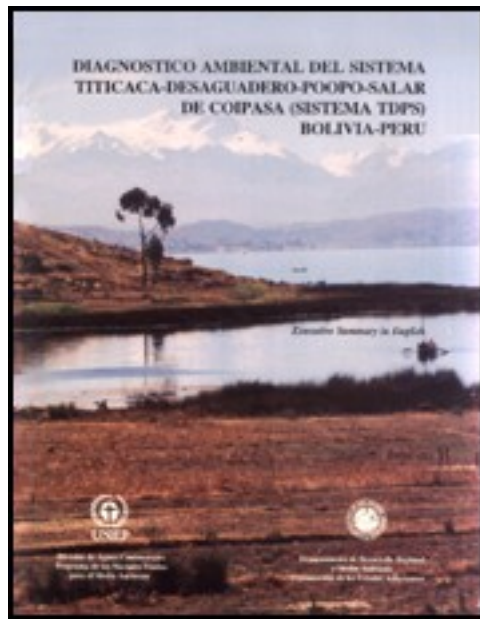


# Diagnostico Ambiental del Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopo-Salar de Coipasa (Sistema TDPS) Bolivia-Perú



[Indice](#)

**Executive Summary in English**

**UNEP - División de Aguas Continentales Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente**

**GOBIERNO DE BOLIVIA**

**GOBIERNO DEL PERU**

*Comité Ad-Hoc de Transición de la Autoridad Autónoma Binacional del Sistema TDPS*

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente

Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos

Washington, D.C., 1996

Paisaje del Lago Titicaca

Fotografía de Newton V. Cordeiro

---

## Indice

[Prefacio](#)

[Resumen ejecutivo](#)

[Antecedentes y alcance](#)

[Area del proyecto](#)

[Aspectos climáticos e hidrológicos](#)

[Uso del agua](#)

[Contaminación del agua](#)

[Desarrollo pesquero](#)

[Relieve y erosión](#)

[Suelos](#)

[Desarrollo agrícola y pecuario](#)

[Ecosistemas](#)

[Desarrollo turístico](#)

[Desarrollo minero e industrial](#)

[Medio socioeconómico](#)

[Marco jurídico y gestión institucional](#)

[Propuesta de gestión ambiental](#)

[Preparación del diagnóstico ambiental](#)

## **Executive summary**

[Background and scope](#)

[Project area](#)

[Climate and hydrological features](#)

[Water use](#)

[Water pollution](#)

[Fishery development](#)

[Relief and erosion](#)

[Soils](#)

[Agricultural development](#)

[Ecosystems](#)

[Tourism development](#)

[Mining and industrial development](#)

[Socioeconomic environment](#)

[Legal framework and institutional management](#)

[Proposed approach to environmental management](#)

[Preparation of the environmental assessment](#)

## **Introducción**

[Antecedentes](#)

[Objetivos](#)

[Metodología](#)

[Características generales del sistema TDPS](#)

## **Capítulo I. Descripción del medio natural**

- [1. Clima](#)
- [2. Geología y geomorfología](#)
- [3. Capacidad de uso de los suelos](#)
- [4. Biogeografía y ecosistemas naturales básicos](#)
- [5. Aguas superficiales](#)

## **Capítulo II. El hombre y el medio**

- [1. Población y asentamientos humanos](#)
- [2. Actividades productivas](#)

## **Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas**

- [1. El suelo como recurso](#)
- [2. Recursos hídricos](#)
- [3. Contaminación atmosférica](#)
- [4. Recursos vegetales](#)
- [5. Los recursos pesqueros](#)
- [6. Los recursos mineros](#)
- [7. Turismo ecológico y sus recursos](#)

## **Capítulo IV. Manejo de la calidad ambiental**

- [1. Instituciones y gestión ambiental](#)
- [2. Marco jurídico para la gestión ambiental](#)
- [3. Educación y medio ambiente](#)
- [4. Evaluación económica del medio ambiente](#)
- [5. Perspectivas de cooperación entre los países en el área fronteriza](#)

## **Capítulo V. Pronostico de la situación ambiental**

- [1. Dificultades de análisis](#)
- [2. Proyecciones de crecimiento poblacional](#)
- [3. El pacto andino y la competitividad de los países](#)
- [4. Comportamiento previsible de la economía rural](#)
- [5. Medio ambiente y áreas urbanas](#)
- [6. Minería y contaminación](#)
- [7. Degradación de los lagos y sus ecosistemas naturales](#)
- [8. Futuro de la salud pública](#)
- [9. Tendencias en la contaminación transfronteriza](#)

## **Capítulo VI. Propuesta para el proyecto de gestión ambiental del sistema TDPS**

- [1. Aspectos generales](#)
- [2. Descripción general de las actividades propuestas](#)

**Anexo: Bibliografía seleccionada**



# Prefacio

La Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos (OEA) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) se sienten honrados en presentar el "Diagnóstico Ambiental del Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa (Sistema TDPS)", preparado con la colaboración del Comité Ad Hoc de Transición de la Autoridad Autónoma Binacional del Sistema TDPS, de los Gobiernos de Bolivia y del Perú.

El documento sirve de base para la formulación del Proyecto de Gestión Ambiental para el Area del Sistema TDPS actualmente en ejecución. Desde el momento en que se decidió iniciar las actividades correspondientes al Proyecto de Gestión Ambiental se observó la necesidad de disponer de un diagnóstico que enfocara sobre todo los aspectos ambientales, en forma desagregada a nivel temático y sintetizada a nivel espacial, tomando en cuenta la magnitud del área del proyecto y su carácter binacional. Particular énfasis mereció el manejo actual y previsto de los recursos naturales tanto renovables como no renovables y los aspectos económicos, sociales, educativos, institucionales y legales que inciden en la conservación y desde luego también en el deterioro de la calidad ambiental del Sistema TDPS. El estudio permitió obtener un detallado inventario de la calidad y cantidad de la información disponible a fin de poder formular una propuesta de las actividades previstas para el Proyecto de Gestión Ambiental.

El Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de la OEA y la División de Aguas Continentales del PNUMA se encuentran muy complacidos en haber colaborado con los Gobiernos de Bolivia y del Perú en la ejecución de este diagnóstico.

Walter Rast

Jefe

División de Aguas Continentales

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Kirk P. Rodgers

Director

Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente

Organización de los Estados Americanos

<b>SIGLAS Y ABREVIATURAS</b>	
ALT	Autoridad Autónoma Binacional del Lago Titicaca
APECO	Asociación Protectora Ecológica (Perú)
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAME	Consejo Andino de Manejo Ecológico (Perú)
CARE	Cooperativa Americana de Remesas al Exterior
CEE	Comisión de las Comunidades Europeas

CEIDAP	Centro de Investigaciones y Desarrollo Agropecuario (Perú)
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Naciones Unidas)
CIPCA	Centro de Investigaciones y Promoción del Campesinado (Bolivia)
CNUMAD	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo
CONAM	Consejo Nacional Ambiental
CORDEPAZ	Corporación de Desarrollo del Departamento de La Paz
DDRMA	Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente (OEA)
ETP	Evapotranspiración Potencial
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FPA	Frente Polar del Atlántico
FPP	Frente Polar del Pacífico
FT	Frente Tropical
GEOBOL	Servicio Geológico de Bolivia
GTZ	Agencia Alemana de Cooperación Técnica
IIDSA	Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Social del Altiplano (Perú)
INADE	Instituto Nacional de Desarrollo Económico del Perú
INE	Instituto Nacional de Estadística de Bolivia
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú
INGEMMET	Instituto Geológico Minero Metalúrgico (Bolivia)
INRENA	Instituto Nacional de Recursos Naturales del Perú
JUNAC	Junta del Acuerdo de Cartagena
MACA	Ministerio de Asuntos Campesinos y Agricultura de Bolivia
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organismo No Gubernamental
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PELT	Proyecto Especial del Lago Titicaca (Perú)
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PRASTER	Programa Regional de Aguas Subterráneas y Tecnificación de Riego (Perú)
PREDICLIMA	Predicciones Climáticas (ONG peruana)
SARTAWI	Nombre aymara de una ONG que significa "Levantarse" o "Empezar"
SECAB	Secretaría del Convenio Andrés Bello
SEMTA	Servicios Múltiples de Tecnologías Apropriadas
SG/OEA	Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos
SIG	Sistema de Información Geográfica
SNAP	Sistema Nacional de Areas Protegidas

TDPS	Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa
ZCIT	Zona de Convergencia Intertropical

---





---

# Resumen ejecutivo

---

[Antecedentes y alcance](#)

[Area del proyecto](#)

[Aspectos climáticos e hidrológicos](#)

[Uso del agua](#)

[Contaminación del agua](#)

[Desarrollo pesquero](#)

[Relieve y erosión](#)

[Suelos](#)

[Desarrollo agrícola y pecuario](#)

[Ecosistemas](#)

[Desarrollo turístico](#)

[Desarrollo minero e industrial](#)

[Medio socioeconómico](#)

[Marco jurídico y gestión institucional](#)

[Propuesta de gestión ambiental](#)

[Preparación del diagnóstico ambiental](#)

---

## Antecedentes y alcance

Entre octubre de 1989 y junio de 1993, los Gobierno de Bolivia y Perú, por medio de la Subcomisión Mixta para el Desarrollo de la Zona de Integración del Lago Titicaca (SUBCOMILAGO), formularon el Plan Director Binacional para el Aprovechamiento Integral del Sistema Lago Titicaca, Río Desaguadero, Poopó, Salar de Coipasa (Sistema TDPS). En diciembre de 1992, los Gobiernos de Bolivia y Perú crearon la Autoridad Autónoma Binacional del Sistema TDPS, la que entró en funciones a través de un Comité Ad-Hoc de Transición a partir de julio de 1993.

En noviembre de 1993, los gobiernos de ambos países presentaron a la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (SG/OEA) una solicitud de cooperación para la ejecución de un Proyecto de Gestión Ambiental del Sistema TDPS, la cual fue respondida afirmativamente en marzo de 1994. Posteriormente, en octubre de 1994, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) suscribió un acuerdo con la SG/OEA mediante el cual se comprometió a proveer parte de los aportes financieros necesarios para la ejecución del Proyecto. Finalmente, en diciembre del mismo año, se suscribió en Washington, D.C., el Acuerdo de Cooperación entre los Gobiernos de Bolivia y Perú y la SG/OEA para la ejecución del Proyecto, aprobando el documento que establece los objetivos específicos



y actividades a ser desarrolladas. Como primer paso, las partes involucradas decidieron que se preparara un diagnóstico ambiental que sirviera de base para la formulación del Proyecto.

El Comité Ad-Hoc participó en la elaboración de dicho diagnóstico ambiental con la cooperación de la SG/OEA y el apoyo del PNUMA. El resultado de este trabajo se está entregando a los Gobiernos de Perú y Bolivia y está destinado a facilitar la ejecución del Proyecto.

La presión que ejerce la población sobre recursos los naturales de esta zona del altiplano ha generado una degradación extremadamente grave de sus diferentes ecosistemas, como se podrá apreciar a lo largo del Diagnóstico Ambiental. Ello hace impostergable poner en marcha medidas concretas para poder preservar los recursos, mejorar el nivel de vida de los habitantes y facilitar la ejecución de las diversas obras hidráulicas consultadas en el Plan Director.

Las condiciones económicas y de endeudamiento de ambos países permite prever un aumento de la presión productiva sobre los ecosistemas y recursos naturales del área en el futuro inmediato. En este proceso, la mitigación de la problemática ambiental no debe pasar a un segundo plano ya que en ella está el origen mismo de la situación.

La región del TDPS se caracteriza por una superposición de sistemas culturales y económicos, en que una amplia economía agraria de subsistencia convive con sectores agropecuarios dirigidos hacia los mercados regionales y nacionales y con una minería orientada al sector externo. En este contexto, los recursos naturales han sufrido un impacto diferencial, aunque en todos los casos su consumo y sus pérdidas de productividad no se incorporan a los costos de producción. Los valores ancestrales relacionados con el respeto por la "Pacha Mama" prácticamente se han extinguido y la naturaleza es percibida como fuente inagotable de recursos y receptáculo de todos los desperdicios. La pobreza generalizada y los bajos niveles de educación impiden a la población tomar conciencia sobre los límites de sus recursos y sólo con ocasión de las grandes catástrofes naturales, en este caso sequías e inundaciones, algunos sectores de la sociedad han empezado a pensar en las relaciones de causalidad entre el uso y manejo dado a los recursos naturales y las catástrofes acaecidas.

El cambio de comportamiento frente a la naturaleza, especialmente por parte de aquellos sectores que más daño le causan (minería, minero-industria, aglomeraciones urbanas), requiere la promoción de un cambio de mentalidad basado en la comprensión y el respeto de los procesos físicos y biológicos que guían la dinámica de la región, así como de sus valores naturales y antropológico-culturales y del derecho de los pueblos originarios a salir de la pobreza mediante una participación creciente en la plusvalía ligada al aprovechamiento de sus recursos. Este cambio de mentalidad exige una acción más destacada y efectiva del Estado, mediante la adopción de una política global que, entre otros aspectos, contemple la creación y aplicación de instrumentos jurídicos, institucionales y fiscales, así como de incentivos y recursos económicos destinados a promover prácticas de desarrollo sustentable en la región. Asimismo, se requiere promover una participación real de las comunidades locales en los procesos de administración de sus lugares de asentamiento.

El presente Diagnóstico Ambiental constituye un paso importante para la consecución de los objetivos señalados.

# Area del proyecto

El Sistema TDPS es una cuenca endorréica situada aproximadamente entre los 14° y 20° de latitud sur, entre Bolivia y Perú, sobre la Cordillera de Los Andes, a más de 3.600 msnm. Cubre una superficie de 143.900 km<sup>2</sup>, equivalente a un 75% de la extensión de la República Oriental de Uruguay. Se conforma de las cuencas hidrográficas del Lago Titicaca que ocupa un 39% de su territorio, y del Río Desaguadero que, junto con la del Lago Poopó, cubre un 38% de la región, correspondiendo el saldo a la cuenca del Salar de Coipasa. El área abarca principalmente la Subregión de Puno perteneciente a Perú, que tiene una extensión equivalente aproximadamente a un 35 % de la región, y los Departamentos de La Paz y Oruro de Bolivia. El Lago Titicaca constituye un elemento regulador que al nivel normal de su superficie de agua de 3.810 msnm ocupa una extensión de 8.400 Km<sup>2</sup> y embalsa un volumen de 932 millones de m<sup>3</sup>. Dicha reserva natural se comunica con los lagos Uru Uru y Poopó por medio del Río Desaguadero. La superficie media de dichos lagos, que se encuentran a 3.686 msnm, es de 3.191 km<sup>2</sup>. A su vez, y sólo durante años muy húmedos se comunica el Lago Poopó con el Salar de Coipasa, situado a 3.657 msnm, por medio del Río Laca Jahuirá.

El altiplano del Sistema está enmarcado por la Cordillera de los Andes que se bifurca al sur de Perú en dos ramales, la Cordillera Occidental y la Oriental o Real. Esta última separa al Sistema TDPS de las cuencas del Amazonas por el noreste y del Río de la Plata por el sureste. El altiplano se conforma por una serie de llanuras, serranías y cerros aislados, siendo la máxima altitud de la región el monte Sajama de 6.542 msnm y la mínima el fondo del Lago Titicaca situado a 3.533 msnm.

## Aspectos climáticos e hidrológicos

Las precipitaciones anuales en el Sistema TDPS varían entre 200 mm en la zona austral hasta 1.400 mm en el norte, con valores máximos sobre el Lago Titicaca. La distribución estacional de la lluvia es similar en toda la región: típicamente monomodal, con una estación lluviosa de diciembre a marzo y un período seco de mayo a agosto. Las precipitaciones anuales fluctúan en más del 50% respecto al promedio. Las temperaturas medias anuales en el altiplano de la región oscilan entre 8 y 10°C, siendo más altas entre diciembre a marzo. Los valores mínimos medios mensuales varían de norte a sur entre -7 y -10°C. En cuanto a vientos, predominan las calmas aunque se han registrado velocidades de hasta 4 y 5 m/s respectivamente en la zona del Lago Titicaca y en el área oriental de la región. La evaporación es muy alta, alcanzando valores anuales medios de 1.450 mm cerca de y en el mismo Lago Titicaca y 1.900 mm por el sur del Sistema TDPS. A su vez la evapotranspiración potencial varía entre 1.000 y 1.500 mm en toda la región, con valores máximos entre noviembre y marzo y mínimos entre mayo y agosto. Según el sistema de clasificación climática de Thornthwaite, poco más de la mitad de la región, particularmente la situada en el sector septentrional (incluyendo la cuenca alta del Río Desaguadero) y oriental, se caracteriza por climas lluviosos y semilluviosos y fríos y el resto tiene un clima semiárido y frío.

El Sistema TDPS se compone principalmente de la red hidrográfica de la cuenca del Lago Titicaca por el Norte, que se dividió para los fines de este estudio en seis zonas hidrológicas, y las zonas de las cuencas del Alto y Medio Desaguadero, del Mauri, Lago Poopó y del Salar de Coipasa por el Sur. El aporte anual total de los tributarios al Lago Titicaca es de 201 m<sup>3</sup>/s. Si a ello se agregan 270 m<sup>3</sup>/s correspondientes principalmente a las precipitaciones sobre el lago y se sustraen las pérdidas por evaporación estimadas en 436 m<sup>3</sup>/s, despreciando otras fugas o pérdidas, queda un promedio anual de 35 m<sup>3</sup>/s de excedentes a ser

evacuados por el Río Desaguadero, el que durante su recorrido recibe diversos aportes. Antes de bifurcarse para llevar sus aguas al Lago Poopó, tiene un caudal medio anual de 89 m<sup>3</sup>/s.

Los acuíferos más importantes se localizan en las cuencas medias y bajas de los principales afluentes al Lago Titicaca y en una faja que se extiende, bordeando la Cordillera Oriental, desde el Titicaca hasta Oruro. Otros acuíferos más débiles o con agua salobre se ubican en el curso alto del Desaguadero y en las zonas que rodean el Lago Poopó y el Salar de Coipasa. El caudal total que pasa desde el subsuelo al sistema hídrico superficial no supera los 3 m<sup>3</sup>/s. La calidad del agua depende en gran parte de la magnitud de las lluvias.

Las sequías y las inundaciones han constituido los riesgos naturales de mayor impacto ambiental, social y económico en la región del TDPS. Históricamente hay registros de por lo menos 12 grandes sequías y 10 inundaciones. Durante los años 80 ocurrieron sequías muy importantes en 1982-83 y 1988-89 y, en los años 1986-87, la mayor inundación del presente siglo. Las sequías del decenio pasado produjeron pérdidas económicas estimadas en US\$216,5 millones, mientras que la gran inundación anegó 46.000 hectáreas en las riberas del Lago Titicaca y ocasionó pérdidas en todo el Sistema TDPS por US\$125 millones. En total, las pérdidas por estos conceptos sumaron cerca de US\$341,5 millones.

Tanto las sequías como las inundaciones están ligadas a los regímenes naturales de lluvias y caudales, pero en una buena parte ellas se deben a los desequilibrios del Sistema TDPS, causados por la disminución de la capacidad reguladora de sus cuencas debido al mal uso de sus tierras y a la inadecuada localización de las actividades e infraestructuras productivas.

## Uso del agua

Existe una demanda global de agua de 125 m<sup>3</sup>/s en todo el Sistema, de los cuales 2 se destinan para consumo doméstico, 19 para trasvases previstos hacia otras cuencas, 103 para proyectos de riego actuales y futuros y 1 m<sup>3</sup>/s para otros usos que incluyen minas, industrias y abrevaderos. La demanda total prevista para la cuenca del Lago Titicaca es de 95 m<sup>3</sup>/s y la correspondiente a la cuenca del Desaguadero es 30 m<sup>3</sup>/s. Se incluyen en estas estimaciones las obras futuras, previstas en el Plan Director Binacional.

Frente a esta demanda, el caudal máximo aprovechable en la cuenca del Titicaca es apenas de 20 a 25 m<sup>3</sup>/s, lo cual exige un replanteamiento de las demandas y una selección y priorización de proyectos de trasvase y riego en función de criterios ambientales junto con los sociales, económicos e hidrológicos. En efecto, aunque los aportes al lago por sus afluentes se estiman en unos 201 m<sup>3</sup>/s, no es posible utilizar todo este caudal, pues la mayor parte del mismo se consume en el mantenimiento del propio lago. Esto significa que el principal factor limitante de la explotación de los recursos hídricos no será la falta de agua en las cuencas sino las restricciones impuestas por los niveles del Lago Titicaca y por la propia supervivencia del mismo. De ahí que los principales problemas internacionales del TDPS tienen que ver con el uso de los recursos hídricos. En efecto, la gran presión sobre estos recursos tanto en Perú como en Bolivia exige una distribución técnica y equitativa del agua del entre los dos países y un aprovechamiento que garantice unos niveles de operación aceptables, tanto del punto de vista ambiental como hidráulico, en el Lago Titicaca. De igual modo, aunque en la actualidad es un problema restringido a la bahía de Puno, el futuro desarrollo agrícola y minero-industrial de la cuenca del Titicaca exige el establecimiento de mecanismos de control de la contaminación, con el fin de evitar un deterioro global del embalse, lo que afectaría los usos del agua en el Río Desaguadero.

En la cuenca del Río Desaguadero aparentemente los caudales son suficientes para atender la demanda, aunque su alta irregularidad y los problemas de salinidad del agua que afecta la preservación de la Laguna Soledad y de los lagos Uru Uru y Poopó, exigen la construcción de obras de regulación en algunos afluentes y, al igual que para el Titicaca, una selección y priorización de los proyectos de aprovechamiento, especialmente los de riego, que constituyen el 87% de la demanda. Para mantener una explotación sostenible de este sistema lacustre se necesita una aportación mínima media anual de 47 m<sup>3</sup>/s y la construcción de adecuadas obras de repartición.

Los inventarios efectuados hasta el presente han identificado 822 explotaciones de agua subterránea en todo el Sistema; la mitad involucra a pozos someros de profundidades no superiores a 10m. Los mayores volúmenes de explotación de agua subterránea corresponde a pozos profundos de menos de 110 m de profundidad particularmente en las ciudades de El Alto y Oruro. Se incluye en esta contabilidad también a los manantiales y unas pocas manifestaciones termales.

La extracción actual de agua subterránea se estima en 977 l/s, de los cuales el 94% está destinado al consumo doméstico.

## Contaminación del agua

La contaminación de los recursos hídricos del Sistema no es un problema todavía generalizado. No obstante, existen problemas, sentidos localmente, cuya gravedad justifica la aplicación de medidas de control y recuperación. Ellos son:

- Contaminación orgánica y bacteriológica, producida por las aguas residuales provenientes de Puno, en la bahía interior de Puno (Lago Titicaca); de Oruro, en el Lago Uru Uru; de Juliaca, en el Río Coata, y por las de El Alto (parcial), en el Río Seco. El Coata y el Seco son tributarios del Titicaca. El problema más grave se presenta en la bahía interior de Puno, donde se ha desarrollado un proceso de eutrofización creciente.
- Contaminación físico-química de los lagos Poopó y Uru Uru y del curso inferior del Río Desaguadero por metales pesados generados en la actividad minera y en las plantas de fundición de metales de la zona de Oruro. Entre estos metales, el cadmio, el plomo, el mercurio, el níquel, el cobalto, el cromo y el arsénico se encuentran en concentraciones por encima de los límites permisibles para consumo humano en los lagos Poopó y Uru Uru. El estaño está presente en todo el sistema hídrico de la cuenca en concentraciones igualmente altas. También se han medido concentraciones altas de metales pesados en los sedimentos del Río Coata, lo que indica que en esta cuenca la actividad minera también origina contaminación.

Por otra parte, las condiciones naturales del Sistema hacen que ciertos cuerpos de agua presenten altos niveles de salinidad. En el Río Desaguadero aguas abajo de La Joya, al igual que en algunos de sus tributarios, la salinidad puede superar los 2 g/l. Aguas arriba de La Joya hasta su nacimiento, la salinidad varía entre 1 y 2 g/l. El Lago Poopó, por su condición de receptor final de las aguas del Desaguadero y de otros que drenan terrenos salinos del sur de la cuenca, puede presentar concentraciones salinas de más de 100 g/l. El Lago Titicaca, en el otro extremo, se caracteriza por tener aguas de buena calidad, con salinidad inferior a 1 g/l. Las aguas subterráneas poseen una salinidad variable, tanto en la cuenca del

Titicaca como en la del Desaguadero.

## Desarrollo pesquero

El Sistema TDPS contiene recursos pesqueros considerables distribuidos en sus diversos cuerpos de agua. La mayor concentración se encuentra en los lagos Titicaca y Poopó. La biomasa íctica del Lago Titicaca ha sido estimada en unas 91.000 toneladas, mientras que la extracción anual ha fluctuado entre 4.600 y 7.500 t aproximadamente. La explotación ha estado a cargo de unos 8.300 pescadores, profesionales, de subsistencia y ocasionales, ocupando más de 3 mil embarcaciones, con un amplio dominio numérico por el lado peruano. De acuerdo con las estadísticas más recientes (1993), en el sector peruano del Titicaca la especie de mayor extracción es el karache (53,6%), seguida por el pejerrey (34,96%) y el ispi (11,2%); la extracción de otras especies nativas (mauri y boga) es menor del 0,2% y de trucha menos del 0,1%. En el sector boliviano del Titicaca el patrón de captura debe ser similar, si bien en el Lago Poopó, el pejerrey tiene la mayor importancia.

La pesca en el Lago Titicaca es básicamente en sus márgenes, aunque se estima que sus recursos pesqueros son considerables en el interior del lago. Para poder estimular la pesca en zonas alejadas del litoral es necesario obtener un conocimiento adecuado y actualizado sobre el potencial íctico en ambas zonas del lago y compatibilizar las políticas de desarrollo pesquero peruanas y bolivianas con el fin de evitar que los esfuerzos hechos en un sector sean anulados en el otro.

Las especies nativas, karache, ispi, mauri y boga representaron tradicionalmente la producción pesquera local. Con la introducción de la trucha en 1942 y del pejerrey en 1955, éstas asumieron una mayor importancia comercial. El pejerrey ha venido desplazando a la trucha, hasta el punto de que la importancia de esta última es muy baja en la actualidad. No obstante que se observó a finales del decenio de los 80 una fuerte declinación, parece que la pesca de especies nativas se está revirtiendo últimamente. Ante esta situación, los programas de repoblamiento de especies nativas se consideran insuficientes frente al tamaño del lago y a la presión de pesca (entre 1993-94 se sembraron 1.972.000 alevines de especies nativas). Paralelamente con la intensificación de los programas de repoblamiento, es necesario adelantar programas de investigación acuícola que sirvan de base al fomento del desarrollo pesquero en el Lago Titicaca.

El pejerrey ha llegado a ser ampliamente dominante en el Lago Poopó. Sin embargo, investigaciones recientes han mostrado altos niveles de metales pesados en pejerreyes capturados allí, lo cual obliga a profundizar las investigaciones con el fin de tomar las medidas del caso. La contaminación de la cadena trófica es una consecuencia de las altas concentraciones de metales tóxicos detectadas en las aguas de este lago.

## Relieve y erosión

La geología del Sistema TDPS ha sido determinada por los movimientos tectónicos que lo han afectado a lo largo de todos los ciclos orogénicos. Particularmente la región del altiplano ha sufrido una evolución estructural que llega hasta tiempos muy recientes, con fenómenos de levantamiento y vulcanismo aún activos. Durante el Cuaternario la evolución del altiplano ha estado ligada fundamentalmente a los cambios de clima. La alternancia de períodos húmedos y secos, cálidos y glaciares ha determinado en el

altiplano el desarrollo de lagos sucesivamente más amplios y reducidos que los actuales. Durante el Pleistoceno superior se sucedieron varias fases glaciares que determinaron una progresiva reducción de la superficie lacustre en el norte del altiplano: al comienzo de la época llegaba a unos 200 m por encima de su nivel actual, con un área inundada de más de 50.000 km<sup>2</sup>, contra los aproximadamente 8.000 actuales.

En la actualidad se distinguen las siguientes unidades geomorfológicas:

- La tercera parte del área del Sistema TDPS está ocupado por montañas. De esta, más de la mitad corresponde a montañas redondeadas de substrato volcánico. A ellos podrían agregarse los depósitos coluviales de piedemonte, las acumulaciones morrénicas y los abanicos aluviales, con lo cual las montañas ocuparían el 39% del Sistema.
- Otra tercera parte de la región está ocupada por las unidades típicas del altiplano: llanura fluviolacustre, depresiones, terraza fluviolacustre y otras menores. Particular importancia tienen los bofedales que constituyen depresiones donde se desarrolla una vegetación característica de gran importancia ecológica.
- Las colinas y mesetas, que para los fines prácticos pueden formar un solo grupo, ocupan cerca de la quinta parte de la región.
- Finalmente, las superficies de agua representan un poco menos de la décima parte de la región.

Un proceso de erosión de origen antrópico que proviene de varios milenios de prácticas agrosilvopastoriles ha dejado casi a la totalidad de la región empobrecida y aun desprovista de vegetación natural. A ello se agregan las consecuencias de la explotación minera. A este nivel resulta muy difícil separar la erosión de origen antrópico de la geológica causada por acción de las lluvias, la sequía y el viento. De acuerdo con los estudios realizados se concluye que un 66% de la región está afectada por una erosión moderada y ligera que incluye llanuras y terrazas lacustres. Un 28% de las tierras se consideran afectadas por una erosión severa que se asocia a las unidades geomorfológicas conformadas por terrazas y mesetas volcánicas degradadas, colinas y montañas disectadas. En la cuenca del Desaguadero Medio y en pequeñas superficies de otras cuencas que constituyen poco más del 2% del Sistema TDPS se han observado cárcavas y otras señales correspondientes a una erosión muy severa. Finalmente, en la cuenca del Poopó-Salares se han constatado señales de erosión eólica que afectan una superficie de 4.800 km<sup>2</sup>.

Tanto los ríos como las depresiones y lagunas presentan depósitos de sedimentación que reflejan los diferentes procesos de erosión señalados anteriormente. Mediciones del caudal sólido, que abarcan el período 1965-1989 para la cuenca del Desaguadero y 60-90 para los tributarios del Lago Titicaca, arrojan respectivamente valores máximos medios de transporte sólido de 6 millones y 606.000 ton/año.

## Suelos

La tercera parte del Sistema TDPS, sin tomar en cuenta las superficies acuáticas, corresponde a tierras arables de las clases II a IV de la clasificación del U.S. Conservation Service. La mayor parte de ellos, vale decir el 21.6% de las tierras del Sistema, corresponde a suelos de Clase IV que ocupan las unidades

geomorfológicas de la terraza y meseta volcánica conservada y algunas depresiones salinas del sur que incluyen bofedales. Debido a su altitud y bajas temperaturas, la mayor parte de los suelos es deficiente en materia orgánica y nitrógeno y consecuentemente requiere prácticas especiales para poder mantener e incrementar su productividad. Poco más de la quinta parte de la región está cubierta por tierras no arables en las que predominan ligeramente los suelos Clase V sobre Clase VI. Aún existen en esta parte sistemas de terraceo en las laderas provenientes de las civilizaciones precolombinas. Incluyen acumulaciones eólicas, depósitos de vertiente, bofedales de las cuencas medias y altas y la meseta volcánica disectada. Abundantes piedras provenientes de la actividad glaciaria limitan su uso a actividades silvopastoriles controladas, destinadas a camélidos y/o ovinos, especialmente en los bofedales. Finalmente, cerca de la mitad de la superficie firme de la región corresponde a tierras marginales y no aptas, clases VII y VIII respectivamente. Los usos posibles de los suelos clase VII deben limitarse a su restauración y pastoreo extensivo. Los suelos restantes, que incluyen afloramientos rocosos, salares y picos nevados, sólo son aptos para la protección de los recursos hídricos; para fines recreativos, declarándolos y manejándolos para que funcionen como parques nacionales o áreas de conservación; y para actividades mineras, tratándose de salares.

Al comparar la capacidad de uso de los suelos con el uso actual se observa que por lo menos una tercera parte de las tierras del Sistema TDPS está siendo sobreexplotada encima de su capacidad de uso. Esta sobreexplotación se lleva a cabo sobre todo en las tierras marginales y no aptas para cultivos anuales, permanentes, ni para usos silvopastoriles controlados.

La pérdida de los suelos agrícolas está determinada básicamente por la erosión y la salinización. Se ha estimado que el 30% de los suelos presentan procesos de erosión severa y muy severa por las actividades agrícolas y pastoriles actuales y pasadas y favorecidos por las condiciones geológicas del Sistema. En efecto, los más graves problemas se han desarrollado sobre terrenos de colinas, terrazas y mesetas de pendientes suaves y fuertes. En ciertas situaciones específicas, la erosión puede estar más ligada a la evolución geológica natural y propia del área que al uso del suelo.

En lo que concierne a la salinización, cerca de 3.449 km<sup>2</sup>, correspondientes al 2,4% de los terrenos de la región, han sido clasificados como tierras salinas. Estas tierras están localizadas principalmente alrededor del Salar de Coipasa y del Lago Poopó y su alta salinidad se debe básicamente a las inundaciones de los ríos Desaguadero, Lauca y otros del sector sur del altiplano. En consecuencia, se debe tener muy en cuenta en la salinidad del agua el desarrollo de proyectos de riego, para evitar que la superficie de tierras salinas siga aumentando.

## Desarrollo agrícola y pecuario

Las principales áreas de cultivo se encuentran en las tierras planas y colinas de relieve suave que bordean el Lago Titicaca. Otras áreas de cultivo de menor importancia superficial se encuentran en las cuencas del Poopó-Salares, Alto Desaguadero, Ramis y Huancané. En general, son las áreas de mayor densidad de población rural, caracterizadas por un paisaje altamente fragmentado, con múltiples parcelas de tamaño infraeconómico, altos niveles de pobreza y baja productividad del suelo, esta última ligada especialmente a los niveles tecnológicos rudimentarios empleados en la actividad agrícola. A pesar de ello, la producción obtenida en estas áreas es la que está destinada en una gran parte al consumo nacional (Lima-Callao, Arequipa y otros centros extraregionales). El principal cultivo en todo el altiplano es la papa, seguido por los cultivos forrajeros, la quinua, la cebada y la oca.

La baja utilización de fertilizantes y agroquímicos en general, especialmente en las zonas de microfundio y otras áreas deprimidas de la región, hace que los rendimientos sean bajos y decrecientes en el tiempo, pues, de todas maneras, el suelo requiere una reposición de los nutrientes que son consumidos por las cosechas. El uso del guano y en general de fertilizantes orgánicos debe no sólo mantenerse sino incrementarse, así como las prácticas de rotación de cultivos. De otro lado, el uso intensivo y generalizado de fertilizantes y agrotóxicos podría generar problemas futuros de contaminación de los cuerpos de agua, especialmente del Lago Titicaca, por lo cual es necesario que los proyectos de desarrollo agrícola intensivo sean seleccionados y planificados cuidadosamente y que, además, se acompañen de una adecuada reglamentación sobre uso de agrotóxicos.

Al contrario de la agricultura, la ganadería se encuentra más desarrollada en el sector peruano. Las principales especies explotadas son los vacunos, los ovinos, la alpaca, la llama, los porcinos y las aves. Existen explotaciones ganaderas empresariales de grandes y medianos productores, así como explotaciones comunales de varios tipos y un gran número de pequeños productores independientes. Las áreas de pastoreo se localizan principalmente en las cuencas del Ramis, Ilave, Poopó-Salares, Alto Desaguadero y Titicaca, sobre terrenos planos y de colinas. Las praderas son por lo general comunales y el pastoreo está a cargo de pastores que van con sus rebaños, por lo cual la densidad de la población es baja, con las viviendas agrupadas en pequeños caseríos. La mayor parte de la producción de estas áreas también está dedicada a la exportación hacia el mercado regional y nacional. El pastoreo es extensivo, sin prácticas de manejo de praderas, por lo cual ocurre una pérdida progresiva de productividad de las mismas. En particular, el pastoreo de ganado vacuno causa problemas de compactación del suelo y destrucción de praderas. Como el uso de anabólicos y tóxicos contaminantes es mínimo o nulo, la carne producida se considera de buena calidad. Además, el ganado criado en climas tan fríos padece por lo general de pocas enfermedades infecciosas. La carne de camélidos, especialmente de alpaca y llama, está reputada como de muy bajo contenido de grasa.

Las áreas agropecuarias (cultivos y pastos) y agrosilvopecuarias (cultivos, pastos y arbustos) se localizan en condiciones más limitantes, tanto desde el punto de vista del suelo (por relieve, pedregosidad, afloramientos rocosos, erosión, salinidad) como del clima (menor temperatura y precipitación, mayor frecuencia de heladas). Las cuencas que tienen las mayores extensiones en estos usos son las del Poopó-Salares, Medio Desaguadero, Titicaca, Alto Desaguadero y Ramis. En algunos sectores, la densidad de población puede llegar a ser alta, aunque menor que en las áreas agrícolas. Tanto el pastoreo como la agricultura de estas zonas se realiza por lo general en condiciones marginales y en su mayor parte la producción está destinada al autoconsumo. Por las mismas condiciones de marginalidad ecológica, en estas áreas se presentan los mayores problemas de degradación de los recursos naturales básicos.

## Ecosistemas

El ecosistema terrestre propio de la cuenca es la puna, una formación de gramíneas rígidas y arbustos enanos de hojas coriáceas, con bosques de queñoa y otros árboles en los sectores abrigados. No obstante, la fisionomía de la puna y su composición florística cambian con el clima, siendo más pobre y rala en la medida en que éste se vuelve más seco y/o frío. Por esta razón se distingue desde la puna húmeda en el norte hasta la puna andina en el sur. Por encima de los 4.400 msnm, la puna da lugar a formaciones herbáceo-arbustivas cada vez más abiertas y especializadas, hasta llegar a los arenales que bordean las



zonas cubiertas por nieves perennes. Las especies faunísticas más características de estos ecosistemas son el cóndor y los flamencos, entre las aves; la llama, la alpaca, la vicuña y el guanaco, entre los camélidos; y la rana de mayor dimensión conocida en el mundo. Existe, además, una gran variedad de especies de aves, mamíferos y otros grupos, algunas en peligro de extinción. Dentro de este sistema general, las condiciones especiales creadas por el Lago Titicaca y otros lagos del altiplano dan lugar a una vegetación acuática particular, entre la cual se destacan los totorales, de gran importancia no sólo ecológica sino económica. Los lagos presentan también una gran variedad de especies de aves acuáticas, muchas de ellas migratorias, y algunos peces nativos que aún conservan una cierta importancia comercial.

Prácticamente todo el altiplano es una sola pradera natural, con facies diferentes según el clima y el suelo. De los distintos tipos de pradera existentes, el bofedal es el que tiene la mayor productividad forrajera, cercana a 2.500 Kg de materia seca (ms) por hectárea y por año. Las praderas donde dominan los pastos tienen productividades que varían entre 1.000 y 1.600 kg, aunque algunos tipos de pajonal apenas tienen entre 130 y 210 kg. Las praderas arbustivas o de pastos y arbustos son igualmente de productividad muy baja, del orden de 150 a 210 kg ms/ha. En consecuencia, la capacidad de carga animal varía mucho en todo el altiplano.

Existe una excesiva carga por hectárea en las praderas, especialmente de ganado introducido (ovino y vacuno), la cual produce un desgaste energético y un degeneramiento progresivo de las praderas, lo que se manifiesta a su turno en una disminución de la biomasa y de la capacidad de carga natural. Como resultado, los animales alcanzan bajo peso y tamaño corporal y bajos niveles de producción de carne y leche.

A lo anterior se agrega el aprovechamiento de las formaciones arbustivas tolares de las praderas para leña, las quemadas que buscan favorecer los rebrotes para mejorar la palatabilidad de los pastos y arbustos y la introducción de especies forrajeras exóticas, todo lo cual contribuye a una degradación progresiva de las praderas naturales del altiplano. Además, las quemadas de las tolares, su uso para leña y el aprovechamiento de los bosques de queñoa para leña y construcción han conducido a una degradación acentuada de las formaciones leñosas de la región, la cual se manifiesta especialmente en el raleamiento o reducción de la densidad del tolar (21% de tolares ralos) y en la baja superficie cubierta por formaciones leñosas puras en la región (4.249 km<sup>2</sup>, de los cuales 3.272 en tolares y apenas 977 en bosques).

Dentro del marco general de degradación de los recursos vegetales y de suelos del Sistema TDPS descrito anteriormente, hay algunas áreas cuya pérdida tendría implicaciones ambientales importantes. Ellas son:

- Bofedales o depresiones húmedas de los valles intramontañosos, caracterizados por una gran riqueza vegetal y faunística y de gran importancia para el mantenimiento de las poblaciones de alpacas y vicuñas. Además, son áreas de regulación de los caudales de los ríos. Su desecación para fines agrícolas o para la provisión de agua sería altamente perjudicial para el equilibrio del sistema biológico e hídrico de la región.
- Áreas de vegetación acuática, especialmente de totorales, cuya superficie disminuyó de 59.132 ha en 1970 a 40.056 en 1992, como consecuencia de una sobreexplotación, especialmente en el sector peruano del Lago Titicaca. Estas áreas tienen una gran importancia, no sólo para la reproducción y alimentación de los peces y nidificación de las aves, sino como fuente de forraje para animales domésticos y de materia prima para la

artesanía local.

- Areas con restos de técnicas andinas precolombianas de uso de la tierra (andenes, waru warus, cochas) que no han sido identificadas en su totalidad y que son utilizadas equivocadamente para "potenciar" el desarrollo agropecuario, destruyendo con ello la posibilidad de recuperar y actualizar el restablecimiento de estas tecnologías ancestrales y poder conocer su real potencial de producción.
- Zonas con restos arqueológicos a las cuales no se les da la debida protección y mantenimiento (Ayaviri, Laraqueri, zona norte y occidental del Sistema TDPS) y que son utilizadas para fines diferentes a su desarrollo cultural y turístico.

Se observa desde algún tiempo la pérdida de biodiversidad y recursos genéticos, aspectos que requieren ser atendidos dentro de un programa de gestión ambiental. Se originan por los siguientes causas:

- Deforestación y quemadas de vegetación, muy comunes en el presente y en el pasado de la región.
- Introducción de nuevas especies al área del Sistema, como ser ganado vacuno y ovino en las praderas, trucha y pejerrey en los lagos.
- Caza y pesca no controlada.
- Falta de control sobre los aprovechamientos de flora y fauna nativa en todo el altiplano.

Como resultado, de muchas especies de la flora andina otrora abundantes, hoy en día sólo quedan restos. Con respecto a la fauna hay por lo menos 5 especies en vías de extinción y 12 en situación vulnerable. De especial importancia son los peces autóctonos del Lago Titicaca, hoy en franca decadencia, a causa de la pesca sin control.

Existen seis áreas protegidas en el Sistema TDPS, uno en el sector peruano y cinco en el boliviano, con un total preliminar de 92.154 ha (0,6% del Sistema). No obstante, ni Perú ni Bolivia cuentan con los instrumentos suficientes para lograr la preservación de estas áreas. Así, por ejemplo, tres no cuentan con una ley que las ampare, ninguna tiene plan de manejo y, lo que es más grave, no se cuenta con recursos económicos y humanos suficientes para su vigilancia, investigación, planificación y desarrollo. En consecuencia, la mayor parte de las áreas presenta usos incompatibles con la preservación (pastoreo, agricultura, pesca, caza, quemadas y otros).

La única área dedicada a la protección de los valores lacustres es la Reserva Nacional del Titicaca en la subregión de Puno. Esta reserva engloba los extensos totorales e islas flotantes de los Uros, uno de cuyos problemas es la sobreexplotación de la totora. De las áreas bolivianas, dos no están delimitadas y el resto no está reconocido legalmente.

Al mismo tiempo, se considera necesario crear nuevas reservas dentro del Sistema TDPS, con el fin de proteger recursos y ecosistemas valiosos del altiplano. La principal de ellas es la Reserva Binacional, la cual cubriría un área limítrofe entre Perú y Bolivia, con extensas praderas naturales y bofedales donde pastan importantes rebaños de vicuña y alpaca.

No existen datos que permitan evaluar el grado de contaminación de los ecosistemas por agroquímicos. No obstante, este problema no parece ser aún significativo a nivel de todo el Sistema si se considera que,

aunque de conocimiento generalizado, el uso y manejo de agroquímicos no tiene un carácter intensivo o masivo; se usan principalmente para aquellos productos alimenticios de gran demanda en el mercado y están limitados a fertilizantes nitrogenados y fosforados (nitratos, fosfatos y urea). En la mayor parte de la región, donde las condiciones de pobreza son críticas, el uso de agroquímicos es muy bajo y, en muchos casos, nulo. Sin embargo, preocupa el uso de plaguicidas y herbicidas, algunos de los cuales son altamente tóxicos o incluso prohibidos o restringidos en otros países (DDT, por ejemplo). Además, hay problemas de manejo de los plaguicidas, debido a desconocimiento por parte del agricultor.

## Desarrollo turístico

La región del TDPS tiene abundantes y variados recursos turísticos: áreas silvestres con fauna y flora nativas, paisaje, posibilidades de navegación y pesca, valores arqueológicos únicos en el mundo, reliquias histórico-religiosas, costumbres y tradiciones milenarias, eventos folclóricos y otros. El turismo que actualmente visita la región busca fundamentalmente paisaje y arqueología. Sin embargo, estos dos recursos no están debidamente aprovechados debido a la falta de una infraestructura adecuada en vías, hotelería, publicidad y otros aspectos. Además, es necesario integrar el aprovechamiento de los demás recursos turísticos mencionados.

En el caso particular del ecoturismo, una fuente potencial de gran importancia, es necesario, previamente a su promoción, definir y desarrollar un sistema de áreas protegidas debidamente planificadas e integradas al contexto socioterritorial del altiplano, con las facilidades mínimas para visitantes e investigadores. Entre los recursos ecoturísticos a desarrollar se pueden citar:

- Áreas representativas de los ecosistemas lacustres: totorales, sitios de alta densidad de peces y avifauna (reproducción y nidificación).
- Bofedales y praderas con poblaciones de fauna silvestre (vicuña y viscacha, entre otras).
- Tolares y queñoales bien conservados y ricos en fauna silvestre (vicuña y cóndor, entre otros).
- Orillas del Lago Poopó ricas en avifauna, especialmente de flamencos.
- Salares y ecosistemas de tierras salinas.

El desarrollo de este tipo de áreas silvestres deberá integrar a la población originaria, junto con sus tradiciones y costumbres, con el fin de que resulten beneficiadas del desarrollo ecoturístico (con empleo, venta de artesanías, servicios de guías y otros).

## Desarrollo minero e industrial

La minería se practica especialmente en el sur de la región, en la zona de Oruro, y su producción está destinada a los mercados externos. En el sector peruano existe en mucho menor volumen. Predomina la gran minería, aunque también se practica la pequeña y mediana. Los principales minerales explotados son metales tales como el estaño, la plata, el zinc, el oro y otros. En los sectores donde se practica, la minería es el principal factor de degradación ambiental. Sus principales impactos son los siguientes:

- Contaminación por metales pesados. Las aguas ácidas de mina, los desmontes y relaves

dispuestos en forma indiscriminada en distintos sectores de las zonas mineras y los efluentes de las plantas de concentración que emplean métodos de flotación, son las principales fuentes de metales en solución, así como de otras sustancias empleadas en el procesamiento de los minerales, tales como cianuros y xantatos, de alta toxicidad para la fauna y la flora acuáticas.

- La salinización del Desaguadero y de los lagos Poopó y Uní Uru por la explotación minera a cielo abierto, al remover y dejar al descubierto terrenos volcánicos ricos en sales minerales que son arrastradas por el agua lluvia.
- Contaminación del aire por partículas en suspensión (polvo), durante la remoción y trituración de los minerales polimetálicos, la cual es favorecida por el carácter semiárido del clima y los vientos fuertes, especialmente en la zona de Oruro. No obstante, el mayor impacto sobre el aire en las zonas mineras es el producido por las instalaciones de fundición de metales, las cuales emiten grandes volúmenes de dióxido de azufre y polvo de arsénico y plomo, cuyos efectos sobre la salud de la población pueden ser muy perniciosos. Hay indicios de que la alta tasa de nacidos con malformaciones en Oruro podría estar en relación con los diversos tipos de contaminación minera e industrial de la zona.

Uno de los más importantes factores de la degradación ambiental causada por la minería es la falta de control administrativo ambiental, sobre todo en la zona de Oruro. Aunque la gran minería establecida recientemente (mina Inti Raymi, por ejemplo) ha involucrado procesos de protección ambiental, las explotaciones antiguas, así como la pequeña y mediana minería, no los aplican.

La actividad industrial se reduce a las plantas de cemento de Viacha (Bolivia) y Juliaca (Perú) que constituyen otras fuentes de contaminación por polvo.

## Medio socioeconómico

La región del TDPS fue asiento de la cultura Tiwanacu, una de las más avanzadas la época precolombina, que formaba parte del imperio incaico hasta poco menos de un siglo antes de la llegada de los españoles. En la actualidad se estima a la población de la región en 2.2 millones de habitantes distribuidos aproximadamente en partes iguales entre el altiplano peruano y el boliviano y entre zonas rurales y centros urbanos. Durante los últimos años se observa un despoblamiento rural. Las ciudades de Puno y Juliaca en Perú, El Alto y Oruro en Bolivia son los principales centros urbanos de la región. Aproximadamente el 70% de la población total de la región está bajo el umbral de la pobreza. Las coberturas de acueducto y alcantarillado cubren apenas el 20% de la población. Los índices de morbilidad son muy elevados. El analfabetismo rural es del orden del 28%.

El sector terciario (comercio y servicios) constituye el principal sector de la economía, con cerca del 50% del PIB, seguido por el sector primario (agricultura y minería). El sector secundario (industria) es inferior al 15% del PIB.

La pobreza es uno de los problemas sociales críticos del altiplano, afectando no sólo a la población rural sino a la urbana y, en general, a todo el cuerpo social. La información disponible indica que en el sector peruano el 73,5% de la población total, y en el boliviano el 99% de la población rural, vive en la pobreza. La pobreza tiene varias consecuencias:

- Las familias tienen que dedicar todos sus esfuerzos a resolver sus necesidades básicas de comida, vivienda y vestido, y sus recursos son insuficientes para buscar un mejoramiento de sus condiciones de vida, incluido el mejoramiento de su entorno.
- Las condiciones extremas de pobreza y la falta total de oportunidades obligan a la población rural, especialmente joven, a migrar a las ciudades, donde se ubica con altos niveles de hacinamiento en sectores céntricos degradados y en tugurios carentes de los servicios públicos básicos, localizados por lo general en terrenos públicos insalubres y en zonas de alto riesgo.
- Por el volumen y el carácter desorganizado de estas migraciones, el Estado no tiene la capacidad de invertir en vivienda y en servicios públicos al mismo ritmo de la urbanización, lo cual agudiza las deficiencias en los niveles de vida de importantes sectores de la población e incide negativamente en todo el conglomerado urbano.
- A lo anterior se agregan las dificultades económicas que generalmente alegan las industrias, de manera especial las pequeñas, y las empresas de servicios públicos, para justificar la carencia de sistemas de tratamiento de sus efluentes, lo cual agrava los problemas de contaminación de las fuentes de agua y las condiciones de vida de la población que se ubica a lo largo de dichas fuentes.

Entre 1981 y 1993 el crecimiento urbano de la subregión de Puno, en el sector peruano, fue del 3,4% anual, mientras que en la zona rural fue apenas del 0,7%. Esto indica que hay una tendencia hacia la migración de la población rural hacia los centros urbanos del altiplano, especialmente Puno y Juliaca. Pero también se observa una emigración hacia regiones distintas al altiplano. Si se compara la población censada de inmigrantes y emigrantes de la subregión de Puno de los censos de 1981 y 1993, se observa 7.374 inmigrantes y 81.554 emigrantes. En este caso las principales ciudades extraregionales receptoras son Arequipa, Cuzco, Lima-Callao y Tacna.

En el caso del altiplano boliviano se observa una tendencia similar. La tasa de crecimiento urbana del período 1990-93 fue del 4,3% en todo el país, mientras que la tasa de crecimiento rural fue negativa (-0,4%) (Informe BID, 1994). La ciudad que más crece es El Alto, principalmente con población migrante del altiplano, muchos de cuyos municipios presentan tasas negativas de crecimiento, esto es, son expulsores absolutos de población.

El despoblamiento rural en cierta forma favorece los procesos de conservación y recuperación de los recursos de suelo y vegetación, puesto que disminuye la presión sobre los mismos. Sin embargo, la migración a las ciudades de población pobre y desadaptada incrementa los cinturones de miseria y los problemas socioambientales correspondientes (pobreza, mal uso del suelo urbano, déficit de vivienda, condiciones antisaneitarias, contaminación y otros).

En general, la región altiplánica se caracteriza por altas tasas de morbi/mortalidad y alta incidencia de enfermedades infecciosas. La mortalidad infantil se estima en 89,9 por mil en la subregión de Puno, 115 por mil en la zona de La Paz y 183 por mil en la zona de Oruro, lo que coloca a la región entre las de más alta mortalidad infantil de América Latina, superior a la de Haití, que tiene el 94 por mil.

El cuadro de morbilidad general para la subregión de Puno muestra que las enfermedades infecciosas ligadas a condiciones ambientales son las de mayor frecuencia (49%). Entre ellas, la gastroenteritis,

enteritis y otras enfermedades diarreicas, ligadas a la carencia de agua potable y saneamiento, presentan una frecuencia del 25,1%, seguidas por la influenza y el resfriado común, con una frecuencia del 23,9%, las cuales están relacionadas con las condiciones climáticas, pero también con la calidad de la vivienda.

La contaminación ambiental es causa directa de enfermedades de diferente tipo. La silicosis pulmonar, enfermedad propia de las áreas mineras, abarcó entre 1990 y 1994 el 97% del total de casos de enfermedades profesionales. Es ocasionada por el polvo de bióxido de sílice que, al ser inhalado, penetra en el pulmón formando concreciones y favoreciendo el desarrollo de procesos tuberculosos. Los departamentos más afectados por esta enfermedad son Potosí, Oruro y La Paz, donde se halla ubicada la mayor parte de la minería nacional de Bolivia. También son comunes las intoxicaciones, especialmente por plomo, las cuales ocurren en las plantas metalúrgicas de fundición, tanto de tipo industrial como artesanal. Las intoxicaciones por metales pesados y arsénico son causa de trastornos cerebrales, anemia, problemas nerviosos, afectación de la presión sanguínea, problemas renales y del aparato reproductor, disminución de los glóbulos rojos y reflejos más lentos, entre otros síntomas. Además, en la zona de Oruro se han observado tasas de hasta 9,5 por mil de nacidos con malformaciones, muy probablemente ligadas a problemas de contaminación (tanto del agua como de aire) por metales pesados.

En general, sólo los centros urbanos mayores cuentan con plantas de tratamiento de aguas, el cual está limitado a la cloración. En todo caso, aunque a la salida de las plantas de tratamiento el agua puede tener una calidad aceptable desde el punto de vista bacteriológico, no hay certidumbre de que a nivel del consumidor se mantenga dicha calidad, debido a las deficiencias de las redes de distribución o, como en el caso de Oruro, a las posibles filtraciones a partir de las redes de alcantarillado.

Por otra parte, la información disponible muestra que en varios sectores de la cuenca, el agua presenta altas concentraciones de sustancias tóxicas, especialmente de metales pesados, y salinidad. En consecuencia, muchos pequeños pueblos y comunidades rurales, e incluso ciudades como Oruro, podrían estar consumiendo aguas con niveles de contaminación química superiores a los aceptables para consumo humano, sobre todo si se tiene en cuenta que las plantas de tratamiento existentes sólo efectúan desinfección.

Para analizar los posibles efectos de este problema sería conveniente estudiar la frecuencia de diversos tipos de afecciones cancerosas en el cuadro de morbilidad y mortalidad de la población, de manera especial en las cuencas correspondientes a zonas mineras.

Los niveles educativos en el ámbito del TDPS son muy bajos - 21% sin instrucción y 40% con primaria completa o incompleta - sobre todo a nivel rural. El analfabetismo de la población de 15 años y más es del 22% en el sector peruano. A nivel rural las tasas de analfabetismo son del 40% en el sector peruano y del 26% en el boliviano (en este último caso para la población de 5 años y más). El analfabetismo es hasta dos veces más alto en las zonas rurales que en las urbanas y hasta tres veces más alto para mujeres que para hombres. En consecuencia, no hay recursos humanos suficientes capacitados en las disciplinas básicas.

La educación formal está en su mayor parte a cargo del Estado y no integra explícitamente la dimensión ambiental en los currículos de enseñanza. Además, por lo general, la temática educativa es alejada de la realidad físico-geográfica y de la problemática social, cultural y económica de la región. Esta es una de las causas de los elevados índices de repetición y deserción escolar.

La educación no formal es practicada por organismos no gubernamentales (ONG), organismos oficiales y

medios de comunicación. La acción de los ONG está centrada sobre todo en ayudar a resolver las necesidades básicas de la población y a mitigar su extrema pobreza, por lo cual su impacto en el campo de la educación ambiental se considera bajo y puntual. La presencia de los organismos oficiales es muy baja y sus acciones son puntuales y de baja cobertura. Los medios de comunicación son fundamentalmente noticiosos; tienen pocos programas educativos y su cobertura es escasa, sobre todo a nivel rural.

## Marco jurídico y gestión institucional

En términos generales, el marco jurídico vigente en los dos países en materia ambiental presenta problemas de dispersión y antigüedad, aunque en la actualidad se trabaja en la actualización de las leyes de aguas, bosques, fauna, áreas protegidas y aire. Además, en algunos casos se podría añadir el carácter eminentemente sectorial de la normatividad, por cuanto su objetivo es principalmente el desarrollo económico del sector y sólo secundariamente la conservación ambiental.

La legislación de aguas vigente en Bolivia es relativamente antigua y dispersa. En la actualidad existe un proyecto de Ley General de Aguas en curso de estudio por parte del Congreso de la República cuya expedición es muy necesaria dado que el agua es el recurso más importante para el desarrollo futuro del altiplano y, además, porque existen problemas de conservación críticos en algunos sectores, especialmente mineros. En relación con los recursos biológicos, se considera necesario separar la legislación sobre desarrollo forestal de la concerniente a la conservación de la biodiversidad y de las áreas protegidas, puesto que conforman dos intereses antagónicos.

En materia institucional, el esquema boliviano vigente es muy reciente y a nivel nacional parece muy indicado, no sólo por el rango ministerial que tiene la gestión ambiental sino porque está estrechamente ligada al sistema de planificación nacional. Sin embargo, no se observa un proceso reorganizativo paralelo en los niveles regional y municipal, con sus correspondientes mecanismos de coordinación.

En Perú, el Decreto Legislativo No 611 de 1990, "Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales", contiene un conjunto de disposiciones generales sobre protección de los recursos naturales renovables y manejo de elementos ambientales, pero deja bajo la responsabilidad de las autoridades competentes (nacionales, regionales, municipales o sectoriales) la responsabilidad de dictar los reglamentos y vigilar su cumplimiento. El modelo vigente de administración ambiental tiene un esquema sectorial, si bien las acciones de los diferentes sectores deben ser coordinadas por el Consejo Nacional Ambiental (CONAM) creado en diciembre de 1994. Es el organismo rector de la política nacional ambiental; depende del Presidente del Consejo de Ministros y es responsable de planificar, promover, coordinar, controlar y velar por el ambiente y el patrimonio natural de la Nación. En relación con los ministerios, el CONAM concerta acciones entre los diferentes sectores y organismos del gobierno central, regional y local en materia ambiental, a fin de que éstas guarden armonía con las políticas establecidas. Cada ministerio es responsable de la administración ambiental de su respectivo sector.

La Constitución Nacional del Perú expedida en 1993 establece en sus artículos 67 a 69 la obligación del Estado de determinar la política ambiental, promover el uso sostenible de los recursos naturales y promover la conservación de la biodiversidad y de las áreas protegidas, así como el desarrollo sostenible de la Amazonia.

# Propuesta de gestión ambiental

Dada la naturaleza y gravedad de los problemas ambientales expuestos, es necesario iniciar lo antes posible acciones efectivas en los campos de la protección y restauración ambiental de la región. Sin embargo, para ello se requiere adelantar un conjunto de actividades de preparación y planificación, las cuales serán el objeto de la fase siguiente del proyecto para la gestión ambiental del Sistema TDPS. Específicamente, en esta fase se busca:

- Efectuar una zonificación ambiental del Sistema TDPS, que sirva de base para la planificación de su desarrollo sustentable. Para ello se preparará un mapa de macrozonificación a escala 1:250.000 para todo el Sistema TDPS elaborado por medio del sistema de información geográfica (SIG). Las unidades ambientales incluirán, entre otras, las diferentes zonas de producción; las zonas de uso y manejo especial, como ser comunidades y áreas con restricciones; zonas de preservación ambiental; y zonas de recuperación, que incluyen áreas erosionadas y contaminadas. Además se confeccionarán mapas con propuestas de zonificación ecológica-económica a escala 1:50.000 para las áreas de manejo especial del Sistema, empleando también el SIG.
- Ejecutar un proyecto de recopilación y catalogación de la información sobre recursos naturales y condiciones ambientales del Sistema TDPS, con énfasis inicial en la información requerida para la zonificación ambiental. Una vez recopilada y evaluada, la información se catalogará y organizará de manera que permita su rápida recuperación y actualización. Cuando la naturaleza de la información lo permita, se integrará dentro del SIG. Esta actividad se llevará a cabo en el marco del Programa Plurinacional de Catalogación de Información sobre Recursos Naturales y Condiciones Ambientales de la SG/OEA y apoyará a la Red Interamericana de Recursos Hídricos coordinada por la SG/OEA.
- Formular un programa de gestión ambiental del Sistema TDPS encaminado a priorizar proyectos que permitan mejorar la calidad de vida de los habitantes del altiplano dentro de un marco de desarrollo sustentable. El programa contendrá propuestas de política ambiental para el Sistema, de estrategias para el desarrollo sustentable de la región, de manejo legal e institucional que tenga en cuenta el carácter binacional del Sistema, y de programas y proyectos a ejecutar en el largo plazo, con objetivos, justificación, metas, actividades, costos y cronograma de ejecución.
- Realizar los estudios de preinversión para los proyectos priorizados de carácter ambiental, en particular los relativos a la recuperación del ecosistema del Lago Titicaca y al Plan de Manejo de la Reserva Binacional del Altiplano del Titicaca.
- Preparar un programa de apoyo institucional a la Autoridad Autónoma del Lago Titicaca, con miras al fortalecimiento de su capacidad operativa. El programa tendrá tres componentes: el legal destinado a la formulación de una propuesta jurídica que favorezca la gestión del desarrollo sustentable y la conservación de los valores ambientales de la región; el institucional que busca formular una propuesta de organización institucional, para la ejecución del Programa de Gestión Ambiental del Sistema TDPS en el marco de la futura Autoridad Autónoma, y el económico destinado a proponer un esquema de instrumentos jurídicos, fiscales, tarifarios y otros para obtener recursos financieros para la gestión



ambiental, particularmente para los programas de control de la contaminación y manejo de áreas protegidas, en especial la Reserva Binacional del Altiplano del Titicaca.

En el marco del Acuerdo SG/OEA-PNUMA y del Acuerdo entre los Gobiernos de Bolivia y Perú y la SG/OEA, se iniciaron en 1995 las actividades de zonificación ambiental del Sistema TDPS y la recopilación y catalogación de la información sobre recursos naturales y condiciones ambientales, y se está preparando el Programa de Gestión Ambiental del Sistema TDPS, así como los estudios de preinversión para los proyectos priorizados de carácter ambiental y el programa de apoyo institucional a la Autoridad Autónoma del Lago Titicaca.

## Preparación del diagnóstico ambiental

En la preparación del Diagnóstico Ambiental del Sistema TDPS (Bolivia-Perú) participaron los siguientes profesionales:

*Comité Ad Hoc de Transición de la Autoridad Autónoma Binacional del Sistema TDPS:*

Julio Sanjinés Goytia (Bolivia)

Ariel Bermejo (Perú)

Mario Revollo (Bolivia)

Raúl Gutiérrez (Perú)

Anibal Pacheco (Perú)

*Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de la SG/OEA:*

Newton V. Cordeiro, Supervisión General

Alfonso Pérez Preciado, Coordinador Internacional

Nelson da Franca Ribeiro dos Anjos, Edición Internacional

Juergen Oelsner, Edición Internacional





---

# Executive summary

---

[Background and scope](#)

[Project area](#)

[Climate and hydrological features](#)

[Water use](#)

[Water pollution](#)

[Fishery development](#)

[Relief and erosion](#)

[Soils](#)

[Agricultural development](#)

[Ecosystems](#)

[Tourism development](#)

[Mining and industrial development](#)

[Socioeconomic environment](#)

[Legal framework and institutional management](#)

[Proposed approach to environmental management](#)

[Preparation of the environmental assessment](#)

---

## Background and scope

Between October 1989 and June 1993 the Governments of Bolivia and Peru, working through the Joint Subcommittee for the Development of the Lake Titicaca Integration Zone (SUBCOMILAGO), drew up the Binational Master Plan for Integral Development of the Lake Titicaca, Desaguadero River, Poopó, Coipasa Salt Marsh System (TDPS System). In December 1992 the Governments of Bolivia and Peru created the Autonomous Binational TDPS System Authority for the TDPS, which began operating through an Ad Hoc Transition Committee in July 1993.

In November 1993 the two governments presented a request for cooperation in implementing an Environmental Management Project covering the TDPS System to the General Secretariat of the Organization of American States (GS/OAS), which responded affirmatively in March 1994. In October 1994 the United Nations Environment Programme (UNEP) signed an agreement with the GS/OAS in which it committed itself to providing part of the funds necessary to implement the project. Finally, in December of that year, an agreement for cooperation was signed in Washington, D.C. between the Governments of Bolivia and Peru and the GS/OAS approving the document that sets out the project's specific objectives and activities. As a first step, the parties decided on the preparation of an

environmental assessment that would serve as the basis for the formulation of the Project.

The Committee took part in the preparation of the environmental assessment with the cooperation of GS/OAS and the support of UNEP. The result of this work is being delivered to the Governments of Peru and Bolivia and is designed to facilitate the execution of the Project.

The pressure exerted by the population on the natural resources of this area of the *altiplano* has led to an extremely serious degradation of its various ecosystems, as can be seen in the environmental assessment. This means that concrete measures to conserve resources, improve the living standard of the inhabitants, and facilitate the implementation of the various water engineering works envisaged in the Master Plan Director must be taken without delay.

The economic conditions and debt burden of the two countries make it likely that there will be increased pressure on for production the area's ecosystems and natural resources in the immediate future. This pressure must not be allowed to turn mitigation of environmental damage into a secondary concern, for that damage lies at the heart of the problem.

The TDPS region is characterized by overlapping cultural and economic systems in which a vast agrarian subsistence economy exists side by side with agricultural sectors directed at regional and national markets and with a mining industry looking abroad. The impact on natural resources has varied, but in every case their consumption and depletion are not included in the costs of production. The ancestral values based on respect for "Mother Earth" have largely died out, and nature is perceived as an inexhaustible fount of resources and a waste dump. The widespread poverty and low levels of education prevent the population from developing an awareness of the limits on their resources, and only in the wake of major natural catastrophes such as droughts and floods have some sectors of the society begun to think about the cause-and-effect relationship between the use and management of natural resources and those catastrophes.

A change in behavior toward the natural environment, especially on the part of those sectors causing it the most harm (mining, mining-based industry, urban concentration) requires a change in attitude based on an understanding of, and respect for, the region's physical and biological processes, its natural and cultural-anthropological values, and the right of its indigenous peoples to emerge from poverty by receiving a growing share of the return on the development of its resources. This change in outlook requires more effective action by the state, with a comprehensive policy including the creation and enforcement of legal, institutional and fiscal mechanisms and economic incentives and resources designed to further sustainable development in the region. Real participation by the local communities in administering the areas within their jurisdiction is also needed.

The present environmental assessment is an important step toward those ends.

## Project area

The TDPS System is an endorheic basin situated in the Andes from about 14° to 20° south latitude, between Bolivia and Peru, at an elevation of more than 3,600 meters above sea level. It covers an area of 143,900 km<sup>2</sup>, equivalent to 75% of the territory of Uruguay. It consists of the hydrographic basins of Lake Titicaca, which occupies 39% of the area, and of the Desaguadero River, which together with Lake Poopó covers 38%, and the Coipasa Salt Marsh basin, which accounts for the rest. The area encompasses

mainly the Subregion of Puno, which belongs to Peru and covers approximately 35% of the region, and the Bolivian departments of La Paz and Oruro. Lake Titicaca, at its normal elevation of 3,810 m above sea level covers 8,400 km<sup>2</sup> and has a volume of 932 million m<sup>3</sup>, performs a regulating function. The Desaguadero River links this natural reservoir to lakes Uru Uru and Poopó. The average surface area of those lakes, at 3,686 meters above sea level, is 3,191 km<sup>2</sup>. Only in very wet years is Lake Poopó connected by the Laca Jahuira River with the Coipasa Salt Marsh, which lies 3,657 m.

The high plateau, or *altiplano*, of the system is enclosed by the Andes range, which branches in southern Peru into the Western and Eastern, or Real, cordilleras. The latter separates the TDPS from the Amazon basins to the northeast and the River Plate to the southeast. The *altiplano* is made up of a series of plains, highlands, and isolated hills. The highest peak is Mount Sajama, at 6,542 meters above sea level, and the lowest point is where the bottom of Lake Titicaca measures 3,533 meters above sea level.

## Climate and hydrological features

Annual rainfall in the TDPS System ranges from 200 mm in the southern zone to 1,400 mm in the north, and is highest on Lake Titicaca. The seasonal distribution of the rain is similar throughout the region - typically monomodal, with a rainy season from December to March and a dry period from May to August. Annual rainfall fluctuates more than 50% from the mean. Mean annual temperatures on the region's *altiplano* range from 8 to 10°C, the highest occurring from December to March. The minimum mean monthly temperatures range from -7°C in the north to -10°C in the south. Winds are predominantly calm, although velocities of up to 4 and 5 m/s have been recorded in the Lake Titicaca zone and the eastern area, respectively. Evaporation is very high, reaching annual means of 1,450 mm near and at Lake Titicaca and 1,900 along the south of the TDPS system. The evapotranspiration potential varies from 1,000 to 1,500 mm over the region, with the highest values occurring from November to March and the lowest from May to August. According to the Thornthwaite climate classification, a little over half the region, particularly the northern (including the upper basin of the Desaguadero River) and eastern sectors, is characterized by rainy or semi-rainy and cold climates, and the rest has a semi-arid cold climate.

The TDPS System consists mainly of the hydrographic network of the Lake Titicaca basin in the north, which for the purposes of this study was divided into six hydrological zones, and the zones of the basins of the upper and middle Desaguadero, the Mauri, Lake Poopó, and the Coipasa Salt Marsh in the south. The total annual inflow from the tributaries into Lake Titicaca is 201 m<sup>3</sup>/s. Adding 270 m<sup>3</sup>/s mainly from precipitation on the lake and subtracting evaporation estimated at 436 m<sup>3</sup>/s, without taking other losses into account, leaves a mean annual surplus of 35 m<sup>3</sup>/s to be evacuated by the Desaguadero River, which receives several tributaries during its course and has a mean annual flow of 89 m<sup>3</sup>/s before bifurcating to empty into Lake Poopó.

The largest aquifers are located in the middle and lower basins of Lake Titicaca's principal tributaries and in a belt that extends along the Eastern Range from Lake Titicaca to Oruro. Other aquifers, smaller or brackish, are located on the upper course of the Desaguadero and in the areas surrounding Lake Poopó and the Coipasa Salt Marsh. The total flow rising from the subsoil to the surface does not exceed 3 m<sup>3</sup>/s. The quality of the water depends in large part on the amount of rain.

Droughts and floods are the natural hazards that have had the greatest environmental, social and

economic impacts on the TDPS region. Historical records exist for at least twelve major droughts and ten floods. During the 1980s there were very severe droughts in 1982-83 and 1988-89, and in 1986-87 the greatest flood of this century. The droughts of the last decade caused economic losses estimated at US\$216.5 million, while the great flood inundated 46,000 hectares on the shores of Lake Titicaca and caused losses totaling US\$125 million throughout the System. In all, losses from these disasters came to about US\$341.5 million.

Both the droughts and the floods are linked to the natural rainfall and water-flow patterns, but to a considerable extent they are due to imbalances caused by the diminished regulating capacity of the basins resulting from bad land use and the inappropriate location of productive activities and infrastructure.

## Water use

The overall demand for water throughout the System amounts to 125m<sup>3</sup>/s, of which 2 goes for domestic consumption, 19 for planned transfers to other basins, 103 for present and future irrigation projects, and 1 for other uses, including mines, industry, and watering places for livestock. The total demand planned for the Lake Titicaca basin is 95 m<sup>3</sup>/s, and for the Desaguadero basin 30 m<sup>3</sup>/s. These estimates include the future projects contained in the Master Binational Plan.

As the maximum usable flow in the Titicaca basin is only 20 to 25 m<sup>3</sup>/s, this demand will have to be rethought and the transfer and irrigation projects will have to be selected and given priority on the basis of environmental criteria as well as social, economic, and hydrological ones. The fact is that, although the flow brought to the lake by its tributaries is estimated at 201 m<sup>3</sup>/s, it cannot be used because most of it is used to maintain the lake itself. This means that the principal limit on the exploitation of the water resources will not be lack of water in the basins but the restrictions imposed by the levels of Lake Titicaca and concern for the lake's survival. Hence the TDPS's main international problems involve the use of water resources. The great pressure on these resources in both Peru and Bolivia requires a technically viable and equitable distribution of water from the TDPS System between the two countries, that will ensure levels of operation in Lake Titicaca that are acceptable both environmentally and from the standpoint of water use. Likewise, although at present this is a problem restricted to the bay of Puno, future agricultural, mining, and industrial development of the Titicaca basin requires pollution control mechanisms designed to prevent general deterioration of the reservoir, which would affect the uses of water from the Desaguadero River.

Flows in the Desaguadero River basin are apparently sufficient for the demand, though their great irregularity and the water salinity problems threatening the Soledad Laguna and lakes Uru Uru and Poopó require the construction of regulating works on some tributaries and, as with Lake Titicaca, selectivity and the setting of priorities with respect to the development projects, especially those on irrigation, which account for 87% of the demand. An annual mean flow of at least 47 m<sup>3</sup>/s and the construction of adequate distribution channels are needed to ensure sustainable use of this lake system.

Inventories made thus far have identified 822 groundwater taps throughout the system. Half of these involve shallow wells, no more than 10 m deep. The largest volumes of groundwater are drawn from deep wells of less than 110 m, particularly in the towns of El Alto and Oruro. This accounting also includes springs and a few hot springs. Current extraction of ground water is estimated at 977 l/s, 94% of which is for domestic consumption.

# Water pollution

Pollution of the TDPS System's water resources is not yet a widespread problem. However, some problems are making themselves felt locally to a degree that calls for control and recovery measures. These are:

- Organic and bacteriological contamination caused by waste waters from Puno, in the inner bay of Puno (Lake Titicaca), from Oruro in Lake Uru Uru, from Juliaca in the Coata River, and from El Alto (partial) in the Seco River. The Coata and the Seco are tributaries of the Titicaca. The most serious problem is found in the interior bay of Puno, where a eutrophication problem is worsening.
- Physical and chemical pollution of lakes Poopó and Uru Uru and the lower course of the Desaguadero River by heavy metals generated by mining and the smelting plants around Oruro. Cadmium, lead, mercury, nickel, cobalt, chrome, and arsenic are found in concentrations exceeding the permissible limits for human consumption in lakes Poopó and Uru Uru. Tin is present throughout the basin's hydric system in equally high concentrations. High concentrations of heavy metals have also been measured in the sediments of the Coata River, which indicates that mining also causes pollution in this basin.

At the same time, natural conditions in the TDPS System produce high levels of salinity in some bodies of water. In the Desaguadero River downstream from La Joya and in some of its tributaries the salinity can exceed 2 g/l. Upstream from La Joya to its source, salinity ranges from 1 to 2 g/l. Lake Poopó, because it is the final recipient of the waters of the Desaguadero and other rivers that drain saline land in the southern portion of the basin, can have saline concentrations of more than 100 g/l. Lake Titicaca, in sharp contrast, boasts waters of good quality, with salinity levels below 1 g/l. The salinity of groundwater varies in both the Titicaca and Desaguadero basins.

# Fishery development

The TDPS System contains considerable fishery resources spread throughout its various bodies of water, but the major concentrations occur in lakes Titicaca and Poopó. The fish biomass of Lake Titicaca has been estimated at some 91,000 tons, while the extraction has fluctuated about 4,600 and 7,500 t. Exploitation has been carried out by some 8,300 professional, subsistence, and part-time fishermen using more than 3,000 boats, a large majority of them based on the Peruvian side. According to the most recent (1993) statistics, the most commonly caught species in the Peruvian sector of Lake Titicaca is the *karache* (53.6%), followed by the silversides (*pejerrey*) (34.96%) and the *ispi* (11.2%). Other native species (*maurí* and *boga*) account for less than 0.2% and trout less than 0.1 %. In the Bolivian sector of Lake Titicaca the percentages must be similar, although in Lake Poopó the leading catch is the silversides.

Fishing on Lake Titicaca is basically inshore. Fish are thought to be there plentiful farther out, but before fishing can be encouraged adequate knowledge of the potential in both zones must be developed. Peruvian and Bolivian fishery development policies for Lake Titicaca must furthermore be harmonized to prevent one country's efforts from undermining the other's.

The native species *karache*, *ispi*, *mauri* and *boga* were the traditional catch in the region. Trout and silversides became commercially important following their introduction in 1942 and 1955, respectively. The silversides has been displacing the trout to the point where the latter is seldom caught anymore. However, it seems that the considerable decline in the catch of native species that was observed in the late 1980s is now reversing. Given this situation, the programs to replenish the native species (1,972,000 fry released in 1993-94) are deemed inadequate to the size of the lake and the pressure of fishing activity. Aquaculture research programs on which to base intensified fishery development in Lake Titicaca must be spurred.

The silversides has become predominant in Lake Poopó. However, recent studies have revealed high levels of heavy metals in silversides caught there, which points to the need for research aimed at taking corrective action. Food chain pollution is a consequence of the high concentrations of toxic metals detected in the waters of the lake.

## Relief and erosion

The geology of the TDPS System has been determined by tectonic movements throughout all the orogenic cycles. The *altiplano* in particular has undergone structural evolution into very recent times, and upheavals and volcanic activity still continue. In the Quaternary its evolution has been linked basically to climate change. The alternation of humid and dry, and hot and glacial periods has created successively larger and smaller lakes than those of today. During the upper Pleistocene several glacial phases steadily reduced the surface area of lakes in the northern part of the *altiplano* whose elevation at the start of the Pleistocene was about 200 m higher than at present, with water covering of more than 50,000 km<sup>2</sup> as against approximately 8,000 today.

At the present time the following geomorphological units can be identified:

- A third of the area of the TDPS System is occupied by mountains. More than half of this consists of rounded mountains with a volcanic substratum. With the addition of colluvial deposits of foothills, moraine accumulations, and alluvial ranges, mountains occupy 39% of the system.
- Another third of the region is occupied by the typical *altiplano* features: fluviolacustrine plain, depressions, fluviolacustrine terrace, and smaller features. Of particular importance are the marshes, which consist of depressions harboring a characteristic vegetation of great ecological significance.
- Hills and mesetas, which for practical purposes form a single group, cover around one fifth of the region.
- Slightly less than a tenth of the region is covered by water.

Human-caused erosion from millennia of farming, forestry, and grazing practices have left almost the entire region largely and even wholly stripped of natural vegetation. To this are added the consequences of mining. At this juncture it is very difficult to separate erosion of human origin from that caused by rain, drought, and wind. Studies indicate that 66% of the region suffers from slight to moderate erosion. Twenty-eight percent of the land is considered affected by severe erosion associated with the

geomorphological units formed by degraded volcanic terraces and mesetas, hills, and dissected mountains. In the middle Desaguadero basin and small parts of other basins that constitute slightly over 2% of the TDPS system, gullies and other signs of very severe erosion are evident. Signs of wind erosion have been detected across an area of 4,800 km<sup>2</sup> of the Poopó-Salares basin.

Both the rivers and the depressions and lagoons contain deposits of sediment that reflect the various erosion processes described above. Solid-flow measurements taken in the period 1965-1989 for the Desaguadero basin and 1960-1990 for the tributaries of Lake Titicaca yield maximum mean solid-transport values of 6 million and 606,000 tons a year, respectively.

## Soils

A third of the TDPS System, not counting the water surfaces, consists of arable land of classes II to IV according to the US Conservation Service. Most of it, i.e., 21.6% of the System's land, is class IV land occupying the geomorphological units of the terrace and preserved volcanic meseta and some saline depressions, including marshes, in the south. Because of their altitude and low temperatures, most of the soils are deficient in organic material and nitrogen and therefore require special measures to maintain and increase their productivity. A little over a fifth of the land is non-arable, with Class V soils predominating slightly over Class VI. In this part, terracing systems dating back to pre-Columbian civilizations survive on the hillsides. These lands include eolian accumulations, slope deposits, marshes in the middle and upper basins, and the dissected volcanic meseta. Abundant stones created by glacial activity limit their use to controlled forestry and grazing of camelides or sheep, especially in the marshes. Finally, about half the region's land area consists of marginal and nonarable lands, classes VII and VIII. The possible uses of the Class VII soils should be limited to their restoration and to extensive grazing. The rest, which include rock outcroppings, salt flats, and snowy peaks, are suitable only for the protection of water resources, recreational use within national parks or conservation areas, or mining in the case of the salt marshes.

Comparing the potential with the actual use of the soils shows that at least a third of TDPS lands are being overused. This overuse occurs especially on marginal land and land suited neither to annual, continuing cultivation nor to controlled silvipastoral uses.

The loss of farmland is due mainly to erosion and salinization. It has been estimated that 30% of the soils show severe and very severe erosion resulting from present and past farming and grazing activities and hastened by the System's geological conditions. In fact, the most serious problems have developed on gently and steeply sloping hilly land, terraces and mesetas. In some specific situations erosion may be related more to natural geological evolution than to land use.

With respect to salinization, 3,449 km<sup>2</sup>, or 2.4%, of the region's land have been classified as saline. These lands are located chiefly around the Coipasa Salt Marsh and Lake Poopó, and their high salinity is due basically to flooding of the Desaguadero, the Lauca, and other rivers of the southern part of the *altiplano*. Consequently, the salinity of the water must be kept very much in mind in the development of irrigation projects to prevent saline land areas from increasing.



# Agricultural development

The main areas of cultivation are on the level ground and gentle hills bordering Lake Titicaca. Other, less extensive farmlands are found in the Poopó-Salares, upper Desaguadero River, Ramis, and Huancané basins. By and large, these are the most densely populated rural areas, characterized by highly fragmented terrain with many parcels of land of uneconomic size, high levels of poverty and low yields, attributable primarily to rudimentary farming technology. Nevertheless, it is the output of these areas that is intended in large part for national consumption (Lima-Callao, Arequipa, and other centers outside the region). The main crop throughout the *altiplano* is potatoes, followed by feed crops, quinoa, barley, and oca.

The low use of fertilizer and agrochemicals in general, especially in *minifundio* and other depressed areas of the region, produces low yields that decrease over time, since soil needs at least to have the nutrients consumed by crops restored to it. The use of guano and organic fertilizers in general must be not only maintained but increased, as must crop rotation practices. On the other hand, intensive and widespread use of fertilizers and toxic chemicals give rise to future pollution of bodies of water, especially Lake Titicaca. It is therefore necessary that the projects for intensive agricultural development be carefully selected and planned and that they go hand in hand with adequate regulations on the use of toxics.

Unlike crop farming, stockraising is more highly developed in the Peruvian sector. The main species are cattle, sheep, alpacas, llamas, pigs, and poultry. There are commercial livestock operations run by medium-sized and large producers, as well as communal operations of various kinds and a large number of small independent producers. Grazing areas are located mainly in the Ramis, Ilave, Poopó-Salares, upper Desaguadero, and Titicaca basins, on flat and hilly tracts. The pastures are generally communal and grazing is supervised by herders who move with their herds; population density is therefore low, with houses grouped in small clusters. Most of the production of these areas, too, is exported to the regional and national market. Grazing is extensive and unmanaged, so that the grasslands are becoming steadily less productive. Cattle grazing in particular leads to soil compaction and the destruction of pastures. Since there is little or no use of polluting anabolics and toxic products, the meat is of good quality. In addition, livestock grown in such cold climates generally contract few infectious diseases. Camelide meat, especially that of alpacas and llamas, is known for its low fat content.

Conditions in the mixed farming (crop and pasture) and agrosylvopastoral (crops, pasture, and shrubs) areas are more restrictive, from the standpoints of both soil (topography, stoniness, rock outcropping, erosion, salinity) and climate (lower temperatures and precipitation, more frequent frost). The basins with the most land devoted to these uses are the Poopó-Salares, middle Desaguadero, Titicaca, upper Desaguadero and Ramis. Population density can be high in some places, though less so than in the agricultural areas. Both grazing and crop farming in these areas is generally carried out under marginal conditions, and most of the production is for subsistence. For these same reasons of ecological marginality, these areas also suffer the most severe degradation of basic natural resources.

## Ecosystems

The ecosystem of the basin is that of the puna, a formation of stiff grasses and leathery-leaved scrub, with stands of queñoa and other trees in sheltered locations. The features and flora of the puna change

with the climate, however, turning bleaker and sparser as the climate becomes drier and colder. Distinction between the humid puna in the north and the and puna in the south. At elevations over 4,400 m, the grass and shrub formations become increasingly open and specialized and finally give way to sandy expanses that border areas of perpetual snow. The most typical fauna of these ecosystems are the condor and the flamingo, among the birds; the llama, the alpaca, the vicuña, and the guanaco, among the mammals; and the world's largest known frog. A wide variety of other species of birds, mammals, and other groups are also present, some of them in danger of extinction. Within this general system the special conditions created by Lake Titicaca and other lakes of the *altiplano* have given rise to a unique aquatic vegetation, among which the reed banks are particularly important both ecologically and economically. The lakes provide habitats for a great variety of aquatic birds, many of them migratory, and some native fishes that still retain a certain commercial importance.

Practically the entire *altiplano* is a single natural grassland, varying in aspect according to climate and soil. It is richest in forage in the marshy areas, which yield close to 2,500 kg of dry matter (dm) per hectare and year. The productivity of meadows where grasses predominate ranges from 1,000 to 1,600 kg, although on some types of scrubland that figure drops to between 130 and 210 kg. The productivity of scrubby or grass-and-shrub meadows is also very low: some 150 to 210 kg dm/ha. Consequently, the animal-carrying capacity varies greatly on the *altiplano*.

The load per hectare on the grasslands, especially of sheep and cattle, is excessive. It leads to waste of energy and a gradual degeneration of the grasslands, as evidenced by a diminishment of biomass and of natural carrying capacity. The result is underweight, undersize, animals and low output of meat and milk.

To this are added the use of scrub (*tola*) for firewood, burns intended to promote new growth to improve the palatability of the grasses and shrubs, and the introduction of exotic forage species, all of which contribute to the progressive degradation of the *altiplano*'s natural grasslands.

Furthermore, the burning of scrub and its use for fuelwood, and the cutting of queñoa stands for fuelwood and construction, have led to marked degradation of the region's woody plant cover. This is evident especially in the increasingly bare *tolares* or stands of scrub (21% of *tolares* are bare) and in the reduced area covered by pure woody formations in the region (4,249 km<sup>2</sup>, of which *tolares* account for 3,272 and woods only 977).

Within the general context of the degradation of the TDPS system's plant and soil resources, there are certain areas whose loss would have significant environmental implications. These are:

- Marshes or humid depressions of the intramontane valleys, characterized by a rich flora and fauna and of great importance for the maintenance of the alpaca and vicuña populations. These wetlands also regulate river flows. Draining them for farming purposes or to provide water would seriously unbalance the region's biological and hydric system.
- Areas of aquatic vegetation, especially reed banks, whose total area shrank from 59,132 ha in 1970 to 40,056 in 1992 as a result of overexploitation, especially in the Peruvian sector of Lake Titicaca. These areas are very important for fish reproduction and feeding and for nest-building by birds, and as a source of fodder for domestic animals and raw material for local handicrafts.
- Areas with remnants of Andean pre-Columbian techniques for working the land (platforms, *waru warus*, *cochas*) that have not been fully identified and are mistakenly used

to "further" agricultural development, thus destroying the possibility of recovering and updating these ancestral technologies and of learning their true productive potential.

- Areas with archeological ruins that are not being property protected and maintained (Ayaviri, Laraqueri, the northern and western zones of the TDPS System), and are being used for purposes other than cultural and tourism development.

The loss of biodiversity and genetic resources has been evident for some time. This must be addressed through an environmental management program. It is rooted in the following causes:

- Deforestation and burning of vegetation, very common in the region, both in the past and in the present.
- The introduction of new species, such as cattle and sheep on the grasslands and trout and silversides in the lakes, into the territory of the TDPS System.
- Uncontrolled hunting and fishing.
- Uncontrolled use of native flora and fauna throughout the *altiplano*.

As a result of these practices, many formerly abundant species of Andean flora are now hard to find. At least five species of fauna are endangered and twelve are threatened. Especially important are the fish species native to Lake Titicaca, whose numbers are shrinking fast because of Uncontrolled fishing.

There are six protected areas in the TDPS System, one in the Peruvian and five in the Bolivian sector, with a preliminary total of 92,154 ha (0.6% of the System). However, neither Peru nor Bolivia has proper mechanisms to ensure their protection. Three are not protected under any law, none has a management plan, and, worst of all, adequate economic and human resources are not available for monitoring, research, planning, and development. Consequently, most of the areas are being subjected to uses incompatible with conservation: grazing, farming, fishing, hunting, burning, etc. The only area where an effort is being made to protect the lake environment is the National Titicaca Reserve, in the Puno subregion. This reserve embraces the reed banks and floating islands of the Uros, one of whose problems is overexploitation of reeds. Two of the Bolivian areas are not delimited and the rest are not legally recognized.

Furthermore, new reserves are needed in the TDPS System to protect the high plateau's valuable resources and ecosystems of the *altiplano*. Chief among them is the Binational Reserve, whose extensive natural grasslands and marshes, inhabited by large herds of vicuña and alpaca, would straddle Peru and Bolivia.

No data are available for an assessment of ecosystem pollution by agrochemicals. However, this does not yet seem to be much of a problem in the TDPS System as a whole because, although widely known, agrochemicals are not used intensively or massively; in most of the region because of the extreme poverty, they are used little if at all.

They are most commonly used on foodstuffs in commercial demand and are limited to nitrogenized and phosphorated fertilizers (nitrates, phosphates and urea). However, the use of pesticides and herbicides, some of which are highly toxic and in fact prohibited or restricted in other countries (for example, DDT), gives cause for concern. In addition, there are problems involving herbicide management due to the farmers' lack of familiarity with such substances.

# Tourism development

The TDPS region has abundant and varied tourism resources: woodlands with native fauna and flora, landscapes, opportunities for boating and fishing, archeological sites unique in the world, historical and religious relics, age-old customs and traditions, folkloric events and the like. Tourists currently visiting the region come primarily in search of landscapes and archeological sites. Proper advantage of these two resources has not yet been taken, however, because of an inadequate infrastructure of roads, hotels, promotion and other necessities. Furthermore, the other tourism resources mentioned must be integrated with them.

In the particular case of ecotourism, an especially significant potential resource, a properly planned system of protected areas first must be developed and integrated into the social and territorial context of the *altiplano*, including the provision of minimum facilities for visitors and researchers. The following ecotourism resources await development:

- Areas representative of the lake ecosystems: reed banks, sites where fish and birds abound (reproduction and nesting).
- Marshes and grasslands with abundant wildlife (vicuña, viscacha, etc.).
- Well-preserved tolares and queñoa stands with plentiful wildlife (vicuña, condors, etc.).
- Birds on the banks of Lake Poopó, especially flamingos.
- Salt marshes and saline ecosystems.

The development of such areas should involve the local population, with its traditions and customs, so that it can benefit from ecotourism through employment, handicrafts sales, guide services, etc.

# Mining and industrial development

Mining is done especially in the southern part of the region, in the Oruro area, and output is exported to external markets. There is also mining in the Peruvian sector, though on a much smaller scale. Large mines predominate, though medium-sized and small mines are also active. The most heavily mined ores are metals such as tin, silver, zinc, and gold. Wherever it occurs, mining is the main cause in environmental degradation. Its impact takes the following forms:

- Pollution by heavy metals. The acid mine waters, the excavations and tailings indiscriminately dumped, and the effluents of concentration plants use flotation methods that these are the main sources of metals in solution and other substances employed in ore processing, such as cyanides and xanthates, which are highly toxic to aquatic fauna and flora.
- The salinization of the Desaguadero River and Lakes Poopó and Uru Uru as a result of open-cast mining, when volcanic soil rich in mineral salts that are flushed out by rain water is removed and left uncovered.

- Air pollution by suspended particles (dust) during the removal and crushing of polymetallic ores. The pollution is furthered by the semi-arid climate and the strong winds, especially in the Oruro area. However, the major impact on the air in the mining zones comes from smelters, which emit large volumes of sulfur dioxide and of arsenic and lead dust, which can be very harmful to health. There are signs that the high incidence of malformed newborns in Oruro may stem from the various types of pollution from mining and industry in the area.

One of the leading causes of environmental degradation from mining is the lack of environmental oversight, especially in the Oruro area. Although the recently established large mines (e.g., the Inti Raymi mine) follow environmental-protection procedures, older operations and small and medium-sized mines do not.

Industrial activity consists only of the Viacha (Bolivia) and Juliaca (Peru) cement plants, which constitute further sources of dust pollution.

## Socioeconomic environment

The TDPS region was the center of the Tiwanacu culture, one of the most advanced of the pre-Columbian period and part of the Inca empire until a little less than a century before the arrival of the Spaniards. The present population, estimated at 2.2 million, is distributed approximately equally between the Peruvian and Bolivian *altiplano* and between rural areas and urban centers. Rural depopulation has been taking place in recent years. The cities of Puno and Juliaca in Peru and El Alto and Oruro in Bolivia are the region's main urban centers. Approximately 70% of the region's total population lives below the poverty line. Only 20% of the population is connected to a water supply and sewer system. Morbidity and mortality rates are very high. Rural illiteracy stands at 28%.

The tertiary sector (trade and services) constitutes the chief sector of the economy, with around 50% of GDP, followed by the primary sector (agriculture and mining). The secondary sector (industry) accounts for less than 15% of GDP.

Poverty is one of the critical social problems of the *altiplano*, affecting both the rural and the urban population and the entire social fabric in general. The available information indicates that in the Peruvian sector 73.5% of the total population, and in the Bolivian sector 99% of the rural population, lives in poverty. Poverty has a number of consequences:

- Families have to devote all their energies to meeting their basic needs for food, housing, and clothing, and their resources are too limited to seek an improvement in their living conditions, including their surroundings.
- Extreme poverty and a total lack of opportunity compel the rural population, especially young people, to migrate to the cities, where they crowd into degraded central districts and slums without basic public services, generally on insalubrious public lands and in hazardous areas.
- In the face of the numbers and the disorganized nature of these migrations, the government is unable to invest in housing and public services fast enough to keep up with the influx. This further lowers the living standards of large segments of the population and has a

negative effect on the entire urban area.

- Industry, especially small enterprises, and public utilities, generally cite economic difficulties to justify their failure to treat their effluents, which aggravates the pollution of water sources and the poor living conditions of the population in the vicinity of those sources.

From 1981 to 1993 urban growth in the Puno subregion, in the Peruvian sector, registered 3.4% annually, while the rural population grew at only 0.7%. This indicates a rural exodus toward the urban centers of the *altiplano*, especially Puno and Juliaca. But emigration to other regions is also evident. A comparison of immigration and emigration figures for the Puno subregion in the censuses of 1981 and 1993 shows 7,374 immigrants, as against 81,554 emigrants. In this case the chief destination points outside the region are Arequipa, Cuzco, Lima-Callao and Tacna.

The Bolivian *altiplano* shows a similar trend. The urban growth rate for the period of 1990-1993 in the country as a whole was 4.3%, while the rural rate was negative: -0.4% (IDB Report, 1994). The fastest-growing city is El Alto, whose immigrants come mainly from the *altiplano*, where many of the municipalities are registering negative growth rates, or in other words are expelling their population.

In a sense, rural depopulation assists the conservation and recovery of soil and plant resources by lessening the pressure on them. However, the migration of poor, unskilled people to the cities increases the destitution belts and the associated socioenvironmental problems (poverty, poor use of urban land, housing shortages, unhealthful conditions, pollution, etc.).

The *altiplano* region is generally characterized by high morbidity and mortality rates and a high incidence of infectious diseases. Infant mortality is estimated at 89.9 per 1,000 in the Puna subregion, 115 per 1,000 in the La Paz area and 183 per 1,000 in the Oruro area. These infant mortality rates are among the highest in Latin America, higher than Haiti's 94 per 1,000.

The morbidity figures for the Puno subregion show environment-related infectious diseases heading the list with 49%. Among these, gastroenteritis, enteritis, and other diarrheic diseases associated with a lack of safe water and sanitation account for 25.1%. They are followed by influenza and the common cold (23.9%), which are connected to climatic conditions but also to the quality of housing.

Environmental pollution is a direct cause of other kinds of illnesses as well. Pulmonary silicosis, common in the mining areas, accounted for 97% of all cases of occupational diseases from 1990 to 1994. It is caused by inhalation of free silica dust, which penetrates the lungs and results in fibrosis and the developing of tuberculosis lesions. The departments most affected by this disease are Potosí, Oruro and La Paz, where most of Bolivia's mining industry is centered. Poisoning, especially by lead, is also common in smelting plants, both industrial and small-scale. Among the disorders stemming from poisoning by heavy metals and arsenic are brain disorders, anemia, problems of the nervous and reproductive systems and the kidneys, diminished production of red blood cells, and slower reflexes. In addition, rates of up to 9.5 malformations per 1,000 births, which are very probably linked to heavy-metal pollution of water and air, have been observed in the Oruro area.

Generally speaking, only the larger urban centers have water-treatment plants, and these are limited to chlorination. In any case, although the water may be of bacteriologically acceptable quality when it leaves the plant there is no assurance that this quality will be maintained until it reaches the consumer,

given the shortcomings of the distribution systems or, in the case of Oruro, seepage from the sewer systems.

The available data further show that in many sectors of the basin the water contains high concentrations of toxic substances, especially heavy metals, and salinity. Consequently, many villages and rural communities, and even cities like Oruro, may be consuming water with levels of chemical pollution in excess of those acceptable for human consumption, especially considering that the treatment plants do no more than disinfect.

To analyze the possible effects of this problem it would be necessary to study the frequency of cancers in terms of morbidity and mortality, especially in the basins containing mining areas.

Educational levels in the TDPS System are very low - 21 % without schooling and 40% with complete or incomplete primary education, especially in the countryside. Illiteracy among the population aged 15 years and older stands at 22% in the Peruvian sector. In the countryside, illiteracy rates are 40% in the Peruvian sector and 26% in the Bolivian (the latter figure applies to the population aged 5 years and older). Illiteracy is up to twice as high in rural as in urban areas, and up to three times higher among women than men. As a result there not enough human resources with mastery of the basic disciplines.

Formal education, provided for the most part by the government, does not explicitly cover environmental topics. The subject matter is by and large irrelevant to local physical and geographic realities and to the region's social, cultural, and economic problems. This is one of the causes of the high failure and drop-out rates in the schools.

Nonformal education is offered by nongovernmental organizations (NGOs), official organizations, and the media. The NGOs focus their efforts on helping to meet the population's basic needs and mitigating its extreme poverty, so that their impact in terms of environmental education is considered low and incidental. The official organizations maintain little presence and their efforts are narrow in scope and limited in coverage. The media provide news but have few educational programs and their coverage is limited, especially in the countryside.

## **Legal framework and institutional management**

In general terms, the existing legal framework concerning the environment in the two countries is diffuse and outdated, although laws on water, forests, fauna, protected areas, and air are currently being updated. In some cases, moreover, the laws are primarily sectoral, with the sector's economic development the principal concern and environmental protection an afterthought.

The existing legislation concerning water quality in Bolivia is rather old and diffuse. A bill addressing the general issue of water quality (Ley General de Aguas) is currently being studied by the Congress of the Republic. This is a much-needed piece of legislation, as water is the most important resource for the future development of the *altiplano* and because its conservation poses critical problems in some sectors, especially in connection with mining. With respect to biological resources, it is felt that the legislation on forestry development must be separated from that on biodiversity and protected areas, since they serve opposing interests.

In its institutional approach, the existing Bolivian system is very recent and seems very well designed at the national level, not only because environmental action is addressed at the ministerial level but also

because it is closely tied to the national planning system. However, no corresponding reorganization or coordination mechanisms seem to have been introduced at the regional and municipal levels.

In Peru, Legislative Decree No. 611 of 1990, "Environment and Natural Resources Code," contains a set of general provisions concerning the protection of renewable natural resources and environmental management, but leaves the competent authorities - national, regional, municipal, or sectoral - responsible for issuing and enforcing regulations. The environmental administration model is sectoral, although the activities of the various sectors are supposed to be coordinated by the National Environmental Council (CONAM), created in December 1994. CONAM, a dependency of the Chairman of the Council of Ministers, directs the nation's environmental policy. It is responsible for planning, promoting, coordinating, supervising, and monitoring the country's environment and natural heritage. With respect to the ministries, CONAM coordinates environment-related activities among the various sectors and agencies of the central, regional, and local governments, to ensure that they accord with established policy. Each ministry is responsible for environmental administration in its own area.

Articles 67 to 69 of the Peruvian Constitution of 1993 provide that the state shall determine environmental policy, promote the sustainable use of natural resources, promote the conservation of biodiversity and protected areas, and ensure the sustainable development of Amazonia.

## **Proposed approach to environmental management**

Given the nature and seriousness of the environmental problems described, no time should be lost in initiating effective action to protect and restore the region's environment. However, the preparation and planning involved will require a number of steps, and they will be the object of the next phase of the TDPS System environmental management project. Specifically, this phase will entail:

- Environmental zoning of the TDPS System as a basis for planning its sustainable development. A macrozoning map on a scale of 1:250,000 will be prepared for the entire System, using a geographic information system (GIS). The environmental units will include, among other things, the various production zones; special use and management zones, such as communities and restricted areas; environmental protection zones; and recovery zones, including eroded and polluted areas. In addition, maps will be made with ecological and economic zoning proposals on a scale of 1:50,000 for the system's special management areas, again using a GIS.
- The implementation of a project to compile and catalogue the information on natural resources and environmental conditions of the TDPS system, with initial emphasis on the information required for the environmental zoning. Once compiled and evaluated, the information will be catalogued and organized in such a way that it can be quickly retrieved and updated. The nature of the information permitting, it will be added to the GIS. This activity will be carried out in conjunction with the GS/OAS Plurinational Project on Indexing of Information on Natural Resources and Environmental Conditions in the Americas, and will support the Inter-American Water Resources Network coordinated by the GS/OAS.
- The formulation of an environmental management program for the TDPS System, to set priorities for projects designed to improve the quality of life of the inhabitants of the



*altiplano* in a framework of sustainable development. The program will encompass proposals on an environmental policy for the system; on strategies for the sustainable development of the region and for a legal and institutional management that takes account of the System's binational character; and on programs and projects to be executed over the long term, with objectives, justification, goals, activities, costs, and implementation timetable.

- Preinvestment studies for the high-priority environmental projects, in particular those concerning the recovery of the Lake Titicaca ecosystem and the plan for managing the binational reserve of the Titicaca *altiplano*.
- The preparation of a program of institutional support to the Lake Titicaca Autonomous Authority, with a view to strengthening its operational capacity. The program will have three components: a legal one, to devise a legal instrument that furthers the sustainable development and environmental protection of the region; an institutional one, to devise an organizational basis for the implementation of the Environmental Management Program of the TDPS System under the future Autonomous Authority, and an economic one, to devise a plan for the implementation of legal, fiscal, and rate-setting instruments for environmental management, particularly for pollution control programs and protected area management, especially the Lake Titicaca Altiplano Binational Reserve.

Within the GS/OAS-UNEP Agreement and the Agreement between the Governments of Bolivia and Peru and the GS/OAS, activities on the environmental zoning of the TDPS System and the compilation and cataloguing of information on natural resources and environmental conditions were begun in 1995, and the TDPS System Environmental Management Program is in preparation, as are preinvestment studies for the high-priority environmental projects and the program of institutional support to the Lake Titicaca Autonomous Authority.

## Preparation of the environmental assessment

The following professionals participated in the preparation of the environmental assessment of the TDPS System (Bolivia-Peru):

- Ad Hoc Transition Committee, Binational Autonomous Authority for TDPS System  
Julio Sanjinés Goytia (Bolivia)  
Ariel Bermejo (Peru)  
Mario Revollo (Bolivia)  
Raúl Gutiérrez (Peru)  
Aníbal Pacheco (Peru)
- Department of Regional Development and Environment, GS/OAS  
Newton V. Cordeiro, General Supervision  
Alfonso Pérez Preciado, International Coordinator  
Nelson da Franca Ribeiro dos Anjos, International Edition  
Juergen Oelsner, International Edition





---

# Introducción

---

[Antecedentes](#)

[Objetivos](#)

[Metodología](#)

[Características generales del sistema TDPS](#)

---

## Antecedentes

Los esfuerzos de cooperación entre Perú y Bolivia para el manejo de los recursos naturales, especialmente hídricos, del altiplano datan de algunos decenios. El 30 de julio de 1955 se firmó en Lima la Convención Preliminar para el Estudio del Aprovechamiento de las Aguas del Lago Titicaca, y el 19 de febrero de 1957 se aprobó un "plan para el estudio económico preliminar del aprovechamiento común de las Aguas" del lago. La ratificación de estos documentos sólo se llevó a cabo el 20 de febrero de 1987 y permitió el inicio de las actividades de la Subcomisión Mixta para el Desarrollo de la Zona de Integración del Lago Titicaca (SUBCOMILAGO).

Para el desarrollo de estas actividades se suscribieron en 1986 y 1987 dos convenios con la Comisión de la Comunidad Europea, en cuyos marcos se realizaron los estudios del "Plan Director Global Binacional de protección-prevención de inundaciones y aprovechamiento de los recursos del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Salar de Coipasa (Sistema TDPS)".

Entre octubre de 1989 y junio de 1993, los Gobiernos de Bolivia y Perú, a través de la SUBCOMILAGO, formularon el Plan Director Binacional para el Aprovechamiento Integral del Sistema Lago Titicaca-Río Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa (Sistema TDPS). En diciembre de 1992, los dos Gobiernos crearon la Autoridad Autónoma Binacional del Sistema TDPS, la que entró en funciones a través de un Comité Ad-Hoc de Transición a partir de julio de 1993.

En noviembre de 1993, los gobiernos de ambos países presentaron a la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (SG/OEA), una solicitud de cooperación para la ejecución de un Proyecto de Gestión Ambiental del Sistema TDPS, la cual fue respondida afirmativamente en marzo de 1994. Posteriormente, en octubre de 1994, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), suscribió un acuerdo con la SG/OEA mediante el cual se comprometió a proveer parte de los aportes financieros necesarios para la ejecución del Proyecto. Finalmente, en diciembre del mismo año, se suscribió en Washington, D.C., el Acuerdo de Cooperación entre los Gobiernos de Bolivia y Perú y la SG/OEA para la Ejecución del Proyecto, aprobando el documento del proyecto que establece los objetivos específicos y actividades a ser desarrolladas en el mismo. El presente diagnóstico constituye la primera fase de dicho Acuerdo.

# Objetivos

El objetivo del presente documento es la presentación y análisis general de los problemas ambientales del Sistema TDPS, enmarcados dentro del contexto físico-geográfico, social, económico y cultural de la región. Se pretende que el diagnóstico así elaborado sirva de base para la planificación y puesta en marcha de las acciones de gestión ambiental del Sistema, encaminadas a tratar la problemática identificada.

## Figura 1

# Metodología

La metodología empleada en la realización del presente diagnóstico fue la siguiente:

- Recopilación y evaluación de la información existente sobre la región del TDPS, en particular la relacionada con su situación ambiental.
- Análisis de la información, con el fin de identificar los problemas ambientales, sus causas y sus efectos. Dentro de este análisis se realizaron visitas de reconocimiento a la región, con el fin de apreciar en forma directa los problemas.
- Formulación del diagnóstico, el cual se organizó en tres grandes partes: la primera dedicada a presentar el marco geográfico de referencia; la segunda destinada a analizar los problemas ambientales a nivel de los distintos recursos naturales del Sistema, junto con las actuales condiciones institucionales y jurídicas que deben ser consideradas para el manejo de la gestión ambiental; y la tercera destinada a presentar el pronóstico de la situación ambiental y los elementos principales propuestos para la segunda fase del proyecto de gestión ambiental del Sistema TDPS.

Los documentos principales que sirvieron de base al presente diagnóstico fueron los diversos estudios del "Plan Director Global Binacional", elaborados dentro del marco del Comité de Transición por firmas europeas, con financiación de la Comunidad Europea. Los datos contenidos en estos estudios fueron interpretados en función de las necesidades del diagnóstico ambiental. En los casos en que fue posible, se actualizó la información de dicho plan. Además de los anteriores estudios, se utilizaron otras fuentes de información, las principales de las cuales se señalan en la bibliografía.

# Características generales del sistema TDPS

La región del TDPS, conformada por las cuencas hidrográficas del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Salar de Coipasa, está localizada entre las repúblicas de Perú, Bolivia y Chile y enmarcada aproximadamente entre las coordenadas 14° 03' y 20° 00' de latitud sur y 66° 21' y 71° 07' de longitud oeste de Greenwich. El Sistema TDPS por sí constituye una gran cuenca endorreica, (véase la Figura 1).

La superficie total del Sistema es de 143.900 km<sup>2</sup>, y abarca principalmente territorios de la subregión de Puno, Perú, y de los departamentos de La Paz y Oruro, Bolivia (véase la Figura 2). Las características de las cuencas que conforman el Sistema son las siguientes:

- *Lago Titicaca:*

Cuenca vertiente: 56.168 km<sup>2</sup>

Superficie media (del lago): 8.400 km<sup>2</sup>

Nivel medio del lago: 3.810 msnm

- *Río Desaguadero:*

Cuenca vertiente: 31.153 km<sup>2</sup>

Longitud del cauce: 398 Km

Pendiente media: 0,045%

- *Lago Poopó:*

Cuenca vertiente: 23.880 km<sup>2</sup>

Superficie media de los lagos Uru Uru y Poopó: 3.084 km<sup>2</sup>

Nivel medio del lago: 3.686 msnm

- *Salar de Coipasa:*

Cuenca vertiente: 32.699 km<sup>2</sup>

Superficie media del salar: 2.225 km<sup>2</sup>

Nivel medio del salar: 3.657 msnm

El Río Desaguadero lleva las Aguas del Lago Titicaca al Lago Poopó y presenta tres trechos bien característicos:

- Del km 0 al km 63: Llanuras anchas (de Puente Internacional a Nazacara)
- Del km 63 al km 226: Zona montañosa (de Nazacara a Chilahuala)
- Del km 226 al km 398: Llanuras de inundación (de Chilahuala al Lago Poopó)

El Río Laca Jahuira, de 130 km de largo y 0,02% de pendiente, conecta al Lago Poopó con el Salar de Coipasa sólo en estaciones muy lluviosas. El Salar de Coipasa a su vez se conecta ocasionalmente con el Salar de Uyuni (que no forma parte del Sistema TDPS) por medio del Río Laca Jahuira, de unos 20 km de longitud. Este último salar tiene una cuenca vertiente de 60.000 km<sup>2</sup> y una superficie media de 12.000 km<sup>2</sup>, con un nivel medio de 3.653 msnm.

## Figura 2





# Capítulo I. Descripción del medio natural

[1. Clima](#)

[2. Geología y geomorfología](#)

[3. Capacidad de uso de los suelos](#)

[4. Biogeografía y ecosistemas naturales básicos](#)

[5. Aguas superficiales](#)

## 1. Clima

### 1.1 El marco climático general

El clima del Sistema TDPS está determinado por una combinación de factores, entre los cuales los más importantes son los siguientes:

- La posición geoastronómica, la cual determina el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre. En el caso presente, la región se extiende aproximadamente entre los 14 y los 20° de latitud sur, lo que hace que sus condiciones climáticas sean tropicales, con una estacionalidad térmica moderada.
- El relieve general, determinado por la altitud y la forma y orientación de las masas montañosas. A este respecto, la principal característica del sistema es su elevada altitud, en general superior a los 3.800 m., lo que hace que su clima sea frío, aun durante el verano. Además, la organización del relieve en un largo altiplano central enmarcado por altas cordilleras longitudinales hace que éstas actúen como barreras para los vientos húmedos provenientes de las vertientes y llanuras exteriores, especialmente del oriente. No obstante, al interior del altiplano, la presencia del extenso Lago Titicaca constituye una importante fuente de humedad y un elemento moderador del clima.
- La circulación atmosférica zonal, la cual determina en gran medida la distribución espacial y temporal de la precipitación. El continente suramericano, y dentro de él el Sistema TDPS, está bajo la influencia de tres sistemas semipermanentes de alta presión y uno de baja presión. Los sistemas de alta presión son los anticiclones del Atlántico, del Pacífico Sur y del Caribe, los cuales bordean aproximadamente el continente. El sistema de baja presión corresponde a la zona de convergencia intertropical (ZCIT), la cual se mueve entre los mencionados núcleos de alta presión del sur y del norte, siguiendo aproximadamente el movimiento aparente del sol. Además, la región alcanza a recibir la influencia de las masas de aire frío de los frentes polares del Pacífico y del Atlántico.
- La diferencia de presión entre los sistemas anticiclónicos y la ZCIT, la cual genera flujos de aire desde los trópicos hacia el ecuador. Estos son desviados hacia la izquierda por el movimiento de rotación de la tierra, dando lugar en la zona a los vientos alisios del sureste.

Durante el invierno (Figura 3A) la ZCIT se desplaza hacia el norte y los anticiclones penetran más en el continente, dando lugar a la estación seca en la mayor parte del Perú y Bolivia. Al final del invierno, el frente polar antártico inicia su repliegue hacia el sur, mientras que la ZCIT avanza hacia el centro del continente llevando consigo aire húmedo y caliente.

#### [Figura 3](#)

Durante los meses de verano (figura 3B) los anticiclones oceánicos canalizan los flujos de aire hacia los bordes del continente, mientras que el extremo sur queda bajo la influencia de la zona de baja presión circumpolar. Paralelamente, el fuerte calentamiento terrestre genera una depresión térmica que hace descender a la ZCIT hasta los 15° a lo largo del meridiano 60°. Esta depresión se caracteriza por movimientos convectivos que, aunados a la fuerte humedad producida por la evaporación del Lago Titicaca, da lugar a la formación de grandes cúmulos y cumulonimbus sobre la región. Como resultado, llueve en todo el sistema. La circulación atmosférica descrita explica el régimen anual de las lluvias. La parte Norte del Sistema TDPS, más afectada por la ZCIT, es la que recibe más lluvia, mientras que el sur, más sujeto a los vientos anticiclónicos, es más seco.

El anterior es el sistema "normal" de circulación. No obstante, puede sufrir oscilaciones o variaciones más o menos marcadas, de las

cuales la más importante es causada por la corriente marina conocida bajo el nombre "El Niño". Esta anomalía climática tiene su origen en una extensión anormal y prolongada hacia el sur, por encima de los 2° de latitud sur en la costa latinoamericana del Océano Pacífico, de una corriente marina cálida, cuyo desplazamiento anual comienza en diciembre (de ahí su nombre). Paralelamente, y en relación con una disminución del anticiclón del Pacífico, se produce un debilitamiento de los afloramientos fríos del océano, lo cual recalienta las Aguas de la corriente de Humboldt y, por retroacción positiva, debilita aún más las altas presiones. Todos estos fenómenos producen una perturbación del régimen de los alisios del sudeste, que bajan demasiado y en ciertos casos llegan a invertirse y establecerse del oeste. A su vez, la ZCIT migra sólo hacia los 5°-10°S, lo que ocasiona abundantes lluvias sobre los desiertos costeros del norte del Perú. La región interandina, por el contrario, experimenta fuertes sequías. El fenómeno de El Niño no tiene un ciclo fijo y su dinámica es aún objeto de estudio.

Es muy probable que este fenómeno haya sido el responsable de las sequías de 1942-43 y 1982-83 en la región andina, acompañadas de graves inundaciones en el sur de Bolivia y noreste de Argentina. En 1984-85-86 el Sistema TDPS soportó un período de fuertes lluvias, que produjeron una elevación de más de 2 m del nivel normal del Lago Titicaca, ocasionando graves inundaciones y pérdidas cuantiosas en toda la región.

## 1.2 Comportamiento de los principales elementos climáticos

Una red de estaciones meteorológicas (Cuadro 1 y Figura 4) que dispone de por lo menos 30 años de registros ha permitido evaluar los factores climáticos descritos a continuación:

### 1.2.1 Precipitación

#### • Distribución espacial

La distribución espacial de la precipitación media anual tiene un patrón decreciente de norte a sur. En general, varía de 200 a 1.400 mm, con sus máximos valores (entre 800 y 1.400 mm) sobre el Lago Titicaca, debido a la influencia propia de la gran masa de agua lacustre sobre la humedad atmosférica (Figura 5). Por fuera de la zona lacustre, la zona más lluviosa se encuentra en el extremo Norte de la región (cabeceras de los ríos Coata y Ramis), donde se alcanzan valores entre 800 y 1.000 mm. Luego se produce un decrecimiento paulatino de la lluvia en la región del altiplano hasta alcanzar 400 mm en el sector del Mauri, aproximadamente hacia la mitad de la región. Al Sur del Río Mauri la precipitación sigue decreciendo hasta alcanzar la cifra de 200 mm en el extremo suroccidental (Salar de Coipasa). En los bordes longitudinales del altiplano la precipitación muestra una tendencia a aumentar, debido a la influencia de las cordilleras Occidental y Oriental (lluvias orográficas). Esta influencia es más marcada en la Cordillera Oriental debido a la influencia de los vientos húmedos procedentes de la Amazonia. Conviene anotar que esta cordillera constituye una barrera a los vientos amazónicos, los cuales descargan la mayor parte de su humedad en la vertiente oriental de la cordillera, produciendo un efecto de abrigo en el sector del altiplano.

#### Figura 4

En estrecha relación con la precipitación, el número de días con lluvia al año pasa de 142 días en las cabeceras del Río Coata, a 90 en la orilla sur del Lago Titicaca y a tan sólo 40 en el Salar de Coipasa.

**Cuadro 1: CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS**

Estaciones	Lat. S	Long. W	Alt. (m)	Tipo <sup>(a)</sup>	Años
1. Chacaltaya (Bol)	16°21'	68°08'	5.220	CO	53-66
2. Charaña (Bol)	17°35'	69°26'	4.054	SO	45-90
3. Chuquibambilla (Per)	14°48'	70°44'	3.970	CP	31-90
4. Chuquiña (Bol)	17°48'	67°27'	3.775	CO	51-84
5. Coipasa (Bol)	19°16'	68°16'	3.680	PT	76-85
6. Crucero (Per)	14°20'	70°02'	4.400	PLU	56-90
7. Desaguadero (Per)	16°34'	69°02'	3.812	CO	56-90
8. El Alto-La Paz (Bol)	16°31'	68°11'	4.038	SP	43-90
9. Huachacalla (Bol)	18°47'	68°16'	3.740	CO	73-85
10. Huaraya Moho (Per)	15°23'	69°28'	3.890	CO	56-90
11. llave (Per)	16°06'	69°38'	3.880	CO	64-90
12. Oruro (Bol)	17°58'	67°04'	3.702	SO	43-90
13. Pampahuta (Per)	15°29'	70°41'	4.400	CO	61-90

14. Patacamaya (Bol)	17°15'	67°55'	3.789	CP	48-90
15. Progreso (Per)	14°02'	70°22'	3.970	CO	64-90

(a) CP = Climatológica principal. CO = Climatológica ordinaria. SP = Sinóptica principal. SO = Sinóptica ordinaria. PT = Pluvi-termométrica PLU = Pluviométrica.

Fuente: Plan Director Binacional.

## • Régimen de lluvia

De acuerdo con lo expresado a propósito del marco climático general, la distribución temporal de la lluvia es muy similar en toda la región: verano húmedo e invierno seco. Se trata de un régimen típicamente monomodal, con el período de lluvias de diciembre a marzo (máximo en enero) y el período seco de mayo a agosto (mínimo en junio-julio), siendo los meses restantes de transición. La concentración de la lluvia es mayor en el sur de la región. Así, los cuatro meses lluviosos llegan a concentrar hasta el 82-91 % del total anual en el sur de la región (estaciones de Charaña y Coipasa), mientras que en el sector norte estos mismos meses recogen entre el 66%, y el 73% (estaciones de Crucero y Desaguadero). A su vez, el cuatrimestre más seco representa entre 0 y 4% en el Sur, aunque en el norte apenas sube a un 5-7%. En general, el régimen de lluvias de la región es marcadamente irregular, lo cual constituye un gran limitante para las actividades agrícolas. La Figura 6 muestra los hietogramas de lluvias para algunas estaciones representativas del norte (Crucero-Huaraya Moho), centro (Desaguadero-Patacamaya) y Sur (Charaña-Coipasa) del Sistema.

### Figura 5

A nivel interanual, los años más lluviosos de los últimos 30 años fueron 1984, 1985 y 1986. La comparación de las lluvias de 1985 con la lluvia media anual muestra incrementos en aquel año entre el 20 % y el 85% en el Norte (la región alta), entre el 20% y el 50% en la región media y entre el 0 y el 50% en el Sur (región baja). A su vez, el año 1983 fue el menos lluvioso, con una precipitación inferior al 50% del promedio multianual en el conjunto del Sistema. En ambos casos se sufrieron pérdidas económicas cuantiosas en las actividades agropecuarias.

## 1.2.2 Temperatura del aire

### • Distribución espacial

La temperatura depende de varios factores: la longitud (más frío al oeste que al este por la influencia de las masas de aire húmedo de la Amazonia), la altitud (la temperatura disminuye con la altitud), y el efecto termoregulator del Lago Titicaca.

El sector noreste de la región es el que tiene las temperaturas medias más elevadas para todas las altitudes (2,9°C para 5.000 m), seguido por el sector sureste (0,8°C), el noroeste (0,1°C) y, finalmente, el Suroeste (-2,8°C). No obstante, para altitudes menores de 4.400 m el sector noroeste presenta temperaturas superiores a las del sureste. La Figura 7 muestra los gradientes térmicos para cada una de estas zonas: entre 0,6°C en el noreste y 0,85°C por cada 100 m en el Suroeste. A nivel del altiplano, las temperaturas medias anuales varían entre 8,2°C -9,2°C en el norte y entre 7,9°C y 10,7°C en el sur.

### • Régimen térmico

La estacionalidad térmica es moderada, con las temperaturas más altas de diciembre a marzo y las más bajas de junio a agosto. La amplitud térmica de las temperaturas medias mensuales varía entre 5,8°C - 6,5°C en el norte, y 7,8°C - 10,6°C en el sur. El mes más frío es por lo general julio y el mes más cálido diciembre. En las cercanías del Lago Titicaca esta amplitud disminuye a cerca de 3°C a 4°C y dentro del propio lago a 1,9°C (Isla del Sol).

Si se consideran las temperaturas máximas y mínimas medias anuales, la oscilación térmica varía entre 17°C y 19°C en el norte y entre 19 y 21 °C en el sur, si bien en las cercanías del Lago Titicaca se acerca a 11°C y a 9,9°C dentro del lago. A nivel de las temperaturas máximas y mínimas medias mensuales, la oscilación térmica varía notoriamente en el año; en invierno va desde 23°C a 25,5°C en el norte y desde 23°C a 26°C en el sur, si bien en las cercanías del lago ella desciende a 14°C y a 10,9°C dentro del lago; en verano la oscilación térmica media mensual varía entre 13°C y 14°C en el norte y entre 13,9°C y 17,4°C en el sur, aunque en las cercanías y dentro del lago baja a cerca de 9°C.

### Figura 6

### Figura 7

### Figura 8

Las temperaturas máximas medias mensuales a nivel del altiplano varían entre 18°C y en el norte entre 20°C y 23°C en el sur, con valores entre 14 y 16°C en las cercanías y al interior del Lago Titicaca y por lo general corresponden al mes de noviembre. A su vez,



las mínimas medias mensuales a nivel del altiplano varían entre  $-5^{\circ}\text{C}$  y  $-7,4^{\circ}\text{C}$  en el norte y entre  $-9^{\circ}\text{C}$  y  $-10^{\circ}\text{C}$  en el sur, con valores cercanos a  $-1^{\circ}\text{C}$  en las cercanías del lago y a  $2,3^{\circ}\text{C}$  dentro del mismo, siendo julio el mes más frío.

La Figura 8 muestra el régimen de temperaturas para algunas estaciones representativas de los sectores norte, centro y sur de la región.

### 1.2.3 Vientos de superficie

En la región, los vientos de superficie son principalmente el resultado de los patrones locales de relieve, los cuales tienden a canalizar los vientos en direcciones específicas. En la zona del Lago Titicaca se genera además una circulación lago-tierra-lago, resultado de las diferencias de temperatura entre la tierra y la superficie acuática. Durante el día, los vientos soplan del lago hacia las riberas, debido a que la tierra se calienta más que el lago, generándose así una zona de más baja presión sobre la primera. Durante la noche se invierte la circulación, debido a que la tierra se enfría más que el lago.

En relación con la velocidad y la dirección del viento la situación es muy parecida a lo largo del año:

- En el norte (cabeceras de los ríos Coata y Ramis) predominan las calmas, frecuentemente por encima del 50% del tiempo, salvo en Pampahuta y Llally, donde los vientos predominantes son del S y SO (en Llally la velocidad puede llegar hasta 4,8 m/s). No obstante, en los meses de invierno la velocidad del viento tiende a ser mayor en cerca de 1 m/s a las velocidades de verano.
- En la zona del Lago Titicaca los vientos predominantes vienen del lago, con velocidades entre 2 y 4 m/s, aunque las calmas pueden alcanzar localmente valores bastante altos.
- En el oriente predominan los vientos de los cuadrantes del E (E, NE y SE), con velocidades entre 2 y 5 m/s, aunque las calmas pueden alcanzar porcentajes altos en algunas localidades.
- En el sur del Sistema los vientos son variados en direcciones y velocidades, especialmente en el sector del Lago Poopó. En el Salar de Coipasa las calmas alcanzan por lo general valores muy altos, superiores al 67% y, en algunos meses, cercanos al 100%.

### 1.2.4 Humedad relativa

La humedad relativa en general es baja en todo el Sistema. El promedio anual en toda la región es del 54%, si bien ella varía desde 42-47% en el sur hasta 62-65% en las riberas del Lago Titicaca. Durante los meses de junio a octubre la humedad del aire es por lo general igual o inferior al 50% en toda la región, mientras que en la estación de lluvias (diciembre a marzo) puede alcanzar hasta el 70%. A nivel diario, en general, la humedad relativa tiene un comportamiento inverso a la temperatura: baja al comienzo de la tarde y más elevada en la noche.

### 1.2.5 Presión atmosférica media

Los valores de la presión atmosférica media son muy similares en todo el Sistema y varían principalmente con la altitud. A nivel del altiplano, la presión varía entre 645 mb en Juliaca (al norte) y 656 mb al sur (en Uyuni), mientras que en Chacaltaya, en las montañas al norte de La Paz es de 536 mb.

### 1.2.6 Radiación e insolación

La radiación solar global varía entre  $462\text{ cal/cm}^2$ . día en Puno, en el norte de la región, y  $518\text{ cal/cm}^2$  día en Patacamaya, en el sur. No obstante, ella cambia significativamente en el transcurso del año. Así, en Puno va desde 390 en julio hasta 549 en noviembre, y en Patacamaya desde 457 en junio hasta 596 en noviembre.

En estrecha relación con la radiación, la insolación es de 3.005 horas de sol al año en Puno y 2.752 en Patacamaya, con una distribución en el año igualmente contrastada entre verano e invierno. En Puno el número promedio de horas de sol por día cambia de 9,6 en julio a 6,0 en enero; y en Patacamaya varía entre 8,8 y 5,4 en los mismos meses.

### 1.2.7 Evaporación

La humedad de la región, registrada por una red de 33 estaciones climatológicas provistas por tanques de evaporación clase "A", se ha estimado en valores muy elevados que fluctúan por año entre un promedio de 1.450 mm, en las cercanías y en el mismo Lago Titicaca, a 1.900 mm por el sur del Sistema.

### 1.2.8 Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración potencial (ETP), o pérdida de agua que ocurriría si en ningún momento existiera una deficiencia de agua en el suelo para el uso de la vegetación, es una función de la humedad a nivel de dicha superficie y de la energía disponible. Aunque hay

diversos procedimientos para medir y calcular la ETP, en el presente caso se hará referencia a los resultados obtenidos mediante la fórmula de Penman. Los valores obtenidos son relevantes para estimar el uso consuntivo de los cultivos que formen parte de un proyecto de riego. La ETP varía aproximadamente entre 1.000 y 1.500 mm en todo el Sistema TDPS. No parece existir una relación entre la ETP y la altitud. Así, la ETP de Chacaltaya (de 1.315 mm), a 5.220 m de altitud, es muy similar a la de Viacha (1.363 mm), a 3.850 m.

El régimen mensual de la ETP es similar en todo el Sistema TDPS (véase la Figura 9). El máximo se presenta en verano (noviembre-marzo) y el mínimo en invierno (mayo-agosto).

### 1.2.9 Clasificación climática

#### • BF': Lluvioso y polar

Se encuentra a alturas mayores de 5.000 m y corresponde a todas las áreas cubiertas de nieve y hielo durante gran parte del año.

#### • C(o,i,p)C': Semilluvioso y frío, con otoño, invierno y primavera secos

La temperatura media anual es inferior a 0°C y la precipitación, ya sea líquida o sólida, está por encima de 600 mm. El área es agrícolamente improductiva (véase estación Chacaltaya en Figura 9).

### Cuadro 2: JERARQUIAS DE LA CLASIFICACION CLIMATICA SEGUN THORNTHWAITTE

Simbología	Nominación
Precipitación	Muy lluvioso
A	Lluvioso
B	Semilluvioso
C	Semiárido
D	Arido
E	Sin estación seca
r	Verano seco
v	Otoño seco
o	Invierno seco
I	Primavera seca
p	Todas las estaciones secas
d	
Temperatura	
A'	Cálido
B'1	Semicálido
B'2	Templado
B'3	Semifrío
C'	Frió
D'	Semifrígido
E'	Frígido
F'	Polar

Fuente: Plan Director Binacional.

### Figura 9

#### • B(o,i,p)D': Lluvioso y semifrígido, con otoño, invierno y primavera secos

Este clima ocurre en las cuencas altas de los nos Suchez, Ramis y Coata, a altitudes entre 4.400 y 5.000 m. La temperatura media anual vana entre 5 y 2°C y las mínimas medias son inferiores a -4°C. La frecuencia de heladas supera los 150 días. La precipitación vana entre 700 y 1.000 mm, lo que le da su carácter lluvioso, pero las bajas temperaturas determinan una fuerte restricción al uso agrícola de la tierra. La estación de Pampahuta (Figura 9) es representativa de este tipo climático.

• **B(o,i,p)C': Lluvioso y frío, con otoño, invierno y primavera secos**

Este clima es característico de la zona circumlacustre, de las cuencas medias de los ríos Suchez, Ramis y Coata (aproximadamente hasta la cota 4.200 m) y de la cuenca media y baja del Río Ilave. La temperatura media anual varía entre 6 y 8°C y las mínimas medias son superiores a 0°C en la zona circumlacustre, donde la frecuencia de heladas es inferior a 150 días al año (en las cuencas medias es superior a 150 días). La precipitación varía entre 700 y 1000 mm anuales, de la cual el 73% se produce en verano (diciembre a marzo). La ETP supera a la precipitación en los meses de abril a noviembre. La baja frecuencia de heladas en la zona circumlacustre y en los valles bajos cercanos, junto con la precipitación relativamente alta, hacen de este clima el más favorable para las actividades agrícolas (véase la estación Huaraya Moho en la Figura 9).

Este clima comprende la parte baja de las cuencas de los ríos Ramis y Huancané y el sector al sur del Lago Titicaca, entre Pizacoma en Perú e Irpa Chico en Bolivia. La temperatura media anual varía entre 7 y 8°C, con mínima media superior a 0°C, ya que todavía se deja sentir la influencia termoreguladora del lago. El número de días con helada es inferior a 150 y la precipitación varía entre 600 y 800 mm anuales. La ETP es superior a la precipitación durante los meses de abril a diciembre. Las anteriores condiciones son favorables a la agricultura estacional (véase la estación El Progreso en Figura 9).

• **C(d)C': Semilluvioso y frío, con todas las estaciones secas**

Este clima aparece en una estrecha franja en la parte central y suroriental del Sistema, formando la transición hacia los climas semiáridos del sur. En esta zona las temperaturas medias anuales se estiman entre 5 y 6°C, con mínimas medias inferiores a 0°C, pudiendo alcanzar hasta -4°C. Esto hace que las heladas se manifiesten durante casi todo el año (entre 180 y 300 días). La precipitación varía entre 400 y 600 mm anuales y la ETP es superior a ella durante todo el año. Tales condiciones hacen que las actividades agrícolas sean más restringidas que en el anterior tipo climático (véase la estación El Alto en la Figura 9).

• **D(d)C': Semiárido y frío, con todas las estaciones secas**

Este tipo de clima impera en toda la parte sur del Sistema TDPS, donde la precipitación total anual es inferior a 400 mm e incluso llega a 200 mm hacia el suroeste. La temperatura media anual varía, como en el caso anterior, entre 5 y 8°C y las mínimas medias son inferiores a 0°C. El número de días con heladas fluctúa entre 150 y 300 al año. La principal diferencia con el anterior tipo climático es la mayor sequía, debida a la drástica disminución de la precipitación.

**Figura 10**

Las anteriores condiciones hacen que el área sea de un muy bajo potencial agrícola, quedando sólo la ganadería de tipo autóctono con algunas posibilidades de prosperar (véase la estación Oruro en la Figura 9).

## 2. Geología y geomorfología

### 2.1 Geología

La geología del Sistema TDPS ha sido determinada por numerosos eventos tectónicos que lo han afectado durante un largo período.

Durante el Cuaternario, la evolución del altiplano ha estado ligada fundamentalmente a los cambios de clima. La alternancia de períodos húmedos y secos, cálidos y glaciares, ha determinado en la cuenca endorréica del altiplano el desarrollo de lagos sucesivamente más amplios o más reducidos que los actuales. A estas diferentes situaciones hidrológicas corresponden diferentes depósitos que van desde morrenas glaciares en las cordilleras, a sedimentos fluviales entre el piedemonte y la planicie, y a formaciones lacustres y evaporíticas en la parte central de la llanura.

Los estudios existentes (Servant, Fontes y de Berggren, citados en el Plan Director Binacional) muestran que durante el Pleistoceno superior se sucedieron varias fases glaciares que determinaron una progresiva reducción de la superficie lacustre, que al comienzo del Pleistoceno se nivelaba alrededor de 200 m por encima de su nivel actual, con un área de más de 50.000 km<sup>2</sup> contra los aproximadamente 8.000 actuales. Los lagos más antiguos del Cuaternario (Mataro y Cabana, véase Figura 11) ocupaban todo el altiplano, el cual ya conformaba una cuenca endorréica. Los posteriores lagos Ballivian, al norte, y Escara, al sur, estaban separados por el paso de Ulloma-Callapa. Sin embargo, en la época del Lago Minchín toda el área comenzó a tributar hacia los salares de Coipasa y de las otras depresiones meridionales. Durante el descenso del nivel correspondiente al Lago Tauca, el paso de Ulloma pudo haber retomado su función de divisoria, pero pudo haberse reabierto durante un posterior ascenso del nivel del Titicaca, quizá gracias a la acción del Río Mauri, cuando se generó la divisoria de Aguallamaya.

En algunos períodos del Pleistoceno, el Lago Titicaca alcanzó niveles bastante más bajos que los actuales, de manera especial durante las glaciaciones (algunos autores hablan de hasta 60 m). En el Holoceno, las investigaciones arqueológicas y los datos de espesor de aluviones muestran que el nivel del lago alcanzó fluctuaciones cercanas a los 30 m. Hace 500 años el nivel del lago era mayor que el

actual en unos pocos metros. Durante los períodos de descenso el clima era seco y el Desaguadero no llevaba agua afuera de la cuenca endorréica del Titicaca. La divisoria con las cuencas del sur se encontraba en la zona de Aguallamaya. Los ríos que tributaban al Titicaca presentaban lechos erosionados y formaban canales que penetraban en el lago actual varias centenas de metros. Evidencias de tales canales se encuentran en el fondo del lago, a profundidades de 10 y 20 m frente a las desembocaduras actuales (en el lado peruano se ha encontrado una formación arcillosa lacustre con paleocauces colmatados a 30 m de profundidad con respecto al nivel actual, debajo de un relleno de limos, arenas y gravas). Evidentemente, durante los períodos de bajos niveles, el Río Desaguadero vertía al lago mismo, al igual que los flujos de todas las napas localizadas Aguas arriba de Aguallamaya. Al sur de esta divisoria, los flujos se dirigían hacia el Desaguadero y los lagos del sur. La erosión natural no ha podido rebajar totalmente el fondo del río en el sector de Aguallamaya, a lo cual se debe que este tramo se forme continuamente en el lecho del río una barrera de lodo y arena, justo en el tramo donde se encuentra un cambio de pendiente que coincide aproximadamente con la antigua divisoria. El nivel más alto que tenía el lago hacia el año 1500 D.C. permitía posiblemente el cultivo en camellones en una superficie bastante grande de las llanuras circumlacustres.

## 2.2 Geomorfología

El Sistema TDPS constituye un conjunto unitario e interconectado, dentro del cual es posible reconocer cuatro cuencas primarias con características geomorfológicas y dinámica fluvial diferentes: del Lago Titicaca, del Río Desaguadero, del Lago Poopó y del Salar de Coipasa.

La región del altiplano ha sufrido una evolución estructural larga e intensa que llega hasta tiempos muy recientes, con fenómenos de levantamiento y vulcanismo aún activos. El altiplano es el resultado del relleno de una fosa tectónica cuyos orígenes se remontan al Cretáceo, la cual ha recibido grandes volúmenes de materiales clásticos, en gran parte continentales y vulcano-sedimentarios, dispuestos en gruesos depósitos poco cimentados. La actividad estructural reciente ha deformado estos depósitos, dando lugar a las serranías que se encuentran al interior del altiplano, conformadas por materiales poco resistentes, y a zonas endorréicas de acumulación sujetas a inundaciones.

Este levantamiento reciente y actual ha generado una densa red hidrográfica bien organizada y zonas deprimidas variables en el tiempo y en el espacio, a través de las cuales se realizan tanto los fenómenos de erosión como de deposición. En estos procesos, los depósitos recientes, poco consolidados, son los que sufren el ataque erosivo más intenso. El clima contrastado, con lluvias breves, intensas y concentradas en unos pocos meses, favorece una fuerte erosión en las vertientes y lechos y un alto transporte de materiales, y genera inundaciones y depósitos en áreas deprimidas. Durante la estación seca y fría, en cambio, el agua tiende a embalsarse en zonas llanas y las heladas favorecen la desgregación de las rocas y el debilitamiento de la cobertura vegetal, dejando el suelo expuesto a los fenómenos erosivos.

Dentro de este marco general, las unidades geomorfológicas se pueden organizar en cinco grandes grupos: llanuras y depresiones, depósitos de vertiente, colinas, mesetas, montañas y superficies de agua.

### • Llanuras y depresiones actuales y recientes

Se trata de las formas más bajas y planas del Sistema, cuyas unidades se distinguen por la génesis y posición de los depósitos. En principio, este grupo comprende cuatro unidades, a saber: llanura fluvio-lacustre actual (valles aluviales, llanura fluvio-lacustre deposicional), depresiones (salares y otras depresiones), terrazas fluvio-lacustres (conservadas y degradadas) y acumulaciones eólicas.

### • Depósitos de vertiente

Se trata básicamente de tres tipos de acumulaciones cuaternarias: los depósitos detríticos y/o coluviales de piedemonte, las acumulaciones morrénicas y los abanicos aluviales.

### • Colinas

Las colinas son serranías bajas localizadas al interior de la región, resultantes del plegamiento de los terrenos terciarios de relleno de la fosa tectónica del altiplano y constituidos en general por rocas sedimentarias de baja resistencia a los fenómenos erosivos. De acuerdo con su localización, es posible distinguir tres alineaciones principales de colinas, además de algunos sistemas de colinas aisladas en distintos sectores de la cuenca: una alineación occidental, que bordea la margen interna de la Cordillera Occidental; una alineación central, constituida por las serranías de Corocoro y Corque; y una alineación oriental, representada por los relieves bajos que bordean hacia el interior la Cordillera Oriental. Según su litología, las colinas se pueden dividir en dos unidades: colinas sedimentarias (redondeadas y disectadas) y colinas volcánicas (redondeadas y disectadas).

### • Meseta volcánica

Se trata de altiplanicies relativamente grandes, localizadas cerca o junto a las cordilleras y caracterizadas por superficies uniformes a ligeramente onduladas, con drenaje subparalelo de surcos netos, los cuales, al profundizarse, se encajan entre paredes escarpadas

(caso del Río Mauri desde la frontera Perú-Bolivia hasta General Campero). Estas mesetas están constituidas por lavas, ignimbritas y tobas (Formación Pérez) resultantes de la actividad volcánica pliocénica, con intercalaciones sedimentarias locales, y descansan en discordancia sobre la Formación Mauri del Plioceno. Esta unidad está localizada principalmente en la parte central de la cuenca del Río Mauri, aunque también se observa al este de Oruro. De acuerdo con el grado de conservación de la meseta, es posible distinguir las siguientes subunidades: mesetas conservadas, disectadas y degradadas

#### • Montañas

Se trata de los relieves más fuertes y competentes de la cuenca, limitados a las márgenes interiores de las cordilleras Oriental y Occidental y a algunos macizos montañosos aislados al interior del Sistema. Al igual que para las colinas, la constitución permite diferenciar montañas sedimentarias (redondeadas y disectadas) y volcánicas (redondeadas y disectadas), además de las cumbres cubiertas de nieve.

#### • Superficies de agua

Finalmente, es necesario citar a las superficies de agua permanente, constituidas principalmente por los lagos Titicaca, Poopó, Uru Uru y otros menores.

### Figura 11

*El Lago Titicaca* ocupa una fosa intermontañosa de origen tectónico, asimétrica, con la parte más profunda (más de 250 m) alargada y localizada hacia la Cordillera Oriental. Su área es de 8.400 km<sup>2</sup>, equivalentes al 5,8% de la región.

*Los lagos Poopó y Uru Uru* son, en cambio, altiplanicies inundadas, cuya superficie conjunta es de 3.191 km<sup>2</sup>, que corresponde al 2,2% del Sistema.

*Los demás lagos menores* alcanzan una superficie de 532 km<sup>2</sup>, que representan el 0,4% del Sistema TDPS.

La distribución porcentual de estas unidades geomorfológicas se muestra en el cuadro 3 y su ubicación en la Figura 12.

En resumen, la tercera parte (el 33,3%) del área del Sistema TDPS está ocupada por montañas. De ésta, cerca de la mitad corresponde a montañas redondeadas de substrato volcánico. Los depósitos de vertiente (5,3%), por estar asociados con los relieves montañosos, podrían agregarse a ellos, con lo cual las montañas alcanzarían el 38,6% del Sistema. Otra tercera parte (el 33,5%) está ocupada por las unidades típicas del altiplano: llanura fluvioacustre, depresiones, terraza fluvioacustre y otras menores. De ella, el 82% corresponde a la llanura y a la terraza fluvioacustre. Las colinas y mesetas, que para los fines prácticos pueden formar un solo grupo, ocupan cerca de la quinta parte de la región (el 19,5%). Finalmente, las superficies de agua representan un poco menos de la décima parte (el 8,4%).

## 3. Capacidad de uso de los suelos

Aunque el Plan Director Binacional no elaboró una clasificación de los suelos por capacidad de uso para la totalidad del Sistema TDPS, la información geomorfológica disponible, junto con el estudio de uso actual de la tierra, permiten presentar el siguiente esquema de clasificación, el cual puede considerarse como una primera aproximación al problema del potencial de los suelos del altiplano.

El sistema de clasificación elaborado por el United States Conservation Service (USCS), distingue ocho clases de suelos en función de la pendiente del terreno y de otros factores limitantes al uso, de manera especial los riesgos de erosión, las condiciones físico-químicas principales de los suelos y las condiciones de drenaje o humedad. En la región del TDPS, es posible encontrar 7 de las 8 clases (véase el cuadro 4), las cuales a su vez pueden agruparse en 4 grandes divisiones: *tierras arables* (Clases II a IV), *tierras no arables* (Clases V y VI), *tierras marginales* (Clase VII) y, *tierras no aptas* (Clase VIII).

### 3.1 Tierras arables

Debido a la altitud y a las condiciones climáticas extremas del altiplano, todas las clases de suelos requieren prácticas especiales de manejo para defender o incrementar la productividad. Además, por las bajas temperaturas, la mayor parte de los suelos presentan deficiencias en materia orgánica y en nitrógeno.

**Cuadro 3: DISTRIBUCION DE LAS UNIDADES GEOMORFOLOGICAS EN EL TDPS**

Unidades	km <sup>2</sup>	%	Subunidad	km <sup>2</sup>	%
1. Llanuras y Depresiones	48.225	33,5			
Llanura fluvioacustre	16.240	11,3	Valles aluviales	11.223	7,8

			Llanura deposicional	5.017	3,5
Depresiones	7.185	5,0	Salar de Coipasa	2.225	1,5
			Otras depresiones	4.960	3,5
Terraza fluviolacustre	23.455	16,3	Terraza conservada	20.448	14,2
			Terraza degradada	3.007	2,1
Acumulaciones eólicas	1.345	0,9	Eólico	1.345	0,9
<i>2. Depósitos de Vertiente</i>	7.696	5,3			
Depósitos de vertiente	7.696	5,3	Piedemonte y otros	7.696	5,3
<i>3. Colinas</i>	22.204	15,4			
Colinas sedimentarias	18.374	12,8	Colina s. redondeada	13.125	9,1
			Colina s. disectada	5.249	3,6
Colinas volcánicas	3.830	2,7	Colina v. redondeada	3.106	2,2
			Colina v. disectada	724	0,5
<i>4. Meseta Volcánica</i>	5.815	4,1			
Meseta volcánica	5.815	4,1	Meseta conservada	4.555	3,2
			Meseta disectada	830	0,6
			Meseta degradada	430	0,3
<i>5. Montañas</i>	47.837	33,3			
Montañas sedimentarias	21.362	14,9	Montaña s. redondeada	9.005	6,3
			Montaña s. disectada	12.357	8,6
Montañas volcánicas	26.150	18,2	Montaña v. redondeada	22.429	15,6
			Montaña v. disectada	3.721	2,6
Nieve perenne	325	0,2	Nieve perenne	325	0,2
<i>6. Agua</i>	12.123	8,4			
Lagos y lagunas	12.123	8,4	Lago Titicaca	8.400	5,8
			Poopó-Uru Uru	3.191	2,2
			Otros	532	0,4
Total General	143.900	100,0			

Fuente: Plan Director Binacional, 1993.

## Figura 12

### Cuadro 4: CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA EN EL SISTEMA TDPS

Clase	Area (km <sup>2</sup> )	%	Descripción General
I	-	-	No hay en el Sistema TDPS.
II	1.214	0,9	Suelos aptos para agricultura mecanizada intensiva y para pastos. Desarrollados sobre llanura deposicional. Limitantes locales por humedad.
III	15.026	11,4	Suelos aptos para agricultura intensiva mecanizada y para pastos. Desarrollados sobre llanura deposicional y valles aluviales. Limitantes locales por humedad, erosión y salinidad.
IV	28.452	21,6	Suelos aptos para cultivos manuales o mecanizados de raíces poco profundas y para pastos. Desarrollados sobre terraza lacustre conservada, meseta volcánica conservada y depresiones. Limitantes por espesor del suelo, humedad, erosión y salinidad.
V	16.231	12,3	Suelos no arables aptos para cultivos de tipo permanente (arbustivos), pastos y cultivos limpios sólo en terrazas. Desarrollados sobre colinas de laderas redondeadas. Limitantes por erosión, espesor del suelo y pedregosidad.

VI	11.832	9,0	Suelos no arables aptos para usos silvopastoriles relacionados con el pastoreo de camélidos. Desarrollados a partir de acumulaciones eólicas, depósitos de vertiente, bofedales, y mesetas disectadas. Limitantes por textura (muy gruesa), pedregosidad, humedad, salinidad y otros.
VII	40.844	31,0	Suelos marginales, no arables, aptos para recuperación y/o para pastoreo muy extensivo de camélidos. Desarrollados en colinas disectadas, terrazas y mesetas degradadas o sobre relieves montañosos de laderas redondeadas. Limitantes fuertes por pendiente y erosión.
VIII	18.178	13,8	Suelos no aptos para ningún tipo de actividades agropecuarias y aptos sólo para protección, recreación y, en algunos casos, minería. Desarrollados sobre vertientes montañosas disectadas o sobre salares. Limitantes muy fuertes por pendiente, erosión y ausencia de suelos.

**Clase II:** Suelos profundos, de topografía plana a ligeramente inclinada, bien drenados, con buena fertilidad natural y alta capacidad productiva. Son tierras mecanizables, aptas para todos los cultivos propios del altiplano y para pastos. Localmente puede haber limitaciones de uso y manejo por condición de suelo y pos susceptibilidad a la erosión (ligera). En general, estos suelos forman parte de la llanura deposicional y su área total es de 1.214 km<sup>2</sup> (el 0,9% de las tierras del Sistema).

**Clase III:** Suelos profundos a moderadamente profundos, de topografía plana a ligeramente inclinada, con drenaje imperfecto o algo excesivo y moderada fertilidad natural. Como la anterior, son tierras mecanizables y aptas para una gran variedad de cultivos del altiplano y para pastos. Sin embargo, pueden presentar limitaciones locales por textura gruesa, sales, drenaje y susceptibilidad a la erosión. En general, estos suelos ocupan la llanura deposicional y los valles aluviales descritos en la sección 2.2. Su área total es de 15.026 km<sup>2</sup> (el 11,4% de las tierras del Sistema).

**Clase IV:** Suelos de escasa profundidad efectiva, de topografía plana a moderadamente inclinada, drenaje interno excesivo o pobre, textura pesada o moderadamente gruesa, fertilidad natural baja. En general, también son tierras mecanizables, aptas para cultivos de raíces poco profundas y para pastos. Sus limitaciones son mayores que en la clase anterior y se relacionan con los factores anotados y con una mayor propensión a la erosión, la cual exige prácticas sencillas de conservación de suelos. Se han incluido aquí las tierras salinas, algunas de ellas con sistemas tipo bofedal (especialmente en las cuencas del Desaguadero y Poopó-Salares), cuyo uso requiere igualmente prácticas de manejo especiales. En general, estos suelos ocupan las unidades geomorfológicas de la terraza conservada, la meseta volcánica conservada y algunos sectores de las depresiones salinas del sur. Su área total es de 28.452 km<sup>2</sup> (el 21.6% de las tierras del Sistema).

En total, las tierras arables del Sistema TDPS cubren 44.692 km<sup>2</sup>, correspondientes aproximadamente a la tercera parte de la región (el 33,9%), sin considerar las superficies acuáticas.

### 3.2 Tierras no arables

Se trata de suelos que, por presentar limitaciones más severas que las anteriores clases, requieren un manejo tal que permita mantener una cobertura vegetal permanente.

**Clase V:** Suelos desarrollados sobre relieves de colinas redondeadas, con pendientes suaves a moderadas, profundidad efectiva escasa, drenaje bueno y fertilidad variable, en función del material parental, aunque por lo general baja. El principal limitante de estos suelos es su propensión a la erosión, debido a la pendiente y a las condiciones climáticas. Por esta razón, las civilizaciones precolombinas desarrollaron sistemas de terraceo (andenes) de estas laderas, los cuales en gran parte se han conservado hasta hoy, aprovechando la abundante piedra que la actividad glacial regó por toda el área y que constituye otro de los factores limitantes. Por las anteriores razones, la cobertura vegetal para estas colinas debe estar basada en pastos naturales y arbustos, con un pastoreo controlado de camélidos y/u ovinos. La agricultura sólo puede ser practicada en terrazas debidamente construidas o readecuadas. El área total de esta unidad es de 16.231 km<sup>2</sup> (el 12,3% de las tierras del Sistema).

**Clase VI:** Terrenos de diferente naturaleza, de topografía plana hasta moderadamente inclinada, cuya principal característica es la presencia de un factor limitante fuerte, en especial texturas gruesas a muy gruesas (arenas), piedra abundante en todo el perfil, alta humedad o frecuencia de inundaciones, o susceptibilidad a una erosión moderada a alta a causa del clima y la naturaleza del suelo. En consecuencia, su uso se reduce a usos silvopastoriles relacionados con el pastoreo extensivo de camélidos, especialmente en los sectores más favorables, como es el caso de los bofedales. Las unidades geomorfológicas correspondientes son las acumulaciones cólicas, los depósitos de vertiente, los bofedales de las cuencas medias y altas y la meseta volcánica disectada. El área de la unidad es de 11.832 km<sup>2</sup> (el 9% de las tierras del Sistema).

En total, la superficie no arable apta para uso agropecuario con cobertura vegetal de tipo permanente es de 28.063 m<sup>2</sup>, equivalentes al 21,3% de las tierras de la región.

### 3.3 Tierras marginales

**Clase VII:** Tierras caracterizadas por procesos erosivos de intensidad moderada a fuerte que han dado lugar a un modelado de disección visible en las colinas disectadas, en la terraza degradada y en la meseta volcánica degradada, o por relieves montañosos de vertientes largas y redondeadas. Dado que la fuerte erosión constituye el factor limitante principal en el primer caso y la alta pendiente en el caso de las vertientes montañosas, los usos posibles de estas tierras deberían ser la restauración y el pastoreo extensivo de camélidos respectivamente, éste último acompañado de prácticas de mejoramiento de la cubierta vegetal. El área total de esta clase es de 40.844 km<sup>2</sup>, equivalentes al 31 % de las tierras de la región.

### 3.4 Tierras no aptas

**Clase VIII:** Tierras con los factores limitantes más agudos, tanto por pendiente como por naturaleza del suelo. La fuerte pendiente y los afloramientos rocosos son el factor crítico en las montañas disectadas, mientras que la naturaleza del suelo lo es en los salares que forman parte de esta unidad. Incluso el suelo en el sentido edafológico del término no existe en los afloramientos rocosos, en los salares y en los picos nevados. En consecuencia, estas tierras sólo son aptas para la protección de Aguas, para la recreación y, en los casos en que los recursos lo justifiquen, para la producción minera (en los salares, por ejemplo). La superficie total de la unidad es de 18.178 km<sup>2</sup>, equivalentes al 13,8% de las tierras del Sistema.

En total, las tierras marginales y las no aptas totalizan un área de 59.022 km<sup>2</sup>, que representan cerca de la mitad de la superficie firme de la región (el 44,8%).

## 4. Biogeografía y ecosistemas naturales básicos

La biogeografía de la zona altiplánica está ligada a la evolución paleogeográfica del continente sudamericano. Hace 65 millones de años el continente estaba aislado de los demás continentes y, en consecuencia, su fauna y su flora experimentaron un desarrollo autóctono durante cerca de 60 millones de años. De esta manera se formó una fauna caracterizada, entre otros, por órdenes de mamíferos tales como Marsupialia, Xenarthra, Condylarthra, Litopterna, Notoungulata, Trigonostylopoidea y Xenungulata, diversificados en abundantes géneros y especies. Más tarde, entre el Mioceno y el Plioceno, hace unos 7-8 millones de años, la comunicación establecida con el continente norteamericano a través de un primitivo istmo centroamericano, permitió la invasión de una fauna muy desarrollada de mastodontes, tigres, caballos y camélidos, entre otros, la cual determinó la extinción de la mayor parte de la fauna primitiva sudamericana, menos desarrollada, salvándose sólo las especies más pequeñas. Juntamente con la fauna, también llegó un importante cortejo florístico boreal, que diversificó grandemente la flora del Neotrópico. Los sucesivos aislamientos del continente ocurridos desde entonces permitieron que las nueva fauna y flora evolucionaran hacia formas secundariamente autóctonas que reemplazaron a las invasoras.

A su vez, el surgimiento de la Cordillera de Los Andes a fines del Plioceno y comienzos del Pleistoceno, junto con el restablecimiento definitivo del istmo centroamericano, permitió nuevos intercambios de fauna y flora con la región holártica, así como la llegada de elementos australoantárticos. Entre los elementos florísticos llegados del norte se encuentran, por ejemplo, el *Alnus* (aliso) y el *Quercus* (roble) y entre los llegados del sur el *Podocarpus* (pinos), todos ellos propios de climas fríos.

De esta manera, la biogeografía de la región peruano-boliviana está conformada por tres tipos de elementos florísticos y faunísticos: los boreales, los australoantárticos y los propios del Neotrópico. La parte de cada uno de estos orígenes está aún por determinar.

En lo que respecta específicamente al altiplano, la considerable altitud determinó el desarrollo de una biogeografía muy particular, caracterizada por especies resistentes al clima frío y a las fuertes variaciones de humedad. Los ecosistemas regionales de la cuenca del TDPS se pueden clasificar en tres grandes grupos: *ecosistemas de puna*, *altoandinos* y *acuáticos* (Figura 13).

### 4.1 Ecosistemas de puna

La puna es un ecosistema altitudinal que se desarrolla desde las orillas de los lagos (3.600-3.800 m) hasta aproximadamente 4.400 m de altitud. Según el volumen de precipitación es posible distinguir cuatro tipos de puna: húmeda, seca, árida y muy árida.

#### 4.1.1 Puna húmeda

La puna húmeda corresponde a una pradera con gramíneas y arbustos. La gramíneas constituyen pajonales extensos, cuya especie más característica es el "ichu" (*Stipa ichu*), aunque también se conoce con el nombre de ichu a otras gramíneas de apariencia similar de los géneros *Stipa*, *Festuca* y *Calamagrostis*. Otras plantas frecuentes en este tipo de pastizales son las anuales *Tapetes SP.*, *Bouteloua SP.* y *Muhlenbergia SP.*; herbáceas como *Geranium sessiliflorum*, *Erodium cicutarium* (alfderillo), *Bidens andicola*, *Hipochaeris taraxacoides*, la gramínea *Aristida asplundii* y otras. Entre los arbustos, los más comunes son *Buddleia coriacea* (colli o kiswar) y *Polylepis SP.* (kewiña, queñoa o quinua). En los bordes de las quebradas de agua permanente crecen árboles de aliso (*Alnus acuminata*), sauce (*Salix humboldtiana*) y sauco (*Sambucus peruvianum*). La *Puya raimondii* es una especie espectacular propia de la puna.



**Figura 13**

Este ecosistema ha sido intervenido para agricultura y ganadería desde tiempos precolombinos. En la actualidad los cultivos se desarrollan en las llanuras y valles más húmedos. En los barbechos y áreas degradadas crecen plantas resinosa de thola (*Baccharis SP.*) y arbustos como *Asdemia SP.*, *Tetraglochin cristatum* (canlli) y *Astragalus SP.* (garbancillo), esta última planta tóxica, lo que se atribuye a la acumulación de selenio en sus tejidos.

Las condiciones particulares de humedad y suelos han dado origen a ecosistemas locales o azonales dentro de la puna, entre los cuales los más importantes son:

**Bofedales o humedales:** Praderas naturales poco extensas desarrolladas sobre suelos hidromorfos, húmedos o empapados, próximos a lagos y ríos. Sus características biológicas varían con el grado de humedad y su permanencia en el tiempo. Entre las especies características se encuentran plantas pulvinadas (cojín) de los géneros *Distichia* y *Plantago*, las cuales forman un tapiz de algunos decímetros de altura, interrumpido por numerosos charcos, donde se asocian los géneros *Carex*, *Calamagrostis*, *Gentiana*, *Erneria*, *Arenaria* e *Hypsela*; en los charcos crecen representantes de *Lachemilla*, *Ranunculus* y otros géneros.

**Chillihuales o chiliguales:** Praderas poco extensas dominadas por la gramínea *Festuca dolichophylla* (chillihua), desarrolladas sobre suelos profundos, húmedos y de buena calidad para la agricultura. Otras especies propias del chillihuar son la gramínea rizomatosa *Muhlenbergia fastigiata* (chiji) y en los lugares más húmedos la rosácea estolonífera *semilla pinnata* (sillo sillo). Dispersas en los chillihuales se encuentran *Poa horridula*, *P. gilgiana* y, ocasionalmente, la leguminosa *Trifolium amabile*, especie de gran valor nutritivo.

**Arbustales de satureja:** Llamados así porque en ellos domina la especie arbustiva *Satureja SP.*, asociada al arbusto *Chuquiraga SP.* (kiswara) y a pastos de los géneros *Festuca*, *Stipa*, *Poa* y otros; por lo general están localizados en algunos sectores abrigados de las laderas hasta 4.000 m de altitud.

**4.1.2 Puna seca, árida y muy árida**

La puna seca se ubica en el sur del Lago Titicaca, la puna árida en el altiplano central y la puna muy árida en toda la parte sur de la región. Se diferencian de la puna húmeda básicamente por la densidad de la vegetación (mientras más seco el clima la puna es menos densa, dejando parches de suelo sin vegetación) y por las especies, características cada vez más tolerantes a la sequía y, en el sur, a la salinidad del suelo.

Los pajonales se caracterizan también por la presencia de *Stipa ichu*, junto con otras gramíneas de los géneros *Stipa*, *Festuca* y *Calamagrostis*. El estrato arbustivo está constituido por *Suaeda fruticosa*, que vive en asociación con *Atriplex SP.*, *Salicornia SP.* y *Hordeum SP.* en suelos sedimentarios, salinos e inundables (Desaguadero).

En los suelos areno-limosos crecen arbustos pequeños pertenecientes a varias especies de tola (tolares) *Baccharis incarum*, *B. boliviensis*, *Fabiana densa*, *Parastrephia SP.*, así como a los géneros *Adesmia*, *Senecio*, *Tetraglochin*, *Frankenia* y otros. En las laderas más secas se encuentran ocasionalmente cactáceas de los géneros *Oreocereus*, *Lobivia* y *Opuntia*. También se encuentra una asociación de transición del tipo tholar-pajonal, donde domina *Stipa* y *Festuca*.

Entre las asociaciones ligadas a condiciones locales de suelos y humedad, las más importantes son las siguientes:

**Bofedales**, con características similares a las mencionadas anteriormente, aunque con una composición florística ligeramente diferente debido a la mayor salinidad de las Aguas, que favorecen la presencia de especies de los géneros *Calamagrostis* y *Distichlis*.

**Pajonales de "iru ichu"**, conformados por gramíneas abiertas donde predomina *Festuca orthophylla* (iru ichu), acompañada de otras especies propias de la puna. Esta asociación se desarrolla en suelos pobres, sueltos, con altos porcentajes de arena.

**Chillihuales**, de similares características a los de la puna húmeda, si bien los ecotipos de *Festuca dolichophylla* son más pequeños, de tallos y hojas más duras, en respuesta a condiciones de suelos más salinos, más secos y más pobres.

**Gramadales**, o praderas desarrolladas sobre lechos lacustres antiguos y caracterizadas por una composición florística particular de gramíneas bajas estoloníferas de especies tales como *Distichlis humilis* (chiji blanco) y *Muhlenbergia fastigiata* (chiji negro) y de pulvínulos de *Frankenia*, *Senecio*, *Salicornia*, *Atriplex* y otros (Lara, 1985, en Plan Director Binacional). A orillas del Desaguadero existe un gramadal inundable donde predominan *Hordeum muticum* y *Bromus unioloides*.

En la puna muy árida (región de salares) se encuentran desde tolares (*Parastrephia lucida*) hasta césped con plantas rústicas (*Triglochin marítima*, *Salicornia pulvinata* y *Anthobryum SP.*) rodeadas de suelo salino desnudo o de agua salobre.

## 4.2 Ecosistemas del Piso Altoandino

Se trata de pajonales abiertos, con sectores limitados de matorrales arbustivos generalmente abiertos. En realidad, se trata de la continuación de la puna por encima de los 4.400 m de altitud.

Como en el caso de ésta, se puede diferenciar un piso altoandino húmedo y subhúmedo de un piso altoandino seco y árido.

### 4.2.1 Piso altoandino húmedo y subhúmedo

Los pajonales ocupan por lo general las laderas y están constituidos por gramíneas tufosas de *Festuca* y otras especies de los géneros *Poa*, *Calamagrostis*, *Paspalum* y otros. Estos pajonales son cada vez más ralos en la medida en que la altitud es mayor, y prácticamente desaparecen en las partes más altas, cerca a las nieves perennes. Como en el caso de la puna, las condiciones locales generan algunas asociaciones vegetales especializadas, entre las cuales las más importantes son las siguientes:

**Bofedales**, de los cuales existen dos formas: una donde predominan los cojines duros formados por *Distichia muscoides* y *Oxychloe andina*, y otros con gran cantidad de gramíneas de los géneros *Calamagrostis*, *Poa*, *Paspalum* y otros.

**Gramadal altoandino**, característico de terrenos llanos y húmedos no salinos, con presencia de forbias y abundantes cojines suaves de *Pycnophillum* y cactáceas. Las forbias son de los géneros *Selaginella*, *Gentiana*, *Lachemilla*, *Merope* y otros; las gramíneas de los géneros *Calamagrostis*, *Anthochloa*, *Disanthelium*, *Festuca* y *Stipa*. Hay algunas áreas donde domina *Calamagrostis* y otras donde lo hace el *Aciachne*.

### 4.2.2 Piso altoandino seco y árido

Se distingue del anterior en que la morfología de los pajonales y matorrales es más abierta y su composición florística es ligeramente diferente, a consecuencia de la sequía creciente y/o de la salinidad del suelo. Este tipo de ecosistemas se encuentra sobre todo en los sectores central y sur de la región, en correspondencia con la puna seca a árida.

Los pajonales ocupan por lo general las laderas y están dominados por *Festuca ortophylla*, la cual puede llegar a formar poblaciones casi puras, según se incrementa la altura, la sequía y la pobreza del suelo. Como en los anteriores casos, las condiciones locales dan origen a comunidades especializadas, entre las cuales las más importantes son los siguientes:

**Bofedales**, con características similares a las descritas anteriormente, aunque con alguna variación florística debida a la mayor salinidad del agua. Los tipos de bofedales más comunes son: 1) el bofedal de borde de laguna, cuyas especies más características son *Oxychloe SP.*, *Ranunculus SP.*, *Festuca hypsophilla*, *Cyperus SP.*, *Calamagrostis SP.*, *Plantago tubulosa* y *Nostoc SP.*; 2) el bofedal hídrico salino, cuyas especies más características son *Nostoc SP.*, *Oxychloe SP.*, *Triglochin SP.*, *Calamagrostis SP.* y *Poa SP.*; y 3) el bofedal de *Carex SP.*, *Werneria pigmaea*, *Arenaria SP.* y *Festuca SP.*

**Tolares**, similares a los descritos para la puna, con predominio de formas de vida arbustales (*Baccharis SP.*, *Parastrephia SP.*), junto con plantas de *Adesmia SP.*, *Senecio SP.* y otras.

**Gramadales**, de similares características a las ya descritas, excepto que se dan en menores extensiones y en condiciones más severas de clima y de suelos.

**Matorrales de *Polylepis***, conformados por *Polylepis tomentella* y *P. tarapacana*, generalmente abiertos, muy explotados y ubicados en sitios abrigados.

## 4.3 Ecosistemas acuáticos

Básicamente se trata de los lagos y ríos del Sistema TDPS. Entre los lagos, los más importantes son el Titicaca (conformado por el Lago Mayor, el Lago Menor y la Laguna de Arapa), el Poopó, el Uru Uní y las lagunas de Soledad y Coipasa. Entre los ríos, los más destacados por su tamaño son: el Ramis, el llave, el Coata, el Huancané, el Súchez, el Hichu Khota, el Lineo, el Tihuanacu y el Keka, en la cuenca del Titicaca; y el Desaguadero, el Mauri, el Márquez, el Irpi-Irpi, el Umala, el Kheto, el Challa-Jahuira, el Lauca y el Laca Jahuira, en la cuenca del Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa.

En la cuenca altiplánica, la flora y fauna lacustres son particularmente conocidas en el Lago Titicaca y, en menor escala, en el Poopó. Los datos de los ríos y otros cuerpos de agua son muy pocos.

### 4.3.1 El Lago Titicaca

La alimentación hídrica del lago proviene de la lluvia y de los tributarios. Estos últimos, además, le proporcionan nutrientes, bien sea disueltos en el agua o bien contenidos en la carga en suspensión y en los arrastres de fondo. Estos aportes, junto con los contenidos en las Aguas subterráneas que alimentan al lago, y en las Aguas lluvias, son básicos para el desarrollo de la vida lacustre.

Las aguas del lago son más calientes que el aire circundante, lo cual influencia las precipitaciones, que son máximas en el centro del

lago. Se estima que las lluvias sobre el lago representan el 55,6% de su alimentación hídrica total, mientras que los tributarios aportan el 44,4% restante. La evaporación, por su parte, consume el 91,6% de estos aportes.

Las variaciones de las temperaturas superficiales son bastante suaves. El Lago Mayor presenta un aspecto monomítico caliente, mientras que las zonas menos profundas (Lago Menor) tienen un régimen polimítico. La mezcla de Aguas, que ocurre de agosto a septiembre, favorece la difusión de los elementos disueltos.

La concentración del oxígeno disuelto guarda un equilibrio durante todo el año (95% de saturación). En general, se puede decir que el Lago Titicaca es un medio estable y la irregularidad de los aportes de agua y sales no modifica significativamente la química del agua, la cual es compatible con la vida acuática. Dentro de este marco general, es necesario hacer una excepción con la bahía de Puno, la cual se encuentra fuertemente contaminada por las Aguas residuales de la ciudad y padece de una eutrofización creciente.

La flora acuática del Lago Titicaca está conformada por el plancton y las macrófitas. La composición planctónica agrupa principalmente algas verdes y diatomeas, pero también cianobacterias fijadoras de nitrógeno. La población algal se observa hasta una profundidad de 80-100 m. El nitrógeno parece ser el factor limitante para el desarrollo del fitoplancton. Entre las algas, los grupos más abundantes son las clorofíceas y las cianofíceas.

Al parecer, el plancton de las zonas poco profundas evoluciona en forma independiente del de las zonas profundas. En el Lago Menor, la máxima producción de fitoplancton tiene lugar en abril y mayo, cuando las clorofíceas tienen un fuerte desarrollo. La menor producción ocurre durante el invierno. En el Lago Mayor se observa un desarrollo de las diatomeas (hasta un 41 %) en la época de la desaparición de la termoclina (junio) y, en menor escala, en diciembre, debido al desarrollo de las cianofíceas en la época de máxima insolación del medio.

Las macrófitas están representadas por cerca de 15 especies, entre las cuales se destacan *el "llachu"*, constituido por *Elodea potamogeton* (yana o chanceo llachu), *Myriophyllum elatinoides* (hinojo o waca llachu) y *Potamogeton strictus* (huichi huichi o chilka llachu), y *la totora verde o totora tierna*, constituida por la especie *Schoenoplectus totorai*. Las comunidades de macrófitas ocupan las zonas poco profundas y, en general, se distribuyen de la siguiente manera según la profundidad (Collet, 1980, en Plan Director Binacional; véase la Figura 14):

**Grupo de orilla**, donde se desarrollan dos umbelíferas de los géneros *Lilaeopsis* e *Hydrocotyle*, salvo en las orillas rocosas o pedregosas.

**Grupo *Myriophyllum-Elodea***, cuya profundidad ideal para su crecimiento es de 1-2 m, aunque también se encuentra en zonas anegadizas.

**Grupo *Schoenoplectus totora***, el cual ocupa las profundidades de 2,5 a 4,5 m, aun hasta 5,5 m.

**Grupo de *Charneca***, constituido principalmente por el género *Chara*, el cual se observa en general a partir del límite inferior de la totora, hasta una profundidad de más de 15 m.

**Grupo de plantas flotantes**, especialmente de los géneros *Lemna* y *Azolla*, los cuales se encuentran al borde del lago, especialmente en las zonas bien protegidas.

La asociación de *Myriophyllum-Elodea* y la totora forma los grupos de macrófitas más importantes para los peces. Esta vegetación desempeña un papel de filtro entre la cuenca vertiente y la zona pelágica y se encuentra también en los demás lagos y lagunas de la región y en algunos tramos del Desaguadero. Las characeas (charas) se observan en los sectores más profundos y tienen gran importancia en el ecosistema lacustre; su capacidad de adaptación a la salinidad parece bastante elevada (10-12 g/l); colonizan además las áreas donde la totora ha sido eliminada. En efecto, actualmente se observa una disminución de la superficie de totorales, en relación con una marcada sobreexplotación y, en menor grado, con niveles bajos del lago. El Lago Menor es el medio más rico en vegetación acuática (60% de su superficie cubierta por ella).

#### **Figura 14**

La totora y el llachu constituyen también un componente fundamental de la alimentación del ganado de las zonas ribereñas al lago; la totora, además, es de una gran importancia para la construcción de embarcaciones, esteras y techos de casas, para las artesanías y para la alimentación de la población. La mitad de la superficie de los totorales (200 km<sup>2</sup>) se encuentra en la zona de Puno (Perú).

#### **4.3.2 Otros cuerpos de agua**

Las condiciones biológicas del Río Desaguadero y de los lagos Uru Uní y Poopó están limitadas por la fuerte variación de los caudales o aportes líquidos y por los niveles de salinidad de sus Aguas. Hasta Calacoto, el Desaguadero presenta condiciones variables de salinidad y caudales, estos últimos en buena parte determinados por los niveles del Lago Titicaca. En su curso bajo, a partir de La Joya, el Desaguadero y los lagos Uru Uru y Poopó reciben cargas importantes de metales pesados y sales minerales provenientes de las actividades mineras. Como consecuencia, los niveles de salinidad y sobre todo de metales pesados son tales que

hacen a sus Aguas improprias para el consumo humano y para el desarrollo sostenible de la fauna íctica.

El Lago Poopó, al contrario del Titicaca, es un medio inestable, totalmente dependiente de las variaciones de sus aportes líquidos, por lo cual su profundidad y su carga de materiales disueltos varían mucho. Su salinidad, que en 1979 era de 5 g/l, subió a 75 g/l en 1982 (sequía), descendió a valores entre 8 y 11 g/l en 1985-87 (altos niveles) y en 1992 se situó entre 30 y 100 g/l.

En 1979, cerca del 68% del fondo del lago estaba cubierto por macrófitas, las charas y rupias ocupaban más del 30% y más de la mitad estaba cubierto de totora. En 1987-89, los peridionales y clorofíceas constituían su principal biomasa, localizada en las zonas de orilla. En efecto, la totora y el llachu soportan hasta 15 g/l de sales y la ruppia hasta 30 g/l. Como consecuencia, la fauna béntica es poco diversificada y pobre y los moluscos (*Littoridium SP.*) son los únicos elementos más o menos constantes en la orilla sur de la ensenada de Andamarca.

#### 4.4 Fauna

##### 4.4.1 Fauna terrestre

**Cuadro 5: PRINCIPALES ESPECIES DE LA FAUNA TERRESTRE ALTIPLANICA**

Nombre Común	Nombre Científico	Localidad Principal
Aves		
Aguilucho	<i>Buteo poecilochrous</i>	Puna
Alcamari	<i>Phaleobaenus albogilaris</i>	Cuenca
Ajojy	<i>Fulica americana peruviana</i>	Altoandino
Cóndor	<i>Vultur griphus</i>	Cuenca
Curucuta	<i>Gymnopelia ceciliae</i>	Cuenca
Chorlo	<i>Charadrius alticola</i>	Puna
Garza china	<i>Leucophoy thula thula</i>	Puna
Gaviota	<i>Larus serranus</i>	Puna-Lagos
Flamenco jamesi	<i>Phoenicopterus jamesi</i>	Lago Poopó
Flamenco andino	<i>Phoenicopterus andinus</i>	Lago Poopó
Golondrina	<i>Petrocheliden andecola andecola</i>	Cuenca
Golondrina	<i>Spectyto cucicularia juminensii</i>	Cuenca
Huallata	<i>Chloephaga melanoptera</i>	Bofedales-Lagos
Kelincora	<i>Theristicus caudatus branicki</i>	Bofedales
Lequecho	<i>Ptiloscelys resplendeus</i>	Cuenca
Pampero común	<i>Geositta conicolarie</i>	Puna
Parihuana	<i>Phoenicopterus ruber chilensis</i>	Bofedales-Lagos
Pato cordillerano	<i>Lophonetta specularoides</i>	Lagos
Pato gerga	<i>Anas georgica spinicauda</i>	Lagos
Pato pana	<i>Anas versicolor puna</i>	Lagos
Pato sutro	<i>Anas flavirosiris oxyptera</i>	Lagos
Perdiz serrana	<i>Notoprocta pentlandi</i>	Cuenca
Perico cordillerano	<i>Pilopsiagon aurifrons aurifrons</i>	Cuenca
Pichitanka	<i>Zonotrichia capensis peruviansis</i>	Puna
Pito	<i>Colaptes ripicola</i>	Puna
Quilicho	<i>Falco sparverius cinnamomeus</i>	Puna
Suri	<i>Pterocnemia andinus</i>	Puna seca
Tórtola	<i>Metriopela melanoptera</i>	Puna
Tiquicho	<i>Gallinula chloropus germani</i>	Lagos
Tiulingo	<i>Tringa flavipes</i>	Lagos

Yanabico	<i>Plegadis ridowari</i>	Lagos
Zambullidor	<i>Podiceps occipitalis juninensis</i>	Lagos
<i>Mamíferos</i>		
Alpaca	<i>Lama pacos</i>	Puna, bofedales
Cuy	<i>Cavia techudii osoodi</i>	Puna
Guanaco	<i>Lama guanicoe</i>	Puna
Llama	<i>Lama lama</i>	Puna
Ratón de campo	<i>Punomis lemminus</i>	Puna
Ratón de campo	<i>Phyllaris pictus</i>	Puna
Rata andina	<i>Andinomis edax edax</i>	Puna
Taruka	<i>Hipocamelus antisensis</i>	Cuenca
Tokoro	<i>Cavia SP.</i>	Puna
Vicuña	<i>Vicugna vicugna</i>	Puna, bofedales
Zorrino	<i>Conepatus rex rex</i>	Cuenca
Zorro	<i>Dusicyon culpaeus andinus</i>	Cuenca
<i>Reptiles</i>		
	<i>Liolaenus multiformis</i>	Puna
	<i>Proctoporus bolivianus</i>	Puna
Lagartija	<i>Tachymenis peruviana</i>	Orillas Titicaca
Culebra	<i>Telmatobius SP.</i>	Titicaca
Rana	<i>Pleurodena marmorata</i>	Lagos
Rana	<i>Pleurodena cinerea</i>	Lagos
Rana	<i>Gastrotheca boliviana</i>	Titicaca
Rana	<i>Bufos spinolosus spinolosus</i>	Titicaca
Rana		

Fuente: Plan Director Binacional, 1993.

**La avifauna:** La avifauna del altiplano está constituida por más de 13 grupos, 25 familias y 50 especies. Algunas de tales especies tienen una distribución en todo el Sistema y otras son propias de los distintos ecosistemas descritos en los numerales 4.1 y 4.2 supra. Las especies endémicas se estiman en cerca de 15. Entre las especies en peligro de extinción se citan el suri, el cóndor, el ajojoy y los flamencos.

Las orillas del lago Titicaca presentan una zona de atracción para numerosas especies de pájaros. La avifauna permanente agrupa una docena de especies, entre ellas cinco de patos. Los totorales constituyen una zona privilegiada de nidadas. Muchas de las aves que viven en el lago son migratorias. En realidad, el lago no constituye un ecosistema aislado sino que sus especies son propias de todo el altiplano. El Cuadro 5 presenta una relación de las especies principales.

**Los mamíferos:** Los mamíferos nativos más frecuentes se encuentran en la puna. Los principales son el zorrino, el zorro, el tokoro, los camélidos (llama, alpaca, vicuña y guanaco), y varias especies de ratones de campo. Mención especial merecen los camélidos, los cuales tienen su habitat entre los 3.800 y 4.200 msnm, especialmente en los bofedales y áreas húmedas en general, donde hay buenos pastos. De éstos, la llama y la alpaca en especial constituyen una fuente de ingresos para la población local, por su lana y su carne.

**Batracios y reptiles:** En la región y particularmente en la zona del Lago Titicaca se han identificado varios géneros y especies de estos dos grupos, los cuales aparecen relacionados en el Cuadro 5. Entre los batracios se encuentra la especie de mayor dimensión conocida en el mundo, del género *Telmatobius*.

#### • Fauna acuática

**Zooplankton:** El conocimiento del zooplankton es aún muy limitado. Entre los grupos principales, los copépodos son ampliamente dominantes sobre la población de cladoceros y su reproducción es continua durante todo el año, con máximo entre diciembre y marzo.

**Fauna béntica:** Globalmente, más del 95% de la población béntica del Titicaca se halla en los primeros 15 m de profundidad en el Lago Menor y en los primeros 25 m en el Lago Mayor. La zona ribereña es especialmente favorable al desarrollo de los bentos. La Figura 15 muestra la distribución de los principales grupos de invertebrados bénticos. Los moluscos y anfípodos representan los grupos faunísticos dominantes.

**Peces:** El Sistema TDPS es rico en recursos piscícolas. La mayor concentración de peces se halla en los lagos Titicaca y Poopó, de los cuales los más importantes desde el punto de vista comercial son los indicados en el Cuadro 6. De éstos, los Orestias (karachi e ispi) y el mauri y suche son nativas y representaron tradicionalmente la producción local. Con la introducción de las especies exóticas (la trucha en 1942 y el pejerrey en 1955), éstas asumieron una mayor importancia comercial.

El Plan Director Binacional divide el Lago Titicaca en dos zonas desiguales: una provista de vegetación acuática y otra desprovista de ella. La Figura 14B muestra la repartición de los peces en el lago. La mayoría de ellos vive en la primera zona. El llachu, una vegetación acuática, desempeña un papel muy importante como soporte del desove, al igual que la totora como zona de abrigo y de nutrición. El género *Trichomycterus* es un organismo béntico que se encuentra en el lago, pero también en los ríos. Las especies pelágicas (ispi y pejerrey) regresan a las orillas del lago para desovar; la trucha debe subir por los ríos para su reproducción, lo cual facilita su captura por parte de los ribereños (a esto se atribuye su descenso durante los últimos años).

## Figura 15

**Cuadro 6: PRINCIPALES ESPECIES ICTICAS DEL SISTEMA TDPS**

Nombre Común	Nombre Científico
<i>Especies Introducidas</i>	
Pejerrey	<i>Basilichtys bonariensis</i>
Trucha (arco iris)	<i>Salmo gairdneri</i>
Trucha (parda o marrón) (a)	<i>Salmo trutta</i>
Trucha (salmón) (a)	<i>Salvelinus namaycush</i>
Trucha (arroyo) (a)	<i>Salvelinus fontinalis</i>
<i>Especies Nativas</i>	
Mauri	<i>Trichomycterus rivulatus</i>
Suche	<i>Trichomycterus dispar</i>
Boga (b)	<i>Orestias pentlandii</i>
Karachi amarillo	<i>Orestias luteus, o. albus, o. jussiei, o. cuveirii</i>
Ispi	<i>Orestias ispi</i>
	<i>Orestias forgeti</i>
Karachi negro	<i>Orestias agassii</i>

(a) Especie introducida desaparecida.

(b) Especie nativa en vías de extinción.

Fuente: Plan Director Binacional la sección de geomorfología.

## 5. Aguas superficiales

### 5.1 Cuencas hidrográficas y zonas hidrológicas

#### 5.5.1 Cuencas hidrográficas

Los principales elementos de la red hidrográfica del Sistema TDPS son el Lago Titicaca al norte, el Lago Poopó al sur y el Río Desaguadero, que conecta a los dos lagos. Sin embargo, la región se caracteriza por una red de pequeños, medianos y grandes ríos, algunos de los cuales tienen una importancia económica muy grande. A continuación se presenta una relación de los principales elementos de la red hidrográfica en cada una de las cuatro cuencas mayores.

#### 5.1.2 Cuenca del Lago Titicaca

Es una típica cuenca de montaña, donde la porción del altiplano es reducida y en gran parte cubierta por las Aguas del lago. Ella representa el 39% del Sistema TDPS (véase la sección 1.5, supra) y ocupa su porción más septentrional, donde el altiplano se estrecha

y las cordilleras Occidental y Oriental confluyen en un único sistema montañoso. Las vertientes oriental y nororiental son muy irregulares, con pendientes moderadas a altas y están constituidas por montañas y colinas de rocas sedimentarias, en gran parte disectadas y con importantes acumulaciones de material detrítico, especialmente fluvio-glaciar. La red hidrográfica en este sector es bien organizada y densa, con ataque erosivo importante, cuyos productos son transportados por sus ríos Suches, Huancané y especialmente por el Ramis, el cual forma un importante delta en su desembocadura en el lago. Los valles de estos ríos y sus correspondientes terrazas fluvio-lacustres constituyen las zonas de mayor valor, pero presentan problemas de inundaciones y empantanamiento durante la estación de lluvias. El sector suroriental es variado y se encuentra en un relativo estado de equilibrio, siendo sus principales elementos la estrecha y abrupta Cordillera Oriental, la Serranía de Corocoro, la llanura del Río Catari y un conjunto de colinas que bordean el lago.

La vertiente occidental, en su mayor parte perteneciente a la Cordillera Occidental, está consumida principalmente por macizos montañosos volcánicos de laderas redondeadas y amplias, intercalados con algunos relieves en sedimentario, y tiene una inclinación moderada y regular hacia el noreste que continúa en el Lago Titicaca hasta su faja de mayor profundidad. En relación con esta morfología se han desarrollado zonas de llanura, especialmente en la zona terminal de las cuencas mayores (Coata, Ilpa e llave), ocupadas por depósitos fluvio-lacustres que en gran parte se continúan bajo el nivel del lago y cuya margen frente a éste se encuentra conformada por bofedales.

Los principales ríos que desembocan en el Lago Titicaca están en territorio peruano: el Ramis y Huancané al norte, el Coata y el Ilpa al oeste, y el llave y el Zapatilla al suroeste (véase Figura 16). En el lado boliviano los ríos más importantes son el Huaycho, el Suhez y el Keka al norte y este; y el Catari y el Tiahuanacu al sur. De todos los tributarios del lago, el más importante es sin duda el Ramis, que abarca el 26% de cuenca. El Lago Titicaca está conformado por los lagos Mayor y Menor, este último también denominado Laguna de Huiñay Marca. En la parte sur de esta laguna se halla el nacimiento del Río Desaguadero.

### **5.1.3 Cuenca del Río Desaguadero**

El Río Desaguadero, emisario natural del Lago Titicaca, nace en el extremo suroccidental del lago, en la frontera Perú-Bolivia, y desemboca en el Lago Poopó. Su cuenca representa el 21 % del área del Sistema TDPS. Como la cuenca del Titicaca, la del Desaguadero está enmarcada por las cordilleras Oriental y Occidental, con el altiplano en su parte central. La Cordillera Occidental, bastante amplia en la cuenca, sigue siendo preponderantemente volcánica, con apreciables intercalaciones de depósitos de vertiente, mientras que la Oriental, más estrecha, es sedimentaria. El altiplano se caracteriza, en parte por la presencia de una amplia terraza lacustre, en parte por una meseta volcánica y en parte por las serranías centrales de Corocoro y Corque, con colinas correspondientes a una faja de plegamiento reciente de sedimentos terciarios. Tanto la meseta como las colinas tienen sectores altamente degradados por procesos de disección reciente y actual.

Aguas abajo de su nacimiento, el Desaguadero recibe numerosos tributarios, el más importante de los cuales es el Río Mauri, el cual atraviesa una vasta zona montañosa de la Cordillera Occidental y una importante meseta volcánica. Otra cuenca importante por su superficie es la del Río Kheto, aunque sus aportes hídricos al Desaguadero son despreciables.

Inmediatamente aguas abajo de su nacimiento en el Titicaca, el Desaguadero forma la Laguna de Aguallamaya. Luego recibe numerosos ríos hasta su desembocadura en el Poopó, entre los cuales se destacan el Mauri (32% de la cuenca), el Kheto (16%), el Caranguilla, el Llinqui, el Khora y el Kilihuiri.

### **5.1.4 Cuenca del Lago Poopó**

Al sur de la cuenca del Desaguadero, el altiplano se divide en dos: la cuenca del Lago Poopó y la del Salar de Coipasa. La cuenca del Lago Poopó ocupa el sector suroriental del altiplano y representa el 17,3% del Sistema TDPS. El sector oriental de la cuenca, al este del lago, está conformado en su mayor parte por vertientes sedimentarias disectadas de la Cordillera Oriental, salvo en el extremo sureste donde afloran las rocas volcánicas. Este sector montañoso se caracteriza por un denso retículo hidrográfico favorable a un escurrimiento rápido. La zona central y occidental de la cuenca está conformada, además del lago, por llanuras y terrazas fluvio-lacustres, con áreas de acumulaciones eólicas, las cuales moderan la velocidad de las Aguas. Estas llanuras, pero especialmente sus áreas más deprimidas, están sujetas a inundaciones periódicas y variables en las épocas de lluvias.

Antes de llegar al Lago Poopó, a la altura de la localidad de Chuqiña, Aguas abajo de La Joya, el Desaguadero se bifurca en dos brazos, derecho e izquierdo; el primero encamina sus Aguas directamente al Lago Poopó y el segundo desemboca en el Lago Uru Uru, el que también está conectado al Poopó. Además del Desaguadero, cuya cuenca aguas abajo de La Joya se ha incluido en la cuenca del Lago Poopó, existen otros ríos de relativa importancia dentro de la cuenca de este lago que son el Márquez, el Huana, el Crucero (diferente al del Titicaca) y el Sevaruyo. En épocas de excedencia, el Lago Poopó vierte sus Aguas al Salar de Coipasa a través del Río Laca Jahuira, que tiene una longitud de 130 km y discurre en dirección este-oeste.

#### **• Cuenca del Salar de Coipasa**

La cuenca del sistema Salar de Coipasa-Salar de Uyuni está constituida en realidad por dos cuencas parcialmente comunicantes, de

las cuales sólo la del Salar de Coipasa se ha incluido dentro del Sistema TDPS. El Salar de Coipasa representa una de las depresiones residuales del sistema lacustre pleistocénico del sur del altiplano. Su cuenca hidrográfica ocupa el sector suroccidental del Sistema TDPS y representa el 22,9% de su superficie total. Las vertientes noroccidental, occidental y suroccidental, pertenecientes a la Cordillera Occidental, están conformadas por macizos montañosos volcánicos (conos, estratovolcanes, flujos y mesas de lava) recubiertos en gran parte por depósitos detríticos que contribuyen a suavizar la pendiente, pero que crean zonas de mayor erosionabilidad. La vertiente norte y nororiental está conformada por la parte final de la Serranía de Corque, dispuesta en una serie de crestas o colinas alargadas y en gran parte disectadas sobre material sedimentario terciario. Inmediatamente al norte del salar y al sur de los relieves montañosos y colinares descritos, se extiende una amplia terraza fluvio-lacustre, recubierta en parte por depósitos eólicos y aluviales actuales. La principal cuenca del sistema es la del Río Lauca, la cual drena la mitad septentrional de la cordillera y atraviesa toda la terraza fluvio-lacustre. Esta cuenca, que ocupa casi la mitad del área, forma la Laguna de Coipasa en su desembocadura al salar. Otras cuencas de cierta importancia son las del Río Barras, que drena la Serranía de Corque, y la del Río Laca Jahuira, que discurre en su mayor parte por la terraza.

Las cuencas del Titicaca y del Poopó se comunican a través del Desaguadero, formando un sistema único y definido en el que el Lago Poopó representa el nivel de base. Actualmente el sistema Salar de Coipasa-Salar de Uyuni no se comunica con el sistema Poopó-Titicaca, aunque altimétricamente la conexión existe al nivel del Río Laca Jahuira ya que la cota media del Salar de Coipasa es inferior a la del Lago Poopó. Por tanto, la cuenca del Salar Coipasa puede considerarse como un sistema endorréico separado, excepto en años húmedos.

El principal río de esta cuenca es el Lauca (44%), el cual drena la mayor parte de la vertiente norte y noroccidental. Por su tamaño, este río forma una laguna a su ingreso en el salar. Otros ríos de menor importancia son el Barras, que drena el sector nororiental (Serranía de Corque), el Laca Jahuira, el Sabaya, el Moscoma y el Silvinto. Algunos de estos ríos y los tributarios menores del salar presentan caudales sólo durante la estación de lluvias.

### 5.1.6 Zonas hidrológicas

Las características topográficas de las cuencas del Sistema TDPS permiten agruparlas en diez zonas hidrológicas y diez subzonas, caracterizadas por unas condiciones similares para el escurrimiento. Los parámetros de clasificación fueron la localización geográfica (coordenadas y altitudes máximas, medias y mínimas), la longitud y diferencia de altitud del curso principal, la superficie y perímetro de la cuenca, el análisis de la curva hipsométrica, el rectángulo equivalente, el coeficiente de compacidad y el tiempo de concentración. Las zonas diferenciadas se muestran en el Cuadro 7 y en la Figura 16.

**Zona 1:** Comprende casi la totalidad de la cuenca del Ramis que es la más grande que tributa al Lago Titicaca y una de las más grandes del Sistema. Se extiende desde 5.828 hasta 3.815 m de altitud en el extremo norte y noroccidental del Sistema. La curva hipsométrica indica que esta zona es madura, con alta propensión a la erosión en la cabecera y a la inestabilidad en su parte baja. El índice de compacidad muestra una zona con alta irregularidad

**Zona 2:** Comprende a la cuenca del Huancané, que tiene dimensiones modestas y se extiende en la esquina norte del Lago Titicaca, entre 5.162 y 3.820 m de altitud. La curva hipsométrica muestra que esta zona es madura, con propensión a la erosión en la cabecera y a la inestabilidad en la parte baja. El índice de compacidad muestra una zona con alta irregularidad.

**Zona 3:** Abarca a la cuenca del Suchez, igualmente de dimensiones modestas y que se extiende a lo largo de la vertiente nororiental del Lago Titicaca, entre 5.829 y 3.817 m de altitud. El índice de compacidad muestra una zona de alta irregularidad.

**Zona 4:** Comprende la cuenca del Coata, entre 5.475 y 3.830 m, siendo la tercera en tamaño entre las tributarias del Titicaca, aunque apenas es un poco más grande que la del Huancané. Se encuentra en la vertiente noroccidental del Lago Titicaca, Aguas arriba de Juliaca (en Perú). La curva hipsométrica muestra que esta zona es madura, con propensión moderada a la erosión en la cabecera y estable en su parte baja. El índice de compacidad muestra una zona regular.

**Cuadro 7: ZONAS HIDROLOGICAS DEL SISTEMA TDPS**

No	Zona Cuenca	Area km <sup>2</sup>	%
1	Ramis	14.859	10,3
2	Huancané	3.583	2,5
3	Suchez	2.857	2,0
4	Coata	4.606	3,2
5	Ilave	7.797	5,4
6	Titicaca	22.466	15,6
6A	Huaycho	(727)	(0,5)



6B	Illpa	(1.291)	(0,9)
6C	Keka	(883)	(0,6)
6D	Catari	(2.022)	(1,4)
6E	Tihuanacu	(452)	(0,3)
6F	Zapatilla	(389)	(0,3)
6G	Lago e intercuenas	(16.702)	(11,6)
7	Alto Desaguadero	9.208	6,4
8	Mauri	9.992	6,9
9	Medio Desaguadero	11.953	8,3
10A	Poopó	23.880	16,6
10B	Salares	32.699	22,7
Total		413.900	100,0

*Fuente:* Plan Director Binacional.

**Zona 5:** Se limita a la cuenca del llave, que es la segunda en tamaño entre las tributarias del Titicaca, aunque apenas alcanza la mitad de la del Ramis. Ella se extiende en la vertiente occidental y suroccidental del lago, al sur de Puno, entre 5.585 y 3.830 m de altitud. La curva hipsométrica muestra que esta zona es madura, con propensión moderada a la erosión en la cabecera y a la inestabilidad en la parte baja. El índice de compacidad muestra una zona con alta irregularidad.

**Zona 6:** Es una zona bastante grande, que comprende al Lago Titicaca y a sus vertientes aledañas. Sus principales subzonas tienen las siguientes características:

Huaycho (6A): Comprende una pequeña cuenca localizada entre las de Huancané y Suhez, en el costado nororiental del lago, entre 4.725 y 3.875 m de altitud. El índice de compacidad muestra una cuenca bastante irregular.

Illpa (6B): Se localiza entre las cuencas del Coata y el llave, al noroeste del lago, entre 4.953 y 3.815 m de altitud. El índice de compacidad muestra una zona irregular.

Keka (6C): Está ubicada al suroriente del lago, entre 6.421 y 3.820 m de altitud. Es entonces una cuenca de muy fuertes pendientes. Su índice de compacidad muestra una cuenca regular.

Catari (6D): Es la cuenca más grande dentro de esta zona. Ocupa el extremo sureste, donde quedan las ciudades de El Alto (La Paz) y Viacha, y se extiende entre 6.088 y 3.819 m de altitud. El índice de compacidad muestra una cuenca de irregularidad alta.

Tihuanacu (6E): Está localizada inmediatamente al noroeste de la cuenca del Catari, al sur del lago, y se extiende entre 4.825 y 3.830 m, en la Serranía de Corocoro. El índice de compacidad muestra una cuenca irregular.

Zapatilla (6F): Comprende una pequeña cuenca ubicada entre las zonas del Alto Desaguadero y el Río llave y se extiende entre 4.627 y 3.815 m de altitud. Su índice de compacidad muestra una cuenca regular.

Lago (6G): Comprende la zona ocupada por el Lago Titicaca, la Laguna de Arapa y una serie de pequeñas áreas ribereñas no incluidas dentro de las demás subzonas. Su principal elemento es el Lago Titicaca, cuya extensión es de 8.400 km<sup>2</sup> (a la cota 3.810), con un perímetro de 1.153 km, un eje mayor de 181 km y un eje menor de 68 km. La profundidad máxima en el Lago Mayor está a 3.533 m y en el Lago Menor a 3.768 m.

## **Figura 16**

**Zona 7:** Abarca la cuenca del Alto Desaguadero que ocupa un extenso sector al suroeste y sur del Lago Titicaca, desde el nacimiento del río en el lago hasta la localidad de Calacoto y entre 5.213 y 3.790 m de altitud. La curva hipsométrica indica que esta zona es madura, con alta propensión a la erosión en la cabecera y a la inestabilidad en la parte baja. El coeficiente de compacidad muestra una zona irregular.

**Zona 8:** Comprende a la cuenca del Mauri, que ocupa una extensa área de la cuenca del Desaguadero en el sector centro-occidental del Sistema TDPS, y se extiende entre 6.222 m de altitud en las cumbres de la Cordillera Occidental hasta 3.792 m en el punto de su confluencia con el Desaguadero. La curva hipsométrica indica que esta zona es madura, con alta propensión a la erosión en la cabecera y a la inestabilidad en la parte baja. El índice de compacidad muestra una zona con irregularidad alta.

**Zona 9:** Comprende a la cuenca del Medio Desaguadero que se extiende al occidente de la cuenca del Mauri y sur-suroeste de la del

Alto Desaguadero, entre 5.021 y 3.712 m de altitud en el sitio de La Joya, al noroeste de Oruro. La curva hipsométrica indica que esta zona es madura, con alta propensión a la erosión en la cabecera y a la inestabilidad en la parte baja. El coeficiente de compacidad muestra una zona irregular.

**Zona 10:** Cuenca del Lago Poopó y de los salares.

Poopó (10A): Esta zona ocupa el sector suroccidental del Sistema TDPS, inmediatamente al sur de La Joya, con altitudes entre 5.438 m en el Cerro Jatun Mundo Khorihuarani y 3.686 en la llanura. Su principal elemento es el Lago Poopó, cuya superficie es de 2.824 km<sup>2</sup>, con un perímetro de 330 km, un eje mayor de 91 km y un eje menor de 59 km. Sus profundidades varían entre 0,5 y 2,5 m y la superficie del espejo de agua es muy variable, en concordancia con su carácter de lago de llanura deposicional.

Inmediatamente al norte del Poopó se localiza el Lago Uru Uru, el cual se formó en 1955 luego de un desplazamiento de cauce que sufrió el Desaguadero y cuya supervivencia está ligada a la dinámica de este río. El lago tiene una superficie de 260 km<sup>2</sup> y un perímetro de 128 km, con dimensiones máximas de largo y ancho de 32 y 11 km. En conjunto, la curva hipsométrica indica que esta zona es madura, con propensión moderada a la erosión en la cabecera y a la estabilidad en la parte baja. El índice de compacidad muestra una zona con irregularidad alta.

Salares (B): Esta zona es la receptora de los aportes de todo el Sistema. Ocupa el sector suroccidental del altiplano y constituye la zona hidrológica de mayor extensión. Sus altitudes varían entre 6.542 m en el Nevado de Sajama y 3653 m en la Laguna de Coipasa, altitudes éstas que representan también la máxima y mínima de todo el Sistema. La curva hipsométrica indica que esta zona es madura, con propensión baja a la erosión en la cabecera y estable en la parte baja. El índice de compacidad muestra una zona con irregularidad alta.

**5.2 Aportes**

**5.2.1 Caudales medios y balance hídrico medio**

La región cuenta con una red de 10 estaciones hidrométricas según se puede ver en la Figura 4 y el Cuadro 8.

**Cuadro 8: CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS**

Río	Estación	Lat. S	Lon. W	Alt. (m)	Tipo <sup>(a)</sup>	Años
Ramis	16. Puente Ramis	15°15'	69°52'	3.813	LMG	58-91
Huancane	17. Puente Huancane	15°12'	69°47'	3.814	LMG	58-91
Suchez	18. Escoma	15°39'	69°08'	3.817	LMG	70-90
Coata	19. P. Maravilla	16°26'	70°08'	3.823	LMG	65-91
Ilave	20. Puente llave	16°05'	69°38'	3.825	LMG	58-91
Desaguadero	21. Puente Internacional	16°17'	69°68'	3.812	LMG	64-91
Desaguadero	22. Calacoto	17°33'	68°02'	3.794	ASL	63-90
Mauri	23. Calacoto	17°18'	37°39'	3.799	LMG	76-90
Desaguadero	24. Ulloma	17°29'	68°28'	3.778	LMG	75-91
Desaguadero	25. Chuquiña	17°41'	67°28'	3.715	ASL	72-90

(a) LMG = Limnigráfica. ASL = Aforos sin limnógrafo.

Fuente: Plan Director Binacional.

El Cuadro 9 muestra un resumen de los caudales en los ríos principales del Sistema. De estos datos se observa lo siguiente:

**Cuadro 9: RESUMEN DE CAUDALES DEL SISTEMA TDPS (m<sup>3</sup>/s)**

Río	Estación	Caudales Anuales			Caudales Mensuales			
		Medio	Máximo	Mínimo	Max.	Mes	Min.	Mes
					Med.		Med.	
Ramis	16. Pte. Ramis	75.6	130.4	24.4	410.1	Marzo	2.9	Septiembre
Huancané	17. Pte. Huancané	20.0	38.8	6.9	124.2	Enero	0.9	Septiembre
Súchez	18. Escoma	10.6	18.9	4.0	56.2	Enero	0.3	Septiembre
Coata	19. Pte. Maravilla	41.5	75.5	2.4	315.7	Mayo	0.4	Noviembre

Ilave	20. Pte. Ilave	38.5	96.6	5.0	534.3	Febrero	1.3	Noviembre
Desaguadero	21. Pte. Internacional	35.5	186.5	-3.5	315.7	Mayo	-78.8	Febrero
Desaguadero	22. Calacoto	51.9	231.6	6.2	382.3	Mayo	0.7	Octubre
Mauri	Abaroa	4.9	9.8	2.3	48.9	Febrero	1.2	Noviembre
Caquena	Abaroa	2.8	5.6	0.9	30.8	Febrero	0.2	Agosto
Mauri	23. Calacoto	18.6	31.8	5.7	115.4	Enero	3.5	Noviembre
Desaguadero	24. Ulloma	77.1	282.7	19.7	395.0	Mayo	5.5	Noviembre
Desaguadero	25. Chuquiña	89.0	319.3	20.0	443.3	Enero	3.7	Noviembre

*Fuente:* Base de datos hidrometeorológicos ALT (período 1960-1990).

\*Caudales hacia el lago, por niveles bajos de éste último.

1. De los cinco tributarios mayores al Lago Titicaca destaca por la magnitud de sus caudales el Río Ramis, con 76 m<sup>3</sup>/s. Le siguen por orden de magnitud los ríos Coata, Ilave, Huancane, y Suchez. Los aportes conjuntos de estos cinco afluentes representan cerca del 85 % del caudal total y dentro del cual sólo el Ramis aporta el 40%. Además, el Río Coata supera en aportaciones al Ilave, a pesar de que su cuenca es apenas un 60% de la de éste; esto es debido al mayor volumen de sus precipitaciones, siendo a nivel medio la cuenca con mayor nivel de precipitación entre todas las que aportan al lago.

2. De los cinco mayores tributarios del lago, los caudales del Coata y el Ilave presentan la más alta irregularidad interanual, como lo demuestra la relación entre los medios máximos y mínimos mensuales, del orden de 789 y 411 veces respectivamente, frente a 141 para el Ramis. Los caudales máximos se presentan en el período de enero a mayo, mientras que los mínimos se observan entre septiembre y noviembre.

3. Las excedencias del lago (Río Desaguadero en Puente Internacional, situado en el nacimiento del Río Desaguadero) llegan a 35 m<sup>3</sup>/s, caudal que representa apenas el 19% de lo que le aportan los cinco tributarios mayores. Esto hace ver el gran volumen de pérdidas que se opera al interior del lago, básicamente por evaporación. Esta cifra, sin embargo, tiene escasa significación, ya que la variabilidad interanual en Puente Internacional es la más elevada de todas las estaciones, si se tiene en cuenta que su caudal mínimo medio mensual llega a cero y, en épocas de niveles bajos del Titicaca, el flujo se invierte hacia el lago (de ahí los valores negativos de sus caudales) con los aportes de la cuenca alta del Desaguadero hasta Aguallamaya.

4. Aguas abajo de Puente Internacional, el Río Desaguadero va incrementando sus caudales debido a los aportes laterales que recibe. Así, el caudal medio anual sube en Calacoto (antes de su confluencia con el Mauri) a 52 m<sup>3</sup>/s, en Ulloma a 77 y en Chuquiña a 89 m<sup>3</sup>/s. Esto significa que entre Puente Internacional y Chuquiña, el río incrementa su caudal en 54 m<sup>3</sup>/s, de los cuales el Mauri aporta el 34%. En este mismo sentido, es decir desde Aguas arriba hacia Aguas abajo, los caudales que se incorporan al Desaguadero tienen el efecto de mejorar su regularidad, como lo muestra la fuerte disminución de la relación entre caudales medios extremos (72 en Ulloma contra 546 en Calacoto).

5. Los aportes medios anuales totales al Lago Titicaca, incluida la precipitación directa, se estiman en 436 m<sup>3</sup>/s para el período 1920-92. Esta aportación es inferior en un 7% a la estimada para el período 1960-90 (471 m<sup>3</sup>/s).

6. Los meses de mayor aportación total son los de enero, febrero y marzo, con 1.083, 1.264 y 902 m<sup>3</sup>/s respectivamente. En el extremo opuesto se sitúan junio, julio y agosto, con 70, 58 y 71 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

De acuerdo con los datos disponibles para el período 1960-1990, el balance hídrico medio preliminar del Lago Titicaca puede ser establecido de la siguiente manera:

Aportes de los tributarios = 201 m<sup>3</sup>/s

Lluvias sobre el lago y otros aportes = 270 m<sup>3</sup>/s

Evaporación = 436 m<sup>3</sup>/s

Excesos por el Desaguadero = 35 m<sup>3</sup>/s

Fugas y otras pérdidas = despreciables

### 5.2.2 Caudales mínimos

El Cuadro 10 muestra la estimación de los caudales mínimos medios de 1,7 y 15 días consecutivos para diferentes períodos de retomo.

1. Para períodos de retomo bajos, los estiajes más pronunciados corresponden al Suchez y al Coata. Sin embargo, para períodos de retomo altos (50-100 años) el Coata presenta los caudales más bajos para 7 y 15 días consecutivos.

2. Al comparar las relaciones de caudales medios con las de caudales mínimos (especialmente para períodos de retomo altos) entre las cuencas de los ríos Ramis, llave y Coata, se observa que la cuenca del llave tiene una mayor capacidad de retención que la cuenca del Ramis, pero que ésta tiene una capacidad mucho más alta que la del Coata. Esta capacidad de retención está dada por la topografía, la litología y la presencia de bofedales y zonas de inundación.

3. Un rasgo común a todos los afluentes del Titicaca es la persistencia de sus estiajes y sequías; los períodos de Aguas bajas son bastante sostenidos en el tiempo. Dada la diferencia de área y de retención entre las diferentes cuencas, el carácter generalizado de este aspecto revela que su origen está en el régimen de las precipitaciones extremas mínimas, que responden asimismo a situaciones duraderas.

4. Los estiajes del Río Suchez no son muy altos debido a la gran capacidad de retención del sector Layune-Jautama-Chejullo.

5. Los estiajes extremos del Bajo Desaguadero son producidos principalmente por la reducción del nivel del Lago Titicaca. Estos estiajes, sobre todo si son prolongados, pueden afectar la supervivencia de los lagos Poopó y Uru Uní, al no llegar los volúmenes necesarios para preservar los niveles necesarios a estos almacenamientos.

### 5.2.2 Caudales máximos

El Cuadro 11 muestra la estimación de los caudales máximos medios probables para 3 y 7 días consecutivos y para diferentes períodos de retomo. La última columna de dicho cuadro indica el tipo de ajuste aplicado a la distribución de caudales.

1. *Para períodos de retorno elevados*, las avenidas más importantes corresponden al Río Coata, seguidas por las del Río llave; el orden se invierte para períodos de retomo menores. Si se tiene en cuenta que la cuenca del Coata es el 31 % de la del Ramis y el 59% de la del llave, esta situación puede explicarse por la mayor precipitación, el menor tiempo de concentración y la menor capacidad de retención de la cuenca del Coata.

2. Las avenidas del Río Ramis *para períodos de retorno altos* son bastante bajas en comparación con las del Coata y el llave (del orden del 50% para PR de 1.000 años). Esta situación puede explicarse por la gran capacidad de laminación de su cuenca, ligada a la existencia de extensos bofedales y zonas de inundación (sectores de Progreso, Azángaro, Ayaviri y otros), y a la limitada capacidad de conducción de su cauce, con caudales que se desbordan y no retoman al mismo (caso de los que llegan a la Laguna de Arapa). Esto significa que las avenidas originadas en aguaceros intensos tienen gran incidencia sobre todo en su cuenca media, mientras que en la cuenca baja las situaciones más dañinas se deben a inundaciones provocadas por la coincidencia de crecidas del río y niveles altos del Titicaca.

**Cuadro 10: CAUDALES MINIMOS DE 1. 7 Y 15 DÍAS PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO**

Río	Estación	No de Años	Periodo de Retorno (Años)					
			5	10	25	50	100	Ajuste
			Caudales Mínimos Diarios (m <sup>3</sup> /s)					
Súchez	Escoma	10	0.331	0.198	0.144	0.118	0.110	Ext-III-SD
Huancane	Puente Huancane	26	0.909	0.741	0.637	0.554	0.516	Ext-III
Ramis	Puente Ramis	26	2.781	1.888	1.398	1.056	0.919	Ext-III
Coata	Puente Maravilla	17	0.662	0.483	0.371	0.280	0.237	Ext-III
llave	Puente Carretera	26	2.550	1.946	1.550	1.215	1.050	Ext-III
Mauri	Puente Calacoto	11	1.933	1.439	1.102	0.804	0.651	Ext-III
			Caudales Mínimos 7 Días Consecutivos (m <sup>3</sup> /s)					
Súchez	Puente Ramis	10	0.657	0.536	0.489	0.467	0.461	Ext-III-SD
Huancane	Puente Huancane	26	1.013	0.795	0.650	0.532	0.460	Ext-III
Ramis	Puente Maravilla	26	3.351	2.651	2.165	1.915	1.825	Ext-III
Coata	Puente llave	17	0.734	0.535	0.407	0.300	0.249	Ext-III
llave	Puente Escoma (Súchez)	26	2.806	2.175	1.761	1.411	1.239	Ext-III
Mauri	Puente Internacional	11	2.922	2.271	1.748	1.191	0.848	Ext-III
			Caudales Mínimos 15 Días Consecutivos (m <sup>3</sup> /s)					
Súchez	Puente Ramis	10	0.739	0.634	0.595	0.579	0.574	Ext-III-SD

Huancane	Puente Huancane	26	1.063	0.830	0.673	0.536	0.476	Ext-III
Ramis	Puente Maravilla	26	3.620	2.753	2.306	2.014	1.905	Ext-III
Coata	Puente llave	17	0.791	0.561	0.407	0.275	0.208	Ext-III
llave	Puente Escoma (Súchez)	26	3.018	2.338	1.880	1.480	1.278	Ext-III
Mauri	Puente Internacional	11	3.331	2.644	20.750	1.449	1.051	Ext-III

Fuente: Plan Director Binacional.

**Cuadro 11: CAUDALES MAXIMOS DE 1, 2, 3 Y 7 DIAS PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO**

Río	Estación	N° de Años	Periodo de Retorno (Años)								Ajuste(a)
			5	10	25	50	100	500	1000		
			Caudales Máximos Diarios (m <sup>3</sup> /s)								
Ramis	Puente Ramis	27	462	518	581	624	664	748	782	LP (0.30)	
Huancane	Puente Huancane	26	194	235	290	331	374	478	525	LP (0.00)	
Coata	Puente Maravillas	16	498	635	823	973	1130	1534	1723	LP (0.00)	
llave	Puente llave	26	626	772	943	1060	1168	1402	1491	LP (0.60)	
Súchez	Escoma (Súchez)	10	72	80	90	96	103	117	123	LP (0.30)	
Desaguadero	Puente Internacional	23	112	178	277	360	447	671	769	LP (0.60)	
Mauri	Abaroa Mauri	22	56	72	91	106	120	153	166	LP (0.40)	
Caquena	Abaroa Caquena	12	46	60	78	91	105	135	148	G	
Mauri	Calacoto Mauri	9	185	234	295	341	386	490	535	G	
Desaguadero	Calacoto	21	181	246	340	420	507	745	862	LP (0.00)	
Desaguadero	Desaguadero	11	423	502	602	677	753	933	1013	LP (0.00)	
	Ulloma	18	184	255	302	453	555	838	981	LP (0.00)	
	Intercuenca Cald-Ptei										
			Caudales Máximos 2 Días Consecutivos (m <sup>3</sup> /s)								
Ramis	Puente Ramis	27	446	497	555	595	631	708	739	LP (0.30)	
Huancane	Puente Huancane	26	185	225	277	317	358	457	502	LP (0.00)	
Coata	Puente Maravillas	16	478	610	791	935	1087	1476	1659	LP (0.00)	
llave	Puente llave	26	575	716	882	997	1104	1336	1425	LP (0.60)	
Súchez	Escoma (Suchez)	10	68	76	85	92	98	112	118	LP (0.30)	
Desaguadero	Puente Internacional	23	109	174	272	354	440	662	760	LP (0.60)	
Mauri	Abaroa Mauri	22	52	67	86	100	113	145	159	LP (0.40)	
Caquena	Abaroa Caquena	12	42	55	71	84	96	124	136	G	
Mauri	Calacoto Mauri	9	158	200	248	285	322	407	444	G	
Desaguadero	Calacoto	21	169	227	311	381	457	662	762	LP (0.00)	
Desaguadero	Desaguadero	11	404	481	579	652	726	902	981	LP (0.00)	
	Ulloma	18	173	239	337	421	513	770	898	LP (0.00)	
	Intercuenca Cald-Ptei										
			Caudales Máximos 3 Días Consecutivos (m <sup>3</sup> /s)								
Ramis	Puente Ramis	27	438	488	545	584	620	696	726	LP (0.30)	
Huancane	Puente Huancane	26	176	214	264	303	342	438	481	LP (0.00)	
Coata	Puente Maravillas	16	456	583	759	899	1047	1428	1607	LP (0.00)	
llave	Puente llave	26	532	659	810	914	1010	1219	1299	LP (0.60)	

Súchez	Escoma (Súchez)	10	66	73	82	89	95	109	115	LP (0.30)
Desaguadero	Puente Internacional	23	107	171	268	349	435	656	753	LP (0.60)
Mauri	Abaroa Mauri	22	50	64	83	97	110	142	155	LP (0.40)
Caquena	Abaroa Caquena	12	40	52	68	80	92	119	130	G
Mauri	Calacoto Mauri	9	150	187	234	269	303	383	418	G
Desaguadero	Calacoto	21	163	217	295	360	431	619	711	LP (0.00)
Desaguadero	Desaguadero	11	376	446	534	600	666	824	893	LP (0.00)
	Ulloma	18	167	230	323	402	490	732	853	LP (0.00)
	Intercuenca Cald-Ptei									
Caudales Máximos 7 Días Consecutivos (m <sup>3</sup> /s)										
Ramis	Puente Ramis	27	414	462	517	554	588	662	691	LP (0.30)
Huancane	Puente Huancane	26	152	185	228	261	294	376	413	LP (0.00)
Coata	Puente Maravillas	16	391	497	641	757	878	1187	1332	LP (0.00)
Ilave	Puente Ilave	26	438	545	672	759	841	1018	1086	LP (0.60)
Súchez	Escoma (Súchez)	10	61	67	75	80	86	98	103	LP (0.30)
Desaguadero	Puente Internacional	23	104	166	262	341	426	643	740	LP (0.60)
Mauri	Abaroa Mauri	22	42	54	69	81	92	118	130	LP (0.40)
Caquena	Abaroa Caquena	12	32	43	56	66	76	99	109	G
Mauri	Calacoto Mauri	9	119	147	184	210	237	299	325	G
Desaguadero	Calacoto	21	150	202	278	340	409	593	684	LP (0.00)
Desaguadero	Desaguadero	11	328	390	469	529	589	733	797	LP (0.00)
	Ulloma	18	152	209	293	365	444	663	772	LP (0.00)
	Intercuenca Cald-Ptei									

(a) LP Log Pearson III, G. Gumbel, (n) coeficiente de asimetría de logaritmos.

Fuente: Plan Director Binacional

- Una situación similar se presenta para el Río Suchez, cuya gran capacidad de laminación en el sector Layune-Jautuma-Chejullo hace que las avenidas en la parte baja sean de relativamente poca importancia.
- Como para el caso de los caudales mínimos, un rasgo común a todos los afluentes del Titicaca es el carácter sostenido de sus avenidas en el tiempo, situación que tienen su origen en el régimen de precipitaciones extremas, que responde asimismo a situaciones duraderas.
- Las crecidas del Desaguadero en Puente Internacional están obviamente determinadas por los niveles máximos del Lago Titicaca. Estas, por lo demás, sufren una primera laminación en la Laguna de Aguallamaya, situada inmediatamente aguas abajo del puente. En Calacoto, las crecidas del Desaguadero representan apenas entre el 35 y el 38% de las del Coata para períodos de retomo bajos y entre el 40 y el 50% para períodos de retomo altos, a pesar de que su cuenca es dos veces la del Coata. En Ulloma, después de recibir a los ríos Mauri, Caranguilla y otros menores, estas mismas relaciones son del orden del 82-85% para períodos de retomo bajos y del 53-60% para períodos de retomo altos, a pesar de que la cuenca del Desaguadero en Ulloma es cerca de cinco veces la del Coata. Esto se debe en parte al menor volumen de las precipitaciones en la cuenca del Desaguadero, pero también a su mayor capacidad de laminación en bofedales y zonas de inundación y a la infiltración en acuíferos aluviales.
- Estos datos muestran también que la contribución del Alto Desaguadero (intercuenca Calacoto-Puente Internacional) a las crecidas del Desaguadero es significativamente superior a la del Río Mauri, a pesar de que la cuenca de este último es mayor. En la intercuenca conviene citar especialmente a los ríos Callaccame, Llinqui y Jacha Mauri, cuyas crecidas pueden ser particularmente violentas, del orden de 500 m<sup>3</sup>/s para un período de retomo de 50 años y de 1.000 m<sup>3</sup>/s para 1.000 años. De hecho, en la serie histórica de 18 años ya produjeron un evento de caudal máximo superior a 400 m<sup>3</sup>/s. A este respecto conviene recordar que, dado que las crecidas de estos ríos ocurren generalmente en los meses de enero a marzo, cuando el Lago Titicaca aún no ha alcanzado sus niveles máximos, una parte de dichos caudales puede penetrar en el propio lago, produciendo flujos negativos que han superado los 70 m<sup>3</sup>/s.
- Las avenidas extremas del Bajo Desaguadero son producidas igualmente por sus tributarios. No obstante, dada la gran extensión de

los lagos Poopó y Uru Uru, dichas avenidas no aportan el volumen de agua requerido para llevar a estos lagos a unos niveles límites, efecto que sí se logra con unas descargas sostenidas del Titicaca en período de Aguas altas.

### 5.3 Niveles de los lagos y características hidráulicas

#### 5.3.1 Niveles

La Figura 17 muestra los niveles históricos del Lago Titicaca entre 1914 y 1992. Se observa que éstos se desarrollan según varios ciclos de diferente período, aparentemente uno mayor de 27-29 años y otro intermedio de 12-16 años. La oscilación del lago en este período ha sido de 6,37 m, con un máximo absoluto de 3.812,51 m en abril de 1986 y un mínimo absoluto de 3.806,14 en diciembre de 1943.

Además de estas oscilaciones interanuales, el lago presenta una oscilación anual característica de más o menos 1 m, con máximo en abril-mayo y mínimo en diciembre-enero. Esto indica que los niveles máximos ocurren con un retraso de uno o dos meses con respecto a la terminación del período de lluvias, mientras que el nivel mínimo llega con un retraso de cerca de cuatro meses con respecto al período de bajas lluvias.

Por otra parte, se observa una marcada persistencia tanto de los períodos secos como de los períodos húmedos interanuales. Así, en el período seco de 1942-1944, el nivel se mantuvo por debajo de la cota 3.807 durante cerca de 30 meses sucesivos, mientras que durante el período húmedo de 1986-1987, el nivel superó la cota 3.811, no superada en los 72 años anteriores, durante 21 meses continuos (desde enero de 1986 hasta septiembre de 1987). Esta característica, estrechamente relacionada con el comportamiento de la precipitación y del escurrimiento fluvial, tiene repercusiones muy grandes desde el punto de vista de las pérdidas económicas que producen tales eventos.

En lo que respecta al Lago Poopó, la Figura 18 muestra los niveles del mismo durante el período 1920-1993, obtenidos parcialmente mediante simulación. Se observa que durante cerca de 41 años los niveles han estado por debajo de la cota 3.684,50, considerada como la cota de supervivencia del lago desde el punto de vista biológico. Los períodos de más bajos niveles han sido 1938-1944, 1957-1960 y 1969-1972, cuando no se superó la cota 3683,5. Los períodos de mayores niveles han sido 1932-1936, 1963-1966 y 1975-1993. Especial mención merece este último período y especialmente los años 1987-1991, cuando el lago alcanzó niveles extraordinariamente altos como resultado de una secuencia de años húmedos en toda la cuenca. No obstante, tal como lo muestra la Figura 18, estos años no son representativos de los niveles del lago durante los últimos 73 años.

#### 5.3.2 Características hidráulicas

La Figura 19 muestra la curva de área-capacidad del Lago Titicaca y la 20 muestra un esquema general de la batimetría. El Cuadro 12 muestra a su vez la superficie y el volumen del lago para un grupo de cotas características. Se observa que a la cota media del lago (3.810 msnm), el volumen embalsado es de 932 km<sup>3</sup>, para una superficie inundada de 8.400 km<sup>2</sup>.

[Figura 17](#)

[Figura 18](#)

[Figura 19](#)

**Cuadro 12: PRINCIPALES CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL LAGO TITICACA**

Cota (msnm)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Volumen (millones de m <sup>3</sup> )
3.532,66	0,00	0,000
3.600,00	1.619,30	45.871,393
3.700,00	4.196,70	350.141,743
3.800,00	6.409,20	860.173,917
3.805,00	7.034,70	893.732,688
3.810,00	8.399,55	931.966,436
3.815,00	9.960,99	978.694,492

*Fuente:* Plan Director Global Binacional.

En lo referente al Lago Poopó, la cota del fondo es de 3.682,24 msnm y las superficies cubiertas a diferentes niveles son las siguientes:

Niveles (msnm)	Superficie (km <sup>2</sup> )
----------------	-------------------------------

3.684	791
3.685	1.350
3.686	1.723
3.687	2.130

## 6. Aguas subterráneas

Los recursos hídricos subterráneos dependen fundamentalmente de las características sedimentológicas de los acuíferos (hidrogeología), de sus condiciones hidrodinámicas y de las condiciones de recarga y descarga.

Los acuíferos más importantes se localizan en las cuencas medias y bajas de los ríos Ramis y Coata, en la cuenca baja del llave y en una faja que se extiende, bordeando la Cordillera Oriental, desde el Lago Titicaca hasta Oruro. Acuíferos débiles o con agua salobre se encuentran a la salida del Desaguadero, entre Puente Internacional y Calacoto, y en las zonas que rodean el Lago Poopó y el Salar de Coipasa.

### 6.1 Condiciones hidrogeológicas

De acuerdo con las investigaciones existentes, las condiciones hidrogeológicas de los distintos terrenos de la región pueden ser definidas de la siguiente manera:

Los terrenos del Paleozoico y del Mesozoico, e incluso gran parte de los elementos del Terciario, pueden ser considerados como poco o nada permeables, a excepción de zonas muy fracturadas o porosas, donde pueden crearse acuíferos confinados o lentes, cuya importancia es normalmente escasa dentro del contexto general de los recursos, a pesar de que puede ser determinante para algunos problemas locales. Los elementos volcánicos, presentes en la parte occidental de la región (Cordillera Occidental), muestran una permeabilidad discontinua por porosidad, con diafragmas impermeables y constituyen acuíferos confinados sobre los niveles menos permeables, además de que representan la única fuente de aprovechamiento con obras de captación cuyos caudales van desde algunos litros hasta varias decenas de litros por segundo.

#### Figura 20

Los terrenos plio-pleistocénicos y recientes que generalmente rellenan los valles y las planicies aluviales, constituidos por materiales poco o nada consolidados de origen glaciar, fluvial y lacustre y, en la parte sur, por terrenos eólicos, presentan una granulometría muy variable tanto en sentido vertical como horizontal y por tanto su permeabilidad también varía desde muy elevada a muy baja (según dominen las gravas o las arcillas). En consecuencia, los únicos acuíferos importantes se encuentran en los valles y áreas de depósitos cuaternarios cercanos a la red hidrográfica, constituidos por materiales detríticos, dentro de los cuales es posible individualizar 18 zonas de interés hidrogeológico, que en conjunto representan un porcentaje reducido de la superficie total del Sistema TDPS (véase el cuadro 13).

Los espesores del Cuaternario son variables, según el desarrollo de cada cuenca como consecuencia de los procesos de erosión, transporte y sedimentación. Las investigaciones permiten señalar que los depósitos aluviales de interés hidrogeológico no superan los 150 m de profundidad, de los cuales los primeros 60 a 80 presentan las mejores condiciones para el aprovechamiento de los recursos hídricos subterráneos, como lo demuestran algunas perforaciones existentes en algunas regiones altiplánicas de Perú y Bolivia.

Las fuentes de recarga de los acuíferos están casi exclusivamente localizadas en las zonas pedemontanas, donde se encuentran los componentes más gruesos (de origen fluvio-glaciar) de los depósitos continentales. Es en estas zonas donde, en función de la intensidad de las lluvias, llega la escorrentía superficial y se origina la infiltración, que en el norte de la región puede llegar a ser muy fuerte. En la llanura de la puna la permeabilidad superficial es muy baja y se puede pensar que la posibilidad de recarga esté limitada solamente a las zonas donde no hay manto superficial arcilloso lacustre. En la parte meridional de la región, la recarga es más débil y se concentra en las zonas pedemontanas de la Cordillera Oriental, de particular interés para la región de Oruro. Más al sur y al oeste, zona del Salar de Coipasa, la recarga es muy débil debido al déficit de lluvia, excepto en las zonas altas, donde la precipitación líquida y quizá la nieve son un poco más fuertes que en la llanura.

En la Cordillera Occidental, en áreas volcánicas, hay una infiltración suplementaria en los valles intramontañosos, la cual origina bofedales y/o manantiales cuya agua regresa después a la red hidrográfica superficial.

Proporcionalmente a la intensidad de la lluvia, el agua de infiltración entra en las formaciones porosas de las series continentales cuaternarias y se subdivide en varios acuíferos superpuestos, de los cuales los superiores son freáticos y los inferiores artesianos. Dado que los depósitos cuaternarios, posiblemente acuíferos, se presentan encajonados, como los depósitos fluvio-glaciares entre laderas de lomas terciarias y mesopaleozoicas impermeables, las napas freáticas y artesianas son completamente independientes, siendo el nivel de las napas artesianas siempre más alto que el de las freáticas.



Se ha constatado la existencia de numerosas manifestaciones hidrotermales, localizadas principalmente a lo largo del flanco oriental de la cuenca, en la base de la Cordillera Oriental.

**Cuadro 13: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS EXPLORADAS**

Zona	Nombre	Estado de las Napas	Espesor de los Acuíferos (m)	Profundidad Nivel del Agua en Reposo (m)	Conductividad Eléctrica del Agua (m mhos/cm a+25°C)	Transmisibilidad (m <sup>2</sup> /días)	Porosidad Eficaz/Coeficiente de Almacenamiento	Caudal Natural Circulación en los Acuíferos (l/s)
1	Cuenca Baja del Río Ramis	Libre	40-60	2-13.5	200-1.88	112-1.123	.	110
2	Cuenca Media y Baja del Río Coata	Libre	30-85	2.5-4.5	160-1.300	198-1.115	-	10
3	Cuenca Media y Baja del Río Hipa	Libre	22-76	2-9	1.600-2.700	259-1.495	-	25
4	Sector Acora-Platería-Aziruni	Libre a presión	50-100	2-5	340-850	-	-	5
				-0.20				
5	Cuenca Media y Baja del Río llave	Libre	30-100	2-19	170-880	550-1.040	-	200
6	Cuenca Baja de los RÍOS llave y Zapatilla	Libre	40-70	1.5-4.5	130-620	536-5.616	-	24
7	Cuenca Titicaca-Keka Sector Achacachi	Libre a presión	Prof. Expl.	-1.30	180-460	303	2.3 E-3	80
			311	2-3				
8	Cuenca Titicaca Peñas	Libre a presión	85-130	0-8	125-410	80-120	2E-4a	20
				-1 a -3				
9	Sector Ancoputo-Patacollo	Libre a presión	50-130	2.8	170-200	32-337	1E-3	14
10	Sector Ccallame-Jacha Mauri	Libre a presión	-	0-4	200-4.300	-	1 E-3 a 5 E-2	32
11	Sectores Pucarani-El Alto-Viacha	Libre a presión	160-316	0.5-30	90-450	30-355	3.6 E-10 a	750
				-0.6 a -2.6				
12	Cuenca Media y Baja del Río Catari	Libre a presión	-	-1 a -2	210-1.000	469	2.7 E-7	31
				1 a 2				
13	Cuenca Baja del Río Tiwanacu	Libre a presión	Prof. Expl.	0	610-1.000	133-252	3.7 E-5	60-70
			311	1 a 2				
14	Cuenca Media del Río Desaguadero (Margen Izquierda)	Libre	-	1-13	180-1.900	-	-	10-90
15	Subcuenca del Río Jacha Jahuira	Libre	-	1-2	490-920	-	-	10-15
16	Cuenca Alta del Río Desaguadero	Libre	-	3-10	870-2.350	-	-	Escasas decenas de l/s

	(Margen Izquierda)							
17	Cuenca Media del Río Desaguadero	Libre	-	1-9	1.120-5.200	16-35	-	Escasas decenas de l/s
	(Margen Derecha)							
18	Cuenca Poopó-Coipasa Sector Oruro	Libre a presión	60-65	-0.2	820-2.030	0.4-183	2.5 E-6 a	Menor de 200l/s
				3.5 a 11			4.1 E-2	

Fuente: Plan Director Binacional.

En la Cordillera Occidental, a pesar de su intensa actividad volcánica reciente, las manifestaciones termales son escasas y ubicadas especialmente en las cabeceras del Río Lauca, tributario del Salar de Coipasa. El caudal promedio de todas las emergencias hidrotermales es apenas de algunas decenas de litros por segundo, con temperaturas de 40 a 70°C. En el pasado las manifestaciones debieron haber sido mucho más abundantes y frecuentes, como indican los numerosos afloramientos de travertino (caliza química de origen hidrotermal) existentes alrededor de Coipasa y en general al sur del altiplano.

Las Figuras 21 y 22 muestran el esquema hidrogeológico de las cuencas y la distribución de los principales acuíferos dentro del Sistema TDPS.

## 6.2 Características hidráulicas

La morfología de los acuíferos, establecida a partir de las curvas hidroisohipsas, muestra que los flujos de agua subterránea siguen sentidos impuestos por la configuración de los acuíferos, la localización de las áreas de recarga y sus niveles de base. Así, en las cuencas tributarias del Lago Titicaca, las napas escurren hacia el lago con gradientes hidráulicos medios de 0,1 a 1 %. Lo mismo sucede a lo largo del Desaguadero. El flujo subterráneo que realmente llega al sistema hídrico superficial es limitado en razón de la baja transmisibilidad y del bajo gradiente. Además, algunos ríos como el Ramis y el Desaguadero sufren en sus valles bajos una importante disminución de sus caudales de estiaje (y también de crecida en el caso del Desaguadero) por infiltración y posterior evaporación desde los acuíferos aluviales. Los acuíferos artesianos también tienen una dirección de flujo hacia el sistema hídrico superficial.

Las características hidrodinámicas de los acuíferos explorados, determinadas a partir de las pruebas de bombeo realizadas, muestran que en algunos acuíferos del sector peruano las transmisividades alcanzan valores del orden de 120 a 5.600 m<sup>2</sup>/día (1,4 x 10<sup>-3</sup> a 6,5 x 10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s), mientras que en el sector boliviano se tiene un rango de 1 a 750 m<sup>2</sup>/día. (10<sup>-5</sup> a 8,7 x 10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>/s).

Los valores de los coeficientes de almacenamiento, establecidos para las cuencas del sector boliviano, corresponden a acuíferos confinados a semiconfinados, y también libres con una rango de 10<sup>-2</sup> a 10<sup>-10</sup>.

Los resultados de los ensayos a caudal variable muestran que los rendimientos óptimos de los acuíferos en el sector peruano varían desde 4 a más de 100 l/s, con capacidades específicas de 0,3 a 5 l/s/m. En el sector boliviano los rendimientos van de 2 a 75 l/s, con capacidades de 0,3 a 4 l/s/m.

Los estados de confinamiento o semiconfinamiento que se presentan en uno o más niveles de profundidad de los acuíferos, propician niveles piezométricos que alcanzan la superficie del suelo o la superan hasta en más de 2 m de altura, como ocurre en la cuenca del Río Catari, en el sector boliviano.

En conclusión, se puede afirmar que todos los sistemas hídricos subterráneos escurren hacia la red hidrográfica y que desde el punto de vista hidrogeológico el Sistema TDPS es endorréico. Ni el Lago Titicaca ni los demás elementos del Sistema tienen fugas. Los acuíferos en general representan una parte muy limitada del total de la cuenca. No obstante, en períodos de Aguas altas puede verificarse, en tramos particulares, una importante transferencia de Aguas desde el Desaguadero hacia los acuíferos subterráneos.

### [Figura 21](#)

### [Figura 22](#)

El agua que circula en los acuíferos y que se mueve hacia la red hidrográfica se pierde en parte por evaporación. El caudal total de agua que desde el subsuelo pasa al sistema hídrico superficial, no supera los 3 m<sup>3</sup>/s.

Los anteriores datos se refieren a los recursos subterráneos renovables. Los recursos fósiles o no renovables, contenidos en las capas arenosas profundas de las formaciones terciarias y cretáceas, no son conocidos aún y su explotación debe darse sólo en función de las

necesidades y de acuerdo con criterios mineros.

### 6.3 Calidad del agua subterránea

La calidad del agua subterránea es función directa del volumen de las lluvias y de la naturaleza de las rocas a través de las cuales se mueve el agua. Cuanto más abundante es la lluvia menor es la concentración de sales disueltas y, en consecuencia, dada la diferencia de clima entre el norte y el sur, hay un progresivo aumento de la conductividad eléctrica (indicador de la salinidad) desde el norte hacia el sur. La calidad del agua cambia también porque conforme disminuye la lluvia aumenta el efecto de la evaporación. En cuanto a las rocas, no es raro que las formaciones terciarias y cuaternarias presenten terrenos evaporíticos, con yeso y sal, que pueden transferir una importante mineralización al agua. Lo anterior se refleja en los datos disponibles sobre calidad del agua subterránea.

En los acuíferos del lado peruano, el agua es de calidad regular a muy buena. Sin embargo, en algunas zonas, condiciones geológicas locales imponen ciertas restricciones para consumo humano e irrigación, como sucede en la cuenca del Hipa. La conductividad eléctrica (CE) varía entre 120 y 1.300 mmhos/cm a +25°C, pero en las zonas mencionadas alcanza valores de 2.000 a 5.900 micromhos/cm a +25°C.

En el sector boliviano la calidad del agua es también variable, en relación con las condiciones geológicas de cada cuenca y con las características de las fuentes de recarga de los acuíferos. Hay Aguas con calidades que van desde aceptables a muy buenas para consumo humano, agrícola y otros usos, sobre todo en los pozos profundos. Pero también hay cuencas cuyas Aguas subterráneas presentan restricciones de uso, como es el caso de algunos sectores del valle del Desaguadero. La CE varía entre 80 y 5200 micromhos/cm a +25°C. Por otro lado, todas las zonas meridionales tienen Aguas muy salobres, con valores de CE que llegan fácilmente a 10.000-15.000 micromhos/cm a +25°C (véase Cuadro 13).

## 7. Riesgos naturales

### 7.1 Precipitaciones

Las precipitaciones máximas en 24 horas constituyen un indicador de los eventos de tormenta al interior del Sistema. El análisis estadístico de las series disponibles muestra que existen dos núcleos de alta precipitación: el Lago Titicaca y sus inmediaciones y la parte central de la zona meridional de la cuenca entre el Río Mauri y el Lago Poopó. En ambas zonas, la lluvia máxima de 24 horas está comprendida entre 70 y 95 mm para un período de retomo de 50 años. Los mismos valores existen en otros centros menores aislados, especialmente en las cuencas altas de los ríos Coata (Río Lampa) y Ramis (Río Crucero). Las zonas de más baja precipitación se ubican a lo largo de los bordes oriental y suroccidental de la cuenca, con lluvias máximas de 24 horas entre 50 y 60 mm. El resto del Sistema presenta valores intermedios.

La precipitación máxima probable en 24 horas (estimada mediante el método de Hershfield) sigue un patrón regional similar, aunque sus valores fluctúan entre 250 y más de 350 mm en los núcleos de alta precipitación, y entre menos de 150 y 250 mm en los sectores de baja precipitación descritos.

### 7.2 Inundaciones

Las inundaciones constituyen quizá el evento extremo más importante, por sus daños en el Sistema TDPS. En la segunda mitad del decenio de los 80, varios años consecutivos de fuertes lluvias produjeron un fuerte aumento en los aportes al Lago Titicaca, cuyo nivel fue ascendiendo progresivamente, anegando decenas de miles de hectáreas en las zonas ribereñas (en 1986 existían 48.000 ha inundadas). Este fenómeno, que tuvo su máxima expresión en el período 1986-87 y que produjo los niveles más altos del lago entre 1920 y 1990, determinó un gran aumento en las descargas del Río Desaguadero, que sumadas a los aportes de sus tributarios, originaron graves inundaciones a lo largo de su curso y, en especial, en su tramo inferior (lagos Uru-Uru y Poopó), poniendo en peligro incluso a la ciudad de Oruro. Aguas arriba del Puente Internacional las inundaciones están ligadas, bien al desbordamiento de los ríos, bien a la subida del nivel del Lago Titicaca, o bien a la acción combinada de ambas causas.

Tomando como base la serie más larga de precipitación (Salcedo), se ha estimado, para el caso de períodos húmedos que originan inundaciones (noviembre a marzo), que la probabilidad de ocurrencia (en los próximos 50 años) de un período húmedo igual o mayor que el mayor período húmedo registrado (1985-87) es del 5,8%. Si se consideran las series de aportaciones globales al Lago Titicaca, la probabilidad de que ocurra un período húmedo igual o mayor que el de 1985-87 se ha estimado en 5,2%.

### 7.3 Sequías

Las sequías constituyen igualmente uno de los eventos extremos que más problemas crean en el área del Sistema TDPS. Ellas afectan de manera general a todo el altiplano y se caracterizan por una deficiencia de agua generalizada para la atención de las distintas demandas existentes (principalmente agropecuarias y domésticas), causando un gran impacto en los diferentes sectores económicos. El análisis de este problema se efectuará desde tres puntos de vista complementarios: la sequía bioclimática, la sequía pluviométrica y la sequía fluvial, estas dos última referidas especialmente a la probabilidad de ocurrencia de las sequías históricas.

**Figura 23****7.3.1 Sequía bioclimática**

En estricto sentido, un mes seco es aquel en que la precipitación es menor que la ETP. Ahora bien, si para cada mes se cuenta el número de años en que la precipitación es menor a ETP/2 y este valor se divide por el número total de años considerados, se obtiene la frecuencia de ocurrencia de sequías para cada mes. Con estos datos se puede luego determinar el período libre de sequías (en meses) con una frecuencia dada (50%, 75%, etc). La Figura 23 muestra el período libre de sequías para algunas estaciones representativas del norte, centro y sur de la región. Se observa que en el norte de la región (Chuquibambilla y Huaraya Moho) el período libre de sequías es el más amplio (5-6 meses para una probabilidad del 50%), mientras que el sur (Patacamaya y Oruro) escasamente llega a tener un mes libre de sequía con esta misma frecuencia. La parte central (Ilave y El Alto) presenta una situación intermedia.

**7.3.2 Sequía pluviométrica**

Esta se refiere a la frecuencia de precipitaciones por debajo de un valor dado, en general determinado por las necesidades de agua de una región. En el caso presente estos niveles de referencia están dados por las mayores sequías históricas que ha soportado el altiplano y que han ocasionado ingentes pérdidas a las actividades económicas y sociales. Estas sequías históricas ocurrieron en 1982-83 y en 1989-90.

Tomando como base las series de precipitación acumulada de noviembre a marzo (período durante el cual se plantean las necesidades de agua para los cultivos de secano), las probabilidades de ocurrencia de períodos de sequía similares a las de 1982-83 y 1989-90 son las mostradas en el Cuadro 14.

**Cuadro 14: PROBABILIDADES DE SEQUIAS DE LLUVIAS PARA PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS (Series de precipitaciones de noviembre a marzo)**

Sequía	Sector Boliviano	Sector Peruano	Complejo TDPS
1982-83	0,87	0,93	0,89
1989-90	0,37	0,43	0,47

*Fuente:* Plan Director Binacional, 1993.

**7.3.2 Sequía fluvial**

De igual manera, tomando como base las series de aportaciones o volúmenes acumulados de los principales ríos de la cuenca para los meses de noviembre a marzo (las mayores demandas de riego para las campañas agrícolas se plantean en este período), las probabilidades de ocurrencia de períodos de sequías similares a las de 1982-83 y 1989-90 son las mostradas en el Cuadro 15.

**Cuadro 15: PROBABILIDADES DE SEQUIAS FLUVIALES PARA PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS (Series de aportaciones acumuladas de noviembre a marzo)**

Río	Sequía 82-83	Sequía 89-90
Escoma	0,90	0,47
Huancané	0,90	0,47
Ramis	0,90	0,90
Coata	0,90	0,47
Ilave	0,90	0,90
Abaroa (R. Mauri)	0,90	0,90
Abaroa (R. Cosapa)	0,90	0,17
Calacoto (R. Mauri)	0,90	0,90
Ulloma (Desaguadero)	0,90	
Chuquiña (Desaguadero)	0,90	

*Fuente:* Plan Director Binacional, 1993.

**7.4 Granizadas y nieve**

La gran altitud, la fuerte irradiación solar y la importancia de los fenómenos convectivos, especialmente durante el verano, hacen que el riesgo de granizadas sea alto en toda la cuenca. Los datos disponibles muestran que a altitudes mayores de 4.800 m hay en general

más de 20 días con granizo por año, en particular en la parte norte del Sistema, si bien la mayor frecuencia observada corresponde a Quillisani, localizada a 4.600 m.

Conforme disminuye la altitud y se acerca al Lago Titicaca, el número de días con granizo disminuye paulatinamente hasta llegar a valores cercanos a 5. En el sector sur de la cuenca, al parecer, la frecuencia también es de menos de 5 días por año.

La información sobre frecuencia de días con nieve es muy deficiente. En Puno y Caracollo, las dos únicas estaciones que la registran, las frecuencias son de 3 y 1.2 al año respectivamente.

Los dos fenómenos (granizo y nieve) producen daños muy graves a la agricultura.

### **7.5 Heladas**

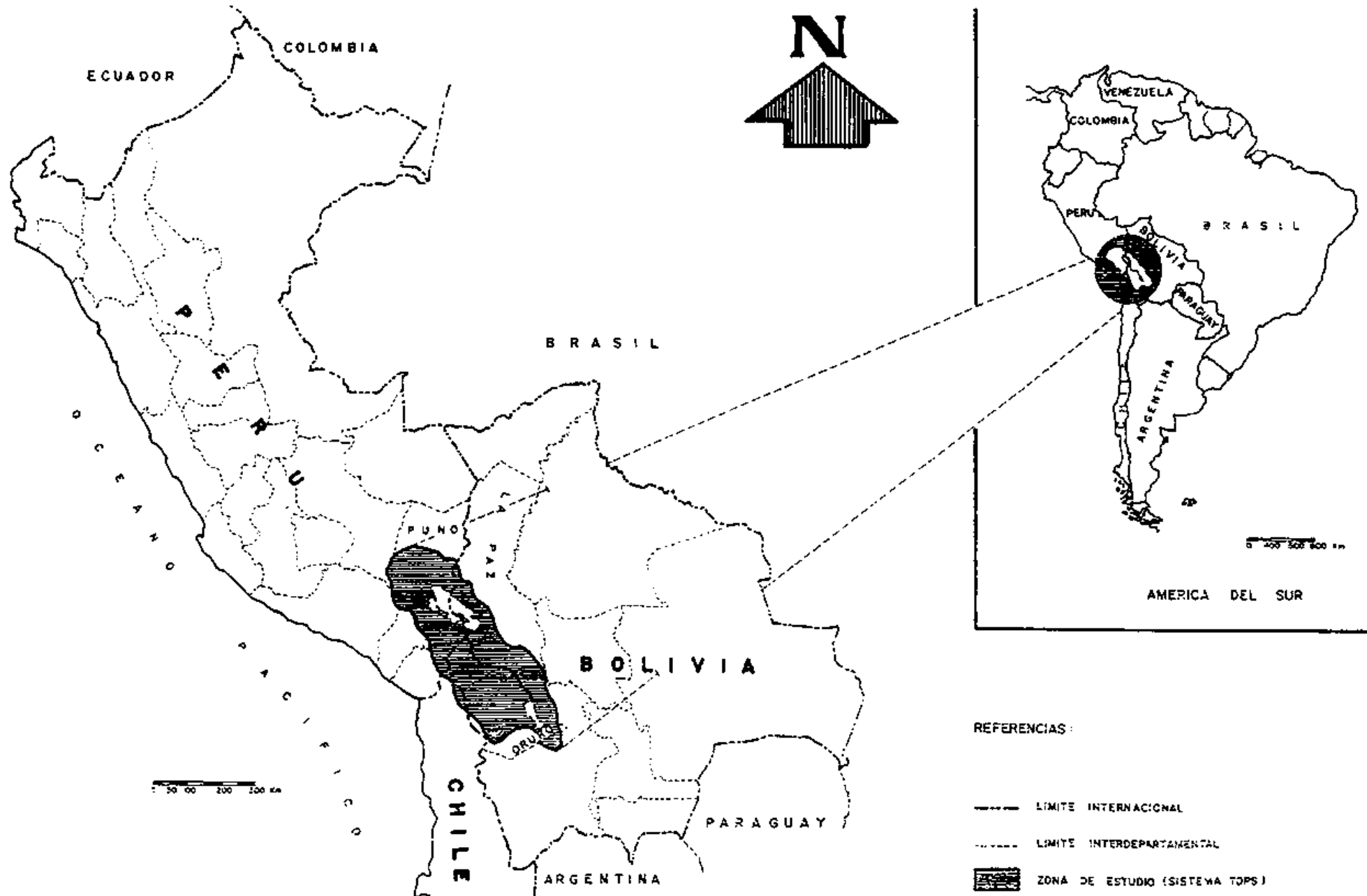
Las heladas son un fenómeno común en toda la región, aunque su frecuencia varía mucho. La zona menos afectada corresponde al Lago Titicaca y sus alrededores (incluidos los valles inferiores de los ríos llave, Coata, Ramis, Huancané y Huaycha), donde el número de días con heladas es de menos de 150 al año. En las riberas del lago este valor es de menos de 100. La frecuencia de heladas aumenta en todas las direcciones a partir del lago, si bien la franja central de la cuenca, hacia el sur, tiene menos de 250 días con temperaturas bajo cero. Hacia los bordes de la cuenca la frecuencia crece hasta 300 a 350 días al año, especialmente a lo largo del borde occidental.

Son muy pocos los sitios donde existen períodos totalmente libres de heladas. Entre ellos cabe citar a la Isla del Sol, con 7 meses; Copacabana, con 4 meses; Puno, Huaraya Moho y Puerto Acosta, con 2 meses, todos ellos cercanos al lago; y Calamarca y Chuquiña, con 1 mes, localizados sobre el Río Desaguadero. La Figura 24 muestra la frecuencia de heladas en varias estaciones representativas de los sectores norte, centro y sur de la región. Se observa que la estación de Huaraya Moho, cercana al lago, es la que presenta el período libre de heladas más largo. La mayor frecuencia de heladas ocurre en el invierno (junio a agosto, por lo general hasta mayo y septiembre), mientras que la menor frecuencia ocurre en verano (diciembre a marzo). El mapa de la Figura 25 muestra la distribución del número de días de helada en toda la región.

[Figura 24](#)

[Figura 25](#)



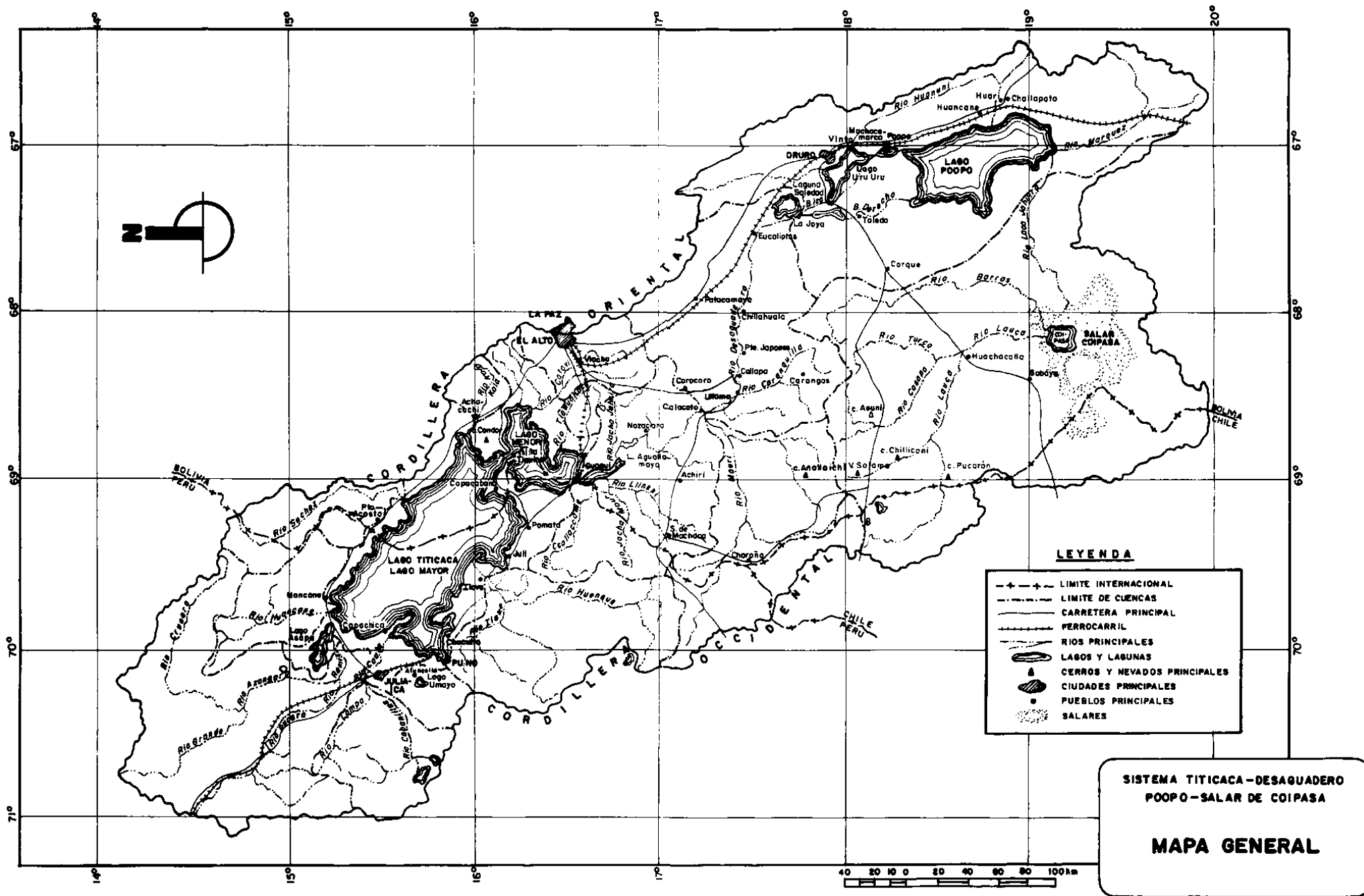


ALT  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-POOPO-SALAR DE COIPASA  
UBICACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

FIGURA N°

1





---

# Capítulo II. El hombre y el medio

---

[1. Población y asentamientos humanos](#)

[2. Actividades productivas](#)

---

## 1. Población y asentamientos humanos

### 1.1 Origen y cultura

La historia de la región del TDPS puede dividirse en tres grandes épocas: prehispánica, colonial y republicana.

#### 1.1.1 Epoca prehispánica

La evolución de las civilizaciones prehispánicas en el área a su vez puede dividirse en cuatro grandes periodos: formativo o preclásico, clásico, postclásico e incaico.

El período *formativo* va aproximadamente desde 1200 A.C. hasta 133 D.C. y aparentemente se inicia con la aparición de las primeras comunidades sedentarias (entre ellas Tiwanacu I y II en el altiplano), las cuales se dedicaban a la agricultura y, en menor grado, a la ganadería.

El período *clásico* va desde el 133 hasta el 1200 D.C. y se acostumbra dividir en tres horizontes culturales: Tiwanacu III, u horizonte Tiwanacota (133 a 375 D.C.); Tiwanacu IV, o de pre-madurez (375 a 715 D.C.); y Tiwanacu V, o de expansión (715 a 1200). En este período se desarrolla la agricultura intensiva y el riego; el comercio se intensifica; la sociedad se estratifica y el Estado se organiza en poblados mayores, con su aparato gubernamental y religioso; se desarrolla la artesanía, la alfarería y la construcción con adobe; y se construyen grandes templos y castillos fortificados, entre ellos la ciudadela de Tiwanacu, con sus templos de Kalasasaya y Pumapunku y la pirámide escalonada de Akapana. En el templo de Kalasasaya se encuentra la Puerta del Sol, con un calendario ideográfico de 12 meses. En el período de madurez la cultura Tiwanacu llegó hasta Ayacucho en Perú y hasta Arica y Atacama en Chile y en el período de expansión llegó hasta el norte de Perú y hasta el noroeste de Argentina. Esta cultura desapareció entre 1150 y 1200 D.C., posiblemente debido a una gran sequía que asoló a la región.

El período *postclásico* o postTiwanacu va desde 1200 a 1430 D.C. y corresponde al período de reinos locales, representado en el altiplano por la cultura o civilización colla o aymara, la cual se extendió hasta Cuzco en Perú y Chuquisaca en Bolivia. Las culturas más importantes en el altiplano fueron Pacajes, a lo largo del Desaguadero; Charkas, al noroeste del Lago Poopó; Lupakas, entre Puno y el Desaguadero; y Carankas, en el actual Departamento de Oruro.

El período *incaico* va desde 1430 hasta 1532, período en su mayor parte dedicado a la conquista de la



civilización colla por los incas, los cuales llegaron hacia finales del siglo XV hasta Chuquisaca y Tarija, y posteriormente Huayna Capac colonizó el valle de Cochabamba. Los incas explotaron la riqueza minera de la región, así como los criaderos de llamas y alpacas, de donde procedía la lana para sus vestidos.

En los tiempos inmediatamente anteriores a la Conquista española existía en la región una población indígena organizada en comunidades, al interior de las cuales la mayor parte de las actividades agrícolas y pecuarias se desarrollaban comunitariamente. Aunque, según los cronistas españoles, la población no era muy numerosa, había grandes áreas explotadas en pastos, donde se criaban rebaños de llamas y alpacas destinados a la producción de fibra, mientras que la agricultura se desarrollaba en las zonas más húmedas circunlacustres, bajo el sistema de cultivos en camellones.

### **1.1.2 Epoca colonial**

Con la llegada de los españoles en 1532, esta situación cambió sustancialmente. Las tierras fueron divididas en encomiendas y repartimientos. Se dio prioridad a la explotación de los metales preciosos, con una importante movilización de mano de obra indígena, especialmente en la zona de Bolivia. Se descuidó la crianza de la alpaca por la introducción de ganado ovino y vacuno y se dio mayor importancia a la llama por su interés como animal de carga para el transporte de minerales hasta los puertos de embarque hacia España. Se impuso un sistema político-administrativo organizado alrededor de una creciente red de centros urbanos.

### **1.1.3 Epoca republicana**

Con el advenimiento de la época republicana (1821 en Perú y 1825 en Bolivia), el despojo de tierras a las comunidades indígenas se incrementó notoriamente, para la formación de grandes haciendas en favor de pudientes criollos, dado que la transformación en haciendas de las antiguas encomiendas y repartimientos coloniales no había logrado satisfacer todos los intereses. Este sistema de grandes haciendas se mantuvo hasta la aplicación de las leyes de reforma agraria de 1953 en Bolivia y de 1969 en Perú, aunque es posible que en el futuro estas leyes sufran reformas.

Cabe destacar que a comienzos del siglo **XX** la exportación de lana llegó a ser el mayor rubro de las exportaciones peruanas.

Estos siglos de historia han desarrollado en la población del altiplano una actitud entre la hostilidad y la desconfianza. Las políticas de apertura económica han logrado reducir el precio de los productos agrícolas con las importaciones de productos subsidiados y las donaciones, a costa de los productores indígenas. Mientras tanto, los esfuerzos de construcción de infraestructuras de servicios y de producción se concentran en las grandes ciudades, con lo cual la situación de los campos es cada vez más deprimida dentro del contexto nacional. A pesar de ello, existe un gran deseo de superación por parte de la población local, que, si se apoya, puede producir excelentes resultados hacia el futuro.

Como resultado de las movilizaciones poblacionales mencionadas en el curso de toda la historia, desde el punto de vista etno-lingüista la región del TDPS está dividida actualmente en tres grandes áreas: una zona norte aymara, una zona central quechua y una zona sur aymara. Además, existe el grupo de los Uros, diseminados especialmente en algunos sectores del Lago Titicaca (totorales de Puno), en el Lago Poopó y a lo largo del Desaguadero. En general, la población del altiplano es originaria o indígena. La población mestiza u occidentalizada se encuentra en las ciudades y pueblos mayores.

## 1.2 Crecimiento, distribución y urbanización

Según datos de los últimos censos (1993), la población total del Sistema TDPS es de 2'238.786 habitantes, de los cuales 1'087.292 (el 48,6%) viven en los centros urbanos y 1'151.494 (el 51,4%) en las zonas rurales. Del total, 1'079.849 personas viven en el sector peruano y 1'158.937 en el boliviano.

La participación porcentual de la población rural en la población total del Sistema TDPS ha venido disminuyendo. En el sector peruano pasó del 68,2% en 1981 al 60,8% en 1993. En el sector boliviano la población rural actual representa el 42,7% del total, mientras que en 1976 conformaba el 52,4% en el Departamento de La Paz y el 48,9% en el Departamento de Oruro.

Los principales centros urbanos son Puno (91.877 hab) y Juliaca (142.576 hab) en la parte peruana y El Alto (405.492 hab) y Oruro (183.422 hab) en el sector boliviano. La ciudad de El Alto, aunque desde el punto de vista urbano funcional está conectada a la ciudad de La Paz, está localizada en territorio de la región y utiliza recursos de la misma, por lo cual se ha incluido en este informe como parte integrante del Sistema TDPS. No así La Paz (713.378 hab), que está ubicada por fuera de la región, inmediatamente a partir de la divisoria de Aguas hacia el oriente.

Con excepción de la ciudad de El Alto, las tasas de crecimiento de la población son sensiblemente inferiores a los promedios nacionales correspondientes. En la subregión de Puno la tasa para 1981-93 fue de 1,6%, frente a 2,1 % anual para todo el país. Lo mismo sucede en los departamentos de La Paz y Oruro, en Bolivia, cuyas tasas para el período 1976-92 fueron del 1,66% y 0,58% respectivamente, frente al 2,03% para todo el país. Las tasas de crecimiento de la población rural son aún menores: 0,7% en el sector peruano, -0,53% en el Departamento de La Paz y -1,60% en el Departamento de Oruro. En consecuencia, mientras que en el sector peruano la población rural permaneció estacionaria en el decenio de los 80, en el sector boliviano disminuyó en términos absolutos.

## 1.3 Procesos migratorios

En gran parte los procesos migratorios son los responsables del comportamiento de las tasas de crecimiento de la población. En efecto, hay una tendencia generalizada al despoblamiento rural. Esto se comprueba con las cifras para el sector peruano, las cuales muestran que las tasas de crecimiento durante el período 1981-93 fueron del 3,4% anual para la población urbana y tan sólo del 0,7% para la rural. En Bolivia ocurre otro tanto, pues la tasa de crecimiento urbano fue del 4,7% para 1990-93, mientras que el crecimiento rural fue negativo (-0,4%). Entre las ciudades de Bolivia, El Alto es la que presenta la mayor tasa de crecimiento, a consecuencia en su mayor parte de la migración procedente del altiplano.

En el caso del Perú, los flujos migratorios (en su mayoría definitivos) se dirigen a ciudades extraregionales como Arequipa, Cuzco, Lima-Callao y Tacna y a centros localizados dentro de la misma región, especialmente Puno y Juliaca. De acuerdo con datos del censo de 1993, la población inmigrante a la subregión de Puno entre 1981 y 1993 fue de 7.374 personas, mientras que la población emigrante fue de 81.554. En el sector boliviano la migración se dirige hacia La Paz-El Alto y hacia Oruro. Esta migración afecta de manera especial a los grupos de edad jóvenes de la población. Por esta razón, la población de muchos pueblos del altiplano está conformada especialmente por adultos y viejos.

Los flujos migratorios generalmente se incrementan con eventos extremos como sequías e inundaciones, debido a las pérdidas económicas que ocasionan. También ocurren flujos temporales en busca de trabajo, especialmente desde las áreas más áridas o desde la zona circumlacustre, en busca de un ingreso complementario al ingreso familiar agropecuario.

## 1.4 Pobreza y condiciones de vida

### 1.4.1 Pobreza y niveles de vida

La zona del altiplano constituye una de las zonas más pobres tanto de Perú como de Bolivia. En Perú, según el censo de 1993, el 39,8% de la población vive en la pobreza (hogares con, por lo menos, una necesidad básica insatisfecha) y el 33,7% vive en condiciones de miseria (dos o más necesidades básicas insatisfechas). En total, el 73,5% de la población tiene por lo menos una necesidad básica insatisfecha. Esta situación es más crítica para la población rural, 41,1% de la cual vive en condiciones de pobreza y 42,4% en condiciones de miseria, o sea, 83,5 en total. De acuerdo con las estadísticas disponibles, esta situación no mejoró entre 1961 y 1990.

En Bolivia, en 1976 el 69,85% de los hogares rurales de los departamentos de La Paz y Oruro tenían por lo menos una necesidad básica insatisfecha (bajo la línea de pobreza) y el 28,7% tenían más de dos necesidades básicas insatisfechas (línea de pobreza extrema). En 1988, los datos para la región ecológica del altiplano indicaban que la población en la pobreza representaba el 67,4% y en la extrema pobreza el 31,8%, lo cual indica que la situación no mejoró durante el período 1976-1988. De otra parte, según un estudio realizado posteriormente por MACA-JUNAC, siguiendo la metodología utilizada por la CEPAL para México, encontró que en Oruro el 64% de la población vivía en condiciones de infrasubsistencia, el 14% en condiciones de subsistencia, el 12% en condiciones estacionarias y sólo el 10% en situación excedentaria. Además, concluyó que el 75 % de las unidades de explotación agropecuaria de la economía campesina correspondían a unidades del sector campesino en descomposición.

### 1.4.2 Niveles nutricionales

Aunque la dieta alimentaria varía en la región de acuerdo con el tipo de producción agraria y la localización, el nivel nutricional general del campesino del altiplano es deficitario. Así por ejemplo, los datos para Puno indican que existen deficiencias en proteínas de origen animal, grasa, calcio, hierro, retinol, tiamina y riboflavina, lo que significa que las dietas del altiplano puneño son insuficientes para satisfacer los requerimientos energéticos; aparentemente, tal insuficiencia es más en cantidad que en calidad. Asimismo, existe una alta deficiencia en vitaminas A, B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>, la cual podría ser disminuida con un mayor consumo de hortalizas producidas en invernaderos. En consecuencia, las investigaciones con el indicador antropométrico talla/edad muestran que en 1984 cerca del 51% de la población infantil menor de 6 años se encontraba en estado de malnutrición crónica en la región de Puno, situación que puede ser extrapolable a la totalidad del altiplano.

## 1.5 Empleo, ingresos y vivienda

En el ámbito del Sistema TDPS se ha registrado un incremento significativo en los últimos años en la población económicamente activa (PEA), estimándose que en 1990 representaba alrededor el 39,1% de la población total en el sector peruano. Se estima que la PEA de la subregión de Puno (Perú) creció un 83% entre 1972 y 1990. En el sector boliviano este incremento fue del orden del 40% entre 1976 y 1988 (Departamento de La Paz).

La tasa bruta de participación de la población rural resulta más baja en la parte peruana que en la parte boliviana, con el 33 y el 36,6% respectivamente (1981). Estas diferencias pueden deberse a diferentes formas de evaluación, ya que mientras en Perú se estima la PEA a partir de los 15 años de edad, en Bolivia los límites de la PEA son 7 años (1976) y 10 años (1988), debido a que los menores ya trabajan a

estas edades.

La PEA se encuentra altamente concentrada en actividades agropecuarias. Así, se ha estimado que en 1989, en la subregión de Puno, el 59,8% se dedicaba a la agricultura y la ganadería, seguidas por los servicios (14,5%), el comercio (10,6%), la industria manufacturera (7,8%), la minería (2,47%) y la construcción (2,42%). A su vez, en los departamentos de La Paz y Oruro, en 1988 el 72,8% de su PEA se dedicaba a actividades agropecuarias, seguidas por el comercio (7,0%), la minería (4,3%) y la industria manufacturera (3,4%). No obstante, debido a las precarias condiciones de vida del poblador rural, el sector agropecuario ha venido perdiendo peso en la PEA, al pasar del 65,1% en 1980 al 59,8% en 1989 en el altiplano peruano, y del 74,1% en 1976 al 72,8% en 1988 en el altiplano boliviano. En su lugar ha crecido principalmente el comercio y los servicios en general, puesto que la industria disminuyó en términos relativos en ambos sectores.

Los requerimientos agrícolas de fuerza laboral son muy estacionales y globalmente bajos. Se estima que corresponden al 20% de la disponibilidad total de mano de obra a nivel de toda el área. La ganadería es una actividad más regular, sin fluctuaciones ni ciclos muy marcados, aunque genera poca mano de obra. El grado de empleo se ve también afectado por los eventos climáticos e hidrológicos extremos que ocurren en el altiplano, de manera especial las inundaciones y las sequías, cuyas pérdidas generan fenómenos migratorios en las poblaciones afectadas.

La fuente principal de empleo en el área son las pequeñas unidades económicas de carácter familiar, que generalmente absorben mano de obra de los miembros de la familia en forma no asalariada. Existe una subindustrialización, con un sector primario fuerte, un sector terciario importante (principalmente comercio informal en las ciudades y pueblos grandes), y un sector secundario muy débil, lo cual evidencia un sistema económico desequilibrado.

En parte del área del TDPS el nivel de vida es uno de los más bajos de ambos países, con una alta prevalencia de desnutrición infantil. También lo es el ingreso familiar en las zonas rurales. Así por ejemplo, el ingreso medio mensual en la subregión de Puno era de US\$67 en 1981, que representaba el 30% del ingreso medio urbano del país y el 40% del ingreso medio nacional. Entre 1975 y 1990 se estima que, a consecuencia de los altos niveles de inflación que sufrió el país, la remuneración mínima vital perdió el 42% de su capacidad adquisitiva en Puno.

Un indicador del nivel de vida es la vivienda. En los sectores rurales de los dos países, la casi totalidad de las viviendas son rústicas, con paredes de adobe, barro o piedra, techos de paja o calamina y pisos de tierra, carentes de servicios públicos básicos (acueducto, sistemas de alcantarillado o disposición de excretas y energía eléctrica). Además, sus proporciones reducidas (tres habitaciones por vivienda en promedio) y su gran dispersión impiden la instalación de servicios comunales. En los pueblos pequeños las viviendas son ligeramente de mejor calidad paredes de adobe o ladrillo, techos de paja, calamina o teja de barro, y pisos de cemento u otros materiales, aunque en su gran mayoría no cuentan con servicios de saneamiento básico.

En los pueblos grandes y ciudades, las viviendas están construidas generalmente en materiales nobles, cimientos de piedra o concreto, muros de adobe o ladrillo, techos de calamina o concreto y pisos de madera, y la cobertura de los servicios de acueducto, alcantarillado sanitario y energía eléctrica es generalmente mayor al 50%. Sin embargo, la constante afluencia de migrantes provenientes de las áreas rurales, unida al crecimiento urbano natural, ha llegado a determinar altos niveles de hacinamiento en algunos sectores de las ciudades y deterioro progresivo de las viviendas.

## 1.6 Agua potable y saneamiento

**Cuadro 16: COBERTURAS DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS EN EL ALTIPLANO**

Región	No de Viviendas	Cobertura %	
		Acueducto	Alcantarillado
<i>Perú (1990) (a)</i>			
Subregión III	98.209	14	16
Subregión IV	79.477	30	30
Subregión V	56.611	12	13
Subtotal Perú	234.297	19	20
<i>Bolivia (1992)</i>			
Departamento de La Paz	184.274	24	15
Departamento de Oruro	32.961	23	
Subtotal Bolivia	217.235	24	13
Total Altiplano	451.532	21	17

(a) Subregión III: Puno, Chucuito, Yunguyo, Collao; Subregión IV: Lampa, San Román, Huancané, S. Antonio de Putina, Moho; Subregión V: Melgar, Azángaro, Carabaya.

*Fuentes:* INEI (Perú); INE, Encuesta Nacional de Población y Vivienda (Bolivia).

Los servicios de acueducto y alcantarillado son en general deficientes en todo el altiplano. En el sector peruano la cobertura de acueducto variaba en 1990 entre el 12% y el 30% a nivel subregional, con promedio del 19%, y la de alcantarillado entre el 13% y el 30%, con promedio del 20%. En el sector boliviano las condiciones no eran diferentes: la cobertura de acueducto fluctuaba entre el 23% y el 24%, con promedio del 24%, y la de alcantarillado tenía un promedio del 13%. A nivel de todo el TDPS, las coberturas medias eran del 21% para acueducto y 17% para alcantarillado (véase el Cuadro 16).

No obstante, estos promedios esconden un fuerte desequilibrio urbano-regional: los servicios están concentrados en las ciudades y centros urbanos mayores, donde las coberturas pueden ser superiores al 60% en los dos servicios, mientras que en las zonas rurales son muy bajas o nulas. La situación descrita ha venido mejorando durante los últimos años. Así, según el censo de 1993, la cobertura del servicio de alcantarillado en el Departamento de Puno era del 55,6% en el área urbana, 31,1% en el sector rural y 41% en promedio.

## 1.7 Salud y morbilidad

### 1.7.1 Morbi-mortalidad

Las principales características de la salud en la zona del TDPS son las siguientes:

- *Elevados índices de morbi-mortalidad*, sobre todo en madres y niños. La mortalidad

infantil es de 89,9 por mil en la subregión de Puno, 115 por mil en la zona de La Paz y 183 por mil en la zona de Oruro. Estos valores ubican a la región como una de las áreas con más alta mortalidad infantil de América Latina, ya que comparativamente se tienen valores de 94 para Haití, 61 para Ecuador y 59 para Nicaragua, entre otros.

- *Baja expectativa de vida al nacer*, inferior al promedio nacional.
- *Alta incidencia de enfermedades infecciosas*, especialmente del tipo respiratorio y gastrointestinal. El Cuadro 17 muestra las enfermedades transmisibles de mayor incidencia en la subregión de Puno.

**Cuadro 17: ENFERMEDADES TRANSMISIBLES DE MAYOR INCIDENCIA EN EL ALTIPLANO PERUANO, 1988**

Enfermedades	Prevalencia
Gastroenteritis, enteritis y otras enfermedades diarreicas	25,1
Influenza	16,0
Tos ferina	5,6
Resfrío común	7,9
Sarampión	7,6

*Fuente:* Compendio Estadístico 1989.90, RJCM.

Se observa que las mayores incidencias corresponden a enfermedades ligadas a condiciones ambientales (mala calidad del agua en el caso de las enfermedades gastrointestinales y condiciones meteorológicas en el caso de la influenza y el resfrío común). En el sector boliviano, las enfermedades más frecuentes también resultan ser la gastroenteritis, la gripe-influenza y en tercer lugar la sarcoptosis.

### 1.7.2 Servicios de atención a la salud

La situación descrita se debe principalmente a los servicios de atención a la salud. En efecto, éstos son marcadamente deficitarios y, además, están excesivamente concentrados en las zonas urbanas, dejando a las zonas rurales con un muy bajo grado de atención. El Cuadro 18 muestra algunos indicadores de los servicios medico-hospitalarios en la región y su comparación con los promedios nacionales del Perú. Se observa que éstos son dos o tres veces superiores a los de la región.

**Cuadro 18: PRINCIPALES INDICADORES DE LA ATENCION A LA SALUD EN EL ALTIPLANO. 1988**

Indicador	N° por 10.000 habitantes		Promedio Nacional Perú
	Perú	Bolivia	
Médicos	1,8	1.3 (a)	4,6
Odontólogos	0,2	0,3	0,6
Enfermeras	3,1	4,6	3,9
Camas	7,7	3,1	16,6

(a) Para Oruro.

*Fuente:* Compendio Estadístico 1989-1990, RJCM (Perú). INE (Bolivia).

## 1.8 Educación

### 1.8.1 Niveles de instrucción

Los niveles de educación en el ámbito del Sistema TDPS son bastante bajos, sobre todo en las zonas rurales. Así por ejemplo, el analfabetismo global es del 22,2% en la subregión de Puno (Perú) y el analfabetismo rural es del 29% en el sector peruano (1993) y del 26,1 % en el boliviano (1988). Estas cifras son bastante elevadas en comparación con el promedio nacional para Perú (11,1%). El índice de analfabetismo es bastante diferenciado por áreas y sexo, siendo más alto para las áreas rurales y el sexo femenino: hasta dos veces más de analfabetos en el área rural que en la urbana (29,0% vs. 12,1% en Puno) y tres veces más en el caso de mujeres que de hombres (32,9% vs. 10,9% en el sector peruano), lo cual demuestra la todavía limitada cobertura del sistema educativo. No obstante, se debe reconocer que el analfabetismo disminuyó en los últimos dos decenios desde guarismos cercanos al 50% y 40% en los dos países hasta los niveles actuales. Los índices mencionados guardan alguna relación con el porcentaje de población sin ninguna instrucción (21% en el sector peruano y 26% en el boliviano).

### 1.8.2 Servicios educativos

La prestación de los servicios educativos se considera deficiente e inadecuada. Sus principales limitaciones se encuentran en el escaso equipamiento en infraestructuras educativas, en diferencias en su localización y en la insuficiencia de recursos humanos. A estas se suma la gran dispersión de la población rural, la cual condiciona la efectividad y la cobertura de los servicios educativos en el área (véase el Cuadro 19).

**Cuadro 19: NIVELES DE INSTRUCCION Y ANALFABETISMO EN EL ALTIPLANO (%)**

Nivel De Educación	Perú (a)	Bolivia (b)	Nacional Perú
Ninguno	21,0	26,0	
Inicial	0,4		
Primaria	39,9		
Secundaria	26,8		
Superior	11,9		
Analfabetismo	22,2	26,1	11,1

(a) Población de 15 años y más. (b) Población de 5 años y más, promedio departamentos de La Paz y Oruro.

*Fuentes:* INEI, 1993 (Perú); INE, Encuesta Nacional de Población y Vivienda, 1988 (Bolivia).

Una forma de medir la eficiencia de los servicios educativos es mediante el índice de escolaridad. En el sector peruano es del 75,5% (1993) y en el boliviano vana entre el 76% (Oruro) y el 80% (La Paz) (datos de 1988), lo que indica que por lo menos un 20% de la población en edad escolar no asiste a la escuela. A esto se suman las altas tasas de repetición y deserción escolar.

Incide en esta situación el problema de la lengua. En efecto, en una zona donde la lengua materna es diferente a la castellana, la imposición de esta última origina una ruptura en la conciencia del infante por la escuela, lo cual, junto con la presencia de contenidos educativos referidos a experiencias poco relacionadas con su medio y la baja calidad del servicio educativo, despiertan el desinterés por la escuela. En efecto, según los datos para el altiplano boliviano, sólo el 13,6% de la población rural habla únicamente castellano; el 12,4% habla sólo aymara o quechua; y el resto es bilingüe (véase el Cuadro 20).

La educación no formal está en manos de organizaciones no gubernamentales (ONG) y de los organismos públicos peruanos y bolivianos que desarrollan programas en el área, tales como el INADE (responsable del PELT, Perú), el INRENA (Perú), el Ministerio de Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente (Bolivia) y otros. No obstante, se considera que la presencia institucional en el campo de la extensión agropecuaria es muy baja y sus acciones son muy puntuales y específicas.

### **Cuadro 20: POBLACION RURAL POR IDIOMA EN LOS DEPARTAMENTOS DE LA PAZ Y ORURO (1988, EN %)**

<b>Idioma</b>	<b>La Paz</b>	<b>Oruro</b>	<b>Total</b>
Sólo castellano	11,1	2,5	13,6
Sólo quechua	0,6	0,5	1,1
Sólo aymara	10,6	0,7	11,3
Castellano y quechua	1,3	4,5	5,8
Castellano y aymara	57,5	7,0	64,5
Otras combinaciones	1,7	1,9	3,6
<b>Total</b>	<b>82,8</b>	<b>17,1</b>	<b>99,9</b>

*Fuente:* INE, Encuesta Nacional de Población y Vivienda, 1988.

### **1.9 Organizaciones no gubernamentales**

Por sus características de pobreza, la región del altiplano ha concitado la acción de numerosas organizaciones no gubernamentales, las cuales desarrollan programas de muy diferente naturaleza, pero todos encaminados a mejorar el nivel de vida de la población. En general, las actividades de estas organizaciones están basadas en educación, promoción y suministro de ayuda para el desarrollo de acciones en los campos de su especialidad. Entre las principales organizaciones es posible mencionar las siguientes: en el altiplano peruano, CARE (en agricultura), CARITAS (en desarrollo rural), IIDSA (en investigaciones), GTZ (en desarrollo rural, con fondos de Alemania), CAME (en irrigación, con fondos de Holanda), TECIRA (en agua potable rural, con fondos de Suecia), APECO (en medio ambiente), CEIDAP (en pesca), y PREDICLIMA (en predicción climática); en el altiplano boliviano, CIPCA (en desarrollo rural, con fondos españoles), Misión Internacional Altiplano (en electrificación rural, americana), Misión Alianza Noruega (en desarrollo rural), CARE (en agricultura), SARTAWI (en desarrollo rural, con fondos de la Iglesia luterana), SEMTA (en agricultura, con fondos de los Jesuitas), ADESU (en vicuña y totorales, boliviana), SATAWI (en desarrollo rural, con fondos holandeses).



## 2. Actividades productivas

### 2.1 Producción global

El sector primario sigue siendo el principal sector de la economía de Perú y Bolivia. El Cuadro 21 muestra la composición general del producto interno bruto (PIB) en los dos países. Se observa que en Bolivia el sector primario representó en 1993 el 24,7%, mientras que el sector secundario (incluidas la construcción y las obras públicas) representó el 21.1 % y el sector terciario o de los servicios el 54,2%. En Perú la estructura del PBI muestra un sector primario menos importante (10,9%), un sector secundario más fuerte (39%) y un sector terciario menos fuerte que el boliviano, pero muy importante (50,1%).

En ambos países se observa un desequilibrio de la economía, con un sector terciario (comercio y servicios) muy fuerte y un sector secundario débil (especialmente en Bolivia), patrón que se replica en la zona del TDPS, con un sector secundario aún más débil.

No obstante, las políticas macroeconómicas puestas en vigor en los últimos años en los dos países han producido un crecimiento sostenido del PIB en 1993 y 1994, del 2,7% y 3,2% en Bolivia y del 6,5% y 12,7% en Perú respectivamente. Estas políticas también han logrado mantener unos niveles de inflación bajos, utilizando entre otros instrumentos la restricción del crédito y en general al medio circulante y las tasas de interés altas en el sistema financiero.

De otro lado, en diciembre de 1993 la deuda externa total boliviana ascendía a US\$4.335 millones, equivalente al 58,8% del PIB y la peruana era de US\$21.963 millones (58,5% del PIB). Como consecuencia, el servicio de la deuda es alto: 44,5% en Bolivia y 55,9% en Perú.

Estos altos niveles de endeudamiento y de servicio de la deuda tienen repercusiones evidentes sobre los niveles de ahorro y sobre la inversión social. Las regiones más deprimidas de los dos países, entre las cuales se encuentra la zona del TDPS, tienen las menores opciones de recibir inversión pública, dado que ella debe concentrarse en los sectores y áreas donde genere una mayor plusvalía. Estas prioridades nacionales limitan las posibilidades de las regiones pobres de resolver sus crónicos problemas de subdesarrollo, pobreza y deterioro ambiental.

**Cuadro 21: COMPOSICION PRODUCTO INTERNO BRUTO 1993 (en millones de US\$ de 1988)**

Sector	Bolivia		Perú	
	\$	%	\$	%
<i>Bienes</i>				
Agricultura, forestal, pesca	1.218	17,0	2.651	8,6
Minas y canteras	554	7,7	699	2,3
Manufacturas	1.148	16,0	8.847	28,6
Construcción	368	5,1	3.225	10,4
<i>Servicios Básicos</i>				
Electricidad, gas, agua	93	1,3	177	0,6
Transporte y comunicaciones	806	11,2	1.631	5,3

<i>Otros Servicios</i>					
Comercio	723	10,1	5.737	18,5	
Del gobierno	611	8,5	1.840	5,9	
Otros servicios (a)	1.656	23,1	6.133	19,8	
Total	7.177	100,0	30.940	100,0	

(a) Otros servicios incluye servicios financieros.

*Fuente:* BID, Progreso económico y social en América Latina, 1994.

## 2.2 Agricultura, ganadería y pesca

El sector agropecuario tiene una gran preponderancia en la economía de la región. No obstante, la distribución de las actividades varía notablemente. En el sector peruano predomina la actividad ganadera y en el sector boliviano la agricultura.

### 2.2.1 Agricultura

Se estima que en el área peruana la extensión dedicada sólo a cultivos agrícolas es de 242.000 ha, de las cuales en los últimos 12 años se ha cosechado un promedio anual de 117.000 (107.000 en secano y 10.000 bajo riego). En el sector boliviano, dicha extensión se estima en 385.000 ha, de las cuales en los últimos 12 años se ha cosechado un promedio de 165.000 (150.000 en secano y 15.000 bajo riego).

**Cuadro 22: VALOR BRUTO DE LA PRODUCCION AGRICOLA EN EL SISTEMA TDPS (Promedio anual 1979-90. Millones de dólares de 1991)**

Cultivo	Perú		Bolivia		Total	
	\$	%	\$	%	\$	%
Trigo	0,04	0,1	0,27	0,4	0,31	0,3
Cebada grano	1,94	5,5	4,26	5,8	6,20	5,7
Maíz blanco	-	-	0,08	0,1	0,08	0,1
Quina	1,52	4,3	4,90	6,6	6,42	5,9
Avena grano	0,13	0,4	0,23	0,3	0,36	0,3
Cañahua	0,28	0,8	0,17	0,2	0,45	0,4
Papa	19,92	56,5	43,25	58,7	63,17	58,0
Oca	1,67	4,7	2,05	2,8	3,72	3,4
Mashua	0,16	0,5	-	-	0,16	0,1
Papaliza	-	-	0,40	0,5	0,40	0,4
Haba verde	-	-	1,87	2,5	1,87	1,7
Haba seca	0,64	1,8	-	-	0,64	0,6
Arveja verde	-	-	0,22	0,3	0,22	0,2
Cebolla	-	-	0,85	1,2	0,85	0,8

Cebada berza	-	-	11,02	15,0	11,02	10,1
Cebada forrajera	3,96	11,2	-	-	3,96	3,6
Avena forrajera	4,99	14,2	-	-	4,99	4,6
Alfalfa	-	-	4,10	5,6	4,10	3,8
TOTAL	35,25	100,0	73,59	100,0	108,92	100,0

*Fuentes:* MACA (Bolivia), Ministerio de Agricultura (Perú) y elaboraciones propias.

El principal cultivo en todo el altiplano es la papa, la cual representa el 58% del ingreso bruto agrícola. Le siguen en importancia los cultivos forrajeros (cebada berza, cebada forrajera, avena forrajera y alfalfa), los cuales representan en conjunto el 22.1% de la producción bruta. Otros cultivos relativamente importantes son la quinia (5.9%), la cebada grano (5.7%) y la oca (3.4%). El Cuadro 22 presenta la importancia absoluta y relativa de los principales 18 cultivos del altiplano. La proporción de los diferentes grupos de cultivos es similar en los dos sectores nacionales, si bien los granos y las hortalizas tienen una ligera ventaja en el sector boliviano y los cultivos forrajeros en el sector peruano.

El valor promedio anual de la producción agrícola bruta durante el período 1979-1990 fue de US\$108,9 millones, de los cuales US\$73,67 millones (el 67,6%) correspondieron al sector boliviano y US\$35,25 millones (el 35,25%) al peruano. No obstante, el valor de la producción varía mucho de un año a otro. Así, por ejemplo, en el sector boliviano fluctó entre US\$91,5 millones en el año agrícola 1987-1988 y US\$29,25 millones en 1982-1983. Igualmente, en el sector peruano la producción varió entre US\$44,1 millones en los años 1978-1979 y 1987-1988 y US\$9,2 millones en 1982-1983.

Los niveles tecnológicos de producción son bajos, caracterizados por una sobrecarga en el uso de la tierra, especialmente en la zona circumlacustre; una escasa utilización de maquinaria, fertilizantes, pesticidas y semillas mejoradas; y una deficiente administración. Esta situación está relacionada con el bajo nivel cultural, la falta o insuficiencia de servicios y de asistencia técnica, la inadecuada comercialización de la producción y la lejanía de los mercados potenciales. Como consecuencia, los rendimientos agrícolas son bajos. El Cuadro 23 ilustra el promedio de los rendimientos de los principales cultivos del altiplano.

La tierra está fragmentada en pequeñas parcelas o microfundios, especialmente en el área circumlacustre.

Las condiciones climáticas son adversas, con heladas muy frecuentes y sequías de periodicidad anual (véase sección 1 del Capítulo I).

**Cuadro 23: RENDIMIENTOS MEDIOS DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS DEL ALTIPLANO, 1979-1990 (en t/ha)**

Cultivo	Subregión Puno	Altiplano Boliviano		
		Norte	Central	Oruro
Trigo	0,74	0,49	0,50	0,50
Cebada grano	0,76	0,78	0,69	0,51
Quina	0,57	0,53	0,45	0,55
Avena grano	0,60	1,07	0,90	0,51

Cañahua	0,41	0,49	0,54	0,45
Papa	5,32	5,12	4,17	3,57
Oca	5,01	2,49	2,06	3,31
Haba grano	0,99	1,25	1,41	1,35
Cebada forrajera	11,00 (a)	2,32	2,50	1,87

(a) Materia verde.

*Fuentes:* MACA, Dirección Nacional de Estadísticas Sectoriales (Bolivia). Ministerio de Agricultura, Oficina de Estadística de Puno (Perú).

### 2.2.2 Ganadería

Al contrario de la agricultura, la ganadería se encuentra más desarrollada en el sector peruano. Las principales especies explotadas son los vacunos, los ovinos, la alpaca, la llama, los porcinos y las aves. Además, se explotan cuyes, conejos y otras especies menores. Según las investigaciones existentes, el hatu promedio de una familia campesina en el sector boliviano consta de 2 cabezas de ganado vacuno, 24 ovinos, un burro, 2-3 cerdos, 3-4 aves, tal vez 6-8 cuyes y alrededor de 10 camélidos (alpacas y llamas). La proporción de camélidos varía en el altiplano boliviano (más alpacas en el norte y más llamas en el sur) y en el altiplano peruano. La población total ganadera según las estadísticas más recientes se muestra en el Cuadro 24. Se observa que en el altiplano peruano predominan netamente las especies más importantes desde el punto de vista económico (vacunos y alpacas), con una proporción muy similar de ovinos. Los porcinos y las llamas predominan en cambio en el altiplano boliviano.

**Cuadro 24: POBLACION GANADERA DEL ALTIPLANO (en miles)**

Ganado	Perú	Bolivia	Total
Bovinos	346,7	199,3	546,0
Ovinos	3.327,7	3.662,0	6.986,7
Porcinos	64,5	192,6	257,1
Llamas	310,6	894,9	1.205,5
Alpacas	1.589,3	148,0	1.737,3
Aves	621,0		

*Fuente:* Perú, INEI, para 1993; Bolivia, MACA (Dirección de Estadísticas Sectoriales), para 1988.

El valor medio anual de la producción ganadera bruta para el período 1979-1989 se estima en US\$66,3 millones de dólares, de los cuales US\$51,8 millones (el 78,1%) correspondieron al altiplano peruano y US\$14,5 (el 21,9%) al boliviano. Desde el punto de vista económico los ovinos ocupan el primer lugar, ya que, entre carne y lana, generan el 28,6% de la producción bruta del altiplano, seguidos por los vacunos (25,5% entre carne y leche) y la alpaca (21,7% entre carne y fibra) (véase el Cuadro 25).

En el área del Sistema TDPS existen explotaciones ganaderas empresariales (de grandes y medianos productores), así como explotaciones comunales de varios tipos y un gran número de pequeños productores independientes. Gran parte del ganado es de raza criolla (en particular en las explotaciones

comunales), en tanto que las explotaciones empresariales cuentan con especies mejoradas. El sistema de explotación es, generalmente, de tipo extensivo. La explotación de camélidos se lleva a cabo generalmente a campo abierto sobre pastos naturales de la puna alta. El nivel tecnológico de la ganadería de la alpaca es mucho más alto en el Perú que en Bolivia, así como el nivel de industrialización de la fibra.

**Cuadro 25: VALOR BRUTO DE LA PRODUCCION PECUARIA EN EL SISTEMA TDPS<sup>(a)</sup> (en millones de US\$ dólares de 1991)**

Producto	Perú		Bolivia		Total	
	\$	%	\$	%	\$	%
Carne vacuna	10,4	20,1	5,2	35,9	15,6	23,5
Carne ovina	7,8	15,0	4,5	31,0	12,3	18,5
Carne de alpaca	2,1	4,0	0,2	1,4	2,3	3,5
Carne de llama	0,6	1,2	0,9	6,2	1,5	2,3
Carne porcina	1,8	3,5	3,7	25,5	5,5	8,3
Carne de ave	0,5	1,0	-	-	0,5	0,8
Leche	1,3	2,5	-	-	1,3	2,0
Lana ovino	6,7	12,9	-	-	6,7	10,1
Fibra de alpaca	12,1	23,3	-	-	12,1	18,2
Fibra de llama	0,6	1,2	-	-	0,6	0,9
Huevos	0,3	0,6	-	-	0,3	0,4
Otros	7,6	14,7	-	-	7,6	11,5
Total	51,8	100,0	14,5	100,0	66,3	100,0

(a) Perú, promedio anual 1979-1989; Bolivia, promedio anual 1980-88

*Fuente: Bolivia, INEI, 1993, Perú, elaboraciones propias. MACA, Dirección de Estadísticas Sectoriales.*

### 2.2.3 La pesca

La actividad pesquera tiene importancia especialmente en los lagos Titicaca y Poopó. En el Lago Titicaca ella se practica exclusivamente en la zona litoral. En el sector peruano existían en 1988 cerca de 5.454 pescadores, entre permanentes y eventuales, y en la parte boliviana, entre el Lago Titicaca y el Poopó, se contaban 5.370 (1989). Las principales especies de pesca son el karache entre las nativas y el pejerrey entre las introducidas. Otra especie nativa de importancia es el ispi. La trucha, que llegó a tener una considerable importancia en el decenio pasado, hoy en día representa menos del 0,1 % de la extracción total del Titicaca y su producción se lleva a cabo en jaulas y piscigranjas. La especie de mayor valor comercial es el pejerrey. Entre las especies nativas, la extracción de algunas está decreciente y representa porcentajes muy bajos dentro de la extracción global (mauri y boga especialmente).

La producción pesquera anual en el altiplano parece ser muy variable. Según las estadísticas disponibles, fue de 7.501 t en 1980, 7.267 t en 1985 y 4.600 t en 1990, aunque las estadísticas más recientes dan

6.290 t en 1992 y 4.043 t en 1993 sólo en el lado peruano del Titicaca (véase el Cuadro 26). La disminución de la pesca en 1990 pudo deberse a subregistro en las estadísticas peruanas. En el sector boliviano, es de notar que la alta producción del Lago Poopó en 1985 y 1990 correspondió a los altos niveles del lago, situación temporal y atípica.

En general, las técnicas de extracción son artesanales, siendo la malla agallera la más utilizada. La comercialización, bastante ineficiente, está a cargo del pescador o de su esposa o de los intermediarios. No existen sistemas adecuados de desembarque, acopio, transporte y conservación del pescado, por lo cual las pérdidas son muy grandes (hasta de un 70%). La transformación es pequeña y está a cargo de empresas privadas, en especial con la trucha, aunque no sobrepasa las 5 t anuales en los dos países. La venta del producto en los mercados populares no ofrece las mínimas condiciones de higiene.

### Cuadro 26: DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION PESQUERA

Especies o Lugar	1980		1985		1990		1993
	t	%	t	%	t	%	t
<i>Perú</i>	6.326,1	99,9	5.612,0	100,0	504,4	100,0	4.043,8
Especies nativas	4.469,1	70,6	2.525,4	45,0	9,6	1,9	2.627,4
Trucha	888,5	14,0	168,4	3,0	83,5	16,6	2,5
Pejerrey	168,5	15,3	2.918,2	52,0	411,3	81,5	1.413,9
<i>Bolivia</i>	1.175,0	100,0	1.655,0	100,0	4.095,9	100,0	
Titicaca	594,0	50,6	750,0	45,3	987,4	24,1	
Poopó	581,0	49,4	905,0	54,7	3.108,5	75,9	
Total General	7.501,1		7.267,0		4.600,3		

*Fuentes:* Bolivia, Centro de Desarrollo Pesquero y Misión Británica; Perú, INEI, 1993, y Treviño (Potencial ictiológico), 1990.

La acuicultura se desarrolla principalmente en la producción de trucha, con un volumen estimado de 200 t para 1990 en toda la cuenca, si bien las estadísticas del INEI para el sector peruano dan apenas una cifra de 15 t en 1993.

#### 2.2.4 Producción forestal y de recursos vegetales acuáticos

La producción forestal actual es de muy reducida importancia económica, aunque ofrece un potencial de ampliación a base de vegetación arbórea y arbustiva. No obstante, existe un uso intensivo de la vegetación arbustiva de la cuenca para la producción de leña con destino a los hogares domésticos y a las panaderías de los pueblos. Para este fin se aprovechan especialmente los tolares *Baccharis tricuneata* y *Parastrephia lepidophylla*. Los queñoales *Polylepis incana* y *P. tomentella*, así como los matorrales de colli *Buddleia sp.* y de kiswara *Chuquiraga sp.*, son utilizados especialmente como material de construcción y refacción de las viviendas.

En cuanto a los recursos vegetales acuáticos, hay dos formaciones de especial interés económico: *el "llachu"*, formado por tres especies: *Elodea potamogetum* (yana o chancco llachu), *Myriophyllum elatinoides* (hinojo o waca llachu) y *Potamogetum strictus* (huichi huichi o chilka llachu), y *los totorales*, conformados por *Schoenoplectus totora* (totora verde o tierna).

Estas especies son la base de la alimentación del ganado en la zona circumlacustre y en pequeña magnitud se emplea para la alimentación humana, como material de construcción (casas y embarcaciones) y como abono orgánico en la agricultura. El llachu se caracteriza por tener del 7 al 10% de materia seca, de la cual el 15 a 29% son proteínas. La totora verde es bastante digestible para el ganado y su contenido de proteínas es del 9 al 15% de la materia seca.

Se estima que la extracción de totora amarilla en la Bahía de Puno, la zona de totorales más importante del Titicaca, está entre 1.200 y 2.000 t/año, y que la extracción de totora verde es de 50.000 t/año, fundamentalmente para la alimentación del ganado. No se dispone de datos sobre el aprovechamiento del llachu.

## **2.3 Minería e industria**

### **2.3.1 Minería**

La actividad minera en el sector peruano se caracteriza por un nivel de tecnificación y de equipamiento mediano, con volúmenes de producción relativamente importantes. Se lleva a cabo a través de explotaciones de diferente tamaño. Algunas son medianas y grandes, como San Rafael, Santa Bárbara y Minero Perú (ésta última en receso); otras son pequeñas empresas mineras con equipamiento menor y altamente vulnerables a la variación de los precios internacionales; y, finalmente, hay un volumen importante de microempresarios o mineros individuales que emplean tecnología artesanal. Los principales productos mineros son el estaño, la plata, el cobre, el plomo, el zinc y el oro. Esta actividad decayó fuertemente a partir de 1990 como consecuencia de la crisis minera peruana. Además de la minería metálica, existen explotaciones de minerales no metálicos, especialmente de calizas para la industria del cemento (Juliaca), carbón, sal y yeso. También se cuenta con un potencial de producción a corto plazo del yacimiento petrolífero de Pirim.

En el altiplano boliviano, la minería ha hecho y hace una significativa contribución a la producción nacional. Antes de 1980, la producción minero-metalúrgica boliviana llegó a representar entre el 12 y el 15% del PIB y hasta el 70% de las exportaciones; no obstante, la caída de los precios internacionales del estaño hizo que desde 1980 la importancia de la minería decayera hasta llegar a apenas el 7,7% del PIB en 1993. A nivel nacional, los principales productos minerales son actualmente (datos de 1994) el zinc (100 751 t), el plomo (19 674 t), el estaño (16 1691), el oro (13 381 kilos finos) y la plata (360 t) (INEI, 1995). La casi totalidad de esta producción se lleva a cabo en los departamentos de Oruro y Potosí. En Oruro, al interior del TDPS, la minería está dedicada principalmente a la explotación de los ricos yacimientos polimetálicos de esta región, especialmente de oro (mina de Inti Raymi), y estaño (minas de San José, Huanuni, Santa Fe, Bolívar) y el complejo de fundiciones de Vinto (estaño de baja, media y alta ley, antimonio), EMO y Pero, las cuales generan importantes problemas de contaminación.

También hay industrias procesadoras de metales de pequeño tamaño, con tecnología muy primitiva, y pequeñas minas, especialmente en el área de Huanuni y en las minas abandonadas de las áreas de Santa Fe y Bolívar. Además, en el altiplano de La Paz también existen explotaciones de minerales no metálicos, especialmente de calizas (Cementos Viacha), fosfatos, sal y yeso. Hacia el futuro, se espera que la zona altiplánica de Bolivia continúe siendo el mayor centro de la minería del país.

Un dato que sirve para apreciar la importancia social de la actividad minera es la PEA vinculada a la misma. En el sector peruano, la PEA minera en 1989 era de 2,47%, mientras que en el altiplano boliviano era de 3% en el Departamento de La Paz y de 11,4% en Oruro, con un promedio de 4.3%. Por otra parte,

la producción minera representó en 1992 el 11,4% del PIB del Departamento de Puno y el 4,5% y 23,4% de los PIB de los departamentos de La Paz y Oruro respectivamente. En este último departamento la minería representa el principal motor de la actividad económica.

### **2.3.2 Industria manufacturera**

La actividad industrial, particularmente la agroindustrial, es muy reducida en el área del TDPS. En el sector peruano, la industria manufacturera generó en 1989 apenas el 8.7% del PIB subregional y ocupó al 7,8% de la población económicamente activa. En 1992, representó el 10,3% del PIB departamental. Además, según las estadísticas, la participación de la industria puneña en los indicadores nacionales es muy baja (menos del 1%). El mayor número de establecimientos industriales se encuentra localizado en la ciudad de Juliaca (1.159), la cual constituye el centro industrial regional. La rama más importante es la textil. Los tejidos de punto, las bebidas (gaseosas) y las industrias de minerales no metálicos conforman las líneas de producción más importantes, y absorben en conjunto cerca del 90% de la fuerza laboral industrial, retribuyen el 94% de las remuneraciones y generan el 96,4% del valor agregado total industrial. La fábrica de cementos "Rumi" es la más importante de la región. Además, existe un conjunto de pequeños establecimientos, próximos a formas artesanales de producción, sobre los cuales no existe información.

La actividad artesanal ocupa más de 30.000 personas, en su gran mayoría dedicadas a la textilería, especialmente la derivada de la fibra de alpaca, la cual constituye un importante renglón dentro de las exportaciones no tradicionales. La producción artesanal de la región está orientada al mercado intraregional y externo, siendo la principal proveedora de vestuario, calzado y utensilios domésticos de arcilla para el poblador rural.

En el sector boliviano, la industria ocupó apenas al 3.4% de la población económicamente activa en 1988. En 1992, representó el 16,3% del PIB en el Departamento de La Paz y el 11,9% en el Departamento de Oruro. No obstante, es de advertir que la mayor parte de la producción industrial del Departamento de La Paz proviene de fuera del ámbito territorial del Sistema TDPS. No hay datos recientes sobre esta actividad, si bien en 1983 se censaron en el Departamento de Oruro 1.052 establecimientos industriales, el 90% de los cuales ocupaba de 1 a 4 trabajadores, con el 40% de la fuerza laboral industrial. En el otro extremo, las unidades con más de 50 trabajadores representaban el 0,5% de los establecimientos y ocupaban el 28% de la fuerza laboral. En el sector de Viacha existe una importante fábrica de cementos que abastece gran parte de la demanda nacional.

## **2.4 Energía**

Los principales tipos de energía utilizados en el altiplano son la electricidad y la biomasa. Otras fuentes de energía menos utilizados son la solar y la eólica.

### **2.4.1 Energía eléctrica**

La energía eléctrica es usada principalmente en los centros urbanos, en tanto que su utilización es muy limitada en el medio rural debido a la alta dispersión de su población, lo que hace muy costosas las redes de distribución.

La capacidad instalada en la subregión de Puno (sector peruano) no es suficiente para atender las necesidades. Alcanza en la actualidad (datos de 1992) 48,1 MW, de los cuales 28,4 están suministrados por el servicio público y 19,7 por productores particulares, estos últimos principalmente mineros e



industriales. La cobertura actual del servicio se estima en un 17,7% (41.400 viviendas sobre un total de 234.300), correspondiente en su casi totalidad a las zonas urbanas.

En el sector boliviano, la energía se suministra a través del sector interconectado nacional. La cobertura alcanza el 29,8% de las viviendas rurales, con una leve diferencia para los departamentos de La Paz (30,3%) y Oruro (26,9%). La electricidad es usada como combustible para cocinar por el 5% de los hogares rurales (5,9% en la zona de La Paz y 0,5 % en la de Oruro).

## **2.4.2 Biomasa**

El uso de biomasa (leña y estiércol, entre otros) se encuentra muy difundido en las zonas rurales del altiplano, como combustible doméstico y de las panaderías. En el altiplano boliviano, se estima que el 58,1 % de las viviendas rurales utilizan leña como combustible doméstico (55,9% en la zona de La Paz y 70,3% en Oruro), y un 13,7% usa guano o estiércol animal (15,6% en el Departamento de La Paz y 3,9% en el de Oruro). En total, entonces, el 71,8% de las viviendas rurales utilizan biomasa como fuente energética principal.

## **2.4.3 Otras fuentes de energía**

Los combustibles fósiles tienen un limitado uso debido a los bajos ingresos de la población rural, a la deficiencia de las vías de comunicación y a la dispersión de las viviendas. Así, por ejemplo, en el sector boliviano el gas es utilizado por el 18,5% de los hogares (17,6% en la zona de La Paz y 23,3% en Oruro) y el kerosene por el 2,9% (3,3% en La Paz y 1 % en Oruro).

La energía solar es usada en forma muy limitada, a pesar de registrarse en el altiplano elevados niveles de insolación (entre 400 a 725 calorías/cm<sup>2</sup>, con 2.360 a 3.320 horas de sol al año). Se encuentra en desarrollo un programa de instalación de sistemas familiares de energía solar, con el apoyo del gobierno español (Instituto de Colaboración Iberoamericana) en el sector boliviano, y del gobierno alemán (GTZ) en el sector peruano.

La energía eólica es muy poco utilizada, pues las experiencias en la utilización de molinos de viento en el altiplano para bombeo de agua del subsuelo no han sido muy exitosas por la baja velocidad de los vientos, sus cambios bruscos de dirección y su limitada persistencia.

## **2.5 Transporte y comunicaciones**

### **2.5.1 Transporte**

Los principales modos de transporte existentes al interior del Sistema TDPS son el carretero, el férreo, el lacustre y el aéreo.

#### **• Transporte por carretera**

En el sector peruano se contaba en 1993 con 4.957 km de carreteras, de los cuales 236 son asfaltados, 1.195 con afirmado, 928 sin afirmar y 2.598 en trochas carrozables. Desde el punto de vista funcional, esta red se distribuye en tres sistemas: un sistema troncal (1.132 km), que establecen los nexos extraregionales e internacionales; un sistema secundario (1.227 km), que conecta los distritos y otras áreas productivas a la red troncal; y un sistema terciario (2.598). Esta red vial no consigue la articulación adecuada del espacio subregional y tiene serias deficiencias en cuanto a condiciones de transitabilidad, como consecuencia de su bajo nivel de mantenimiento y de la falta de obras de arte suficientes (puentes

sobre todo).

En el sector boliviano, el sistema vial principal está dotado de dos carreteras pavimentadas (La Paz-Oruro y La Paz-Tiquina) y una carretera principal en afirmado que une a La Paz con El Desaguadero (en la frontera con Perú), en proceso de asfaltada. Este sistema se ramifica en caminos vecinales que integra en forma más o menos permanente poblaciones y zonas secundarias. En el Departamento de La Paz, en 1989 el 5% de estos caminos estaban asfaltados, el 36% ripiados y los demás en tierra; su transitabilidad anual se evaluaba en 74%. En el caso de Oruro, los caminos asfaltados incluyen, además de la carretera hacia La Paz, los tramos hasta Machacamarca (34 km), Caracollo (39 km) y Vinto (7 km); los demás caminos son ripiados (60%) y en tierra y transitables sólo en época seca.

### • Transporte férreo

En el sector peruano se cuenta con una red ferroviaria de 445 km, 121 correspondientes a la línea Juliaca-Arequipa y 324 a la línea Puno-Juliaca-Cuzco. Este servicio, a cargo de Enafer-Perú, no alcanza a cubrir las necesidades de carga y especialmente de pasajeros.

En el sector boliviano, el sistema ferroviario consta de una trocha angosta de 547 km que conecta el puerto de Guaqui (al norte) con La Paz (104 km) y por Viacha (42 km de La Paz) a la frontera con Chile (Charaña, 207 km) y Oruro (194 km). Desde Oruro hay conexiones a Cochabamba, Potosí, Sucre, Villazón y otras poblaciones menores.

### • Transporte lacustre

El servicio de transporte lacustre interconecta las diferentes islas y algunos centros poblados, así como los puertos peruanos y bolivianos. En el sector peruano, este servicio cuenta con un puerto de atraque directo en Puno y otros menores entre los que se destacan Chucuito y Juli. El puerto de Puno, catalogado como puerto mayor, posibilita la actividad pesquera, así como la exportación y comercialización, y es frecuentemente utilizado como medio de transporte con el puerto boliviano de Guaqui, por el cual se moviliza parte de la producción minera (zinc, estaño, plomo) de dicho país, que posteriormente es trasladada vía ferrocarril a Matarani. La flota lacustre peruana está constituida por tres embarcaciones (Coya, Inca y Mariscal Andrés de Santa Cruz) con capacidad de 1.845 t y un carguero "ferry boat" (Manco Capac) con capacidad de 920 t, aunque en la actualidad sólo opera este último.

En el sector boliviano el principal puerto es Guaqui, aunque también hay atracaderos menores en otros pueblos ribereños como Copacabana y Tiquina. Una flotilla de cargueros particulares transportan los vehículos entre Copacabana y a La Paz.

### • Transporte aéreo

El transporte aéreo cuenta en el sector peruano con el aeropuerto de Juliaca, a través del cual la subregión se comunica con Arequipa, Cuzco, Lima y Madre de Dios. En 1989 este aeropuerto movilizó 30.856 pasajeros de entrada y 27.492 de salida, 267,6 t de carga de entrada y 47,4 t de salida, 18,1 t de correo de entrada y 5,8 t de correo de salida. En el sector boliviano existe el aeropuerto internacional de El Alto (La Paz) y un aeropuerto regional en Oruro. También existen pistas en Copacabana y Laja.

## 2.5.2 Comunicaciones

Los servicios de comunicaciones se encuentran concentrados en los centros urbanos de mayor nivel,

mientras que los centros poblados menores, en el mejor de los casos, sólo cuentan con postas y centros comunitarios telefónicos. En el sector peruano se cuenta con 121 oficinas postales. En 90 de los 94 distritos se tiene servicio de correo pero sólo en 25 hay oficinas telegráficas. El servicio telefónico sólo sirve a 26 distritos. En el sector boliviano, la situación es similar y el servicio de telecomunicaciones se presta a las principales poblaciones del altiplano mediante el sistema HF radioeléctrico de alta frecuencia y LF telegrafía por línea física.

## 2.6 Turismo

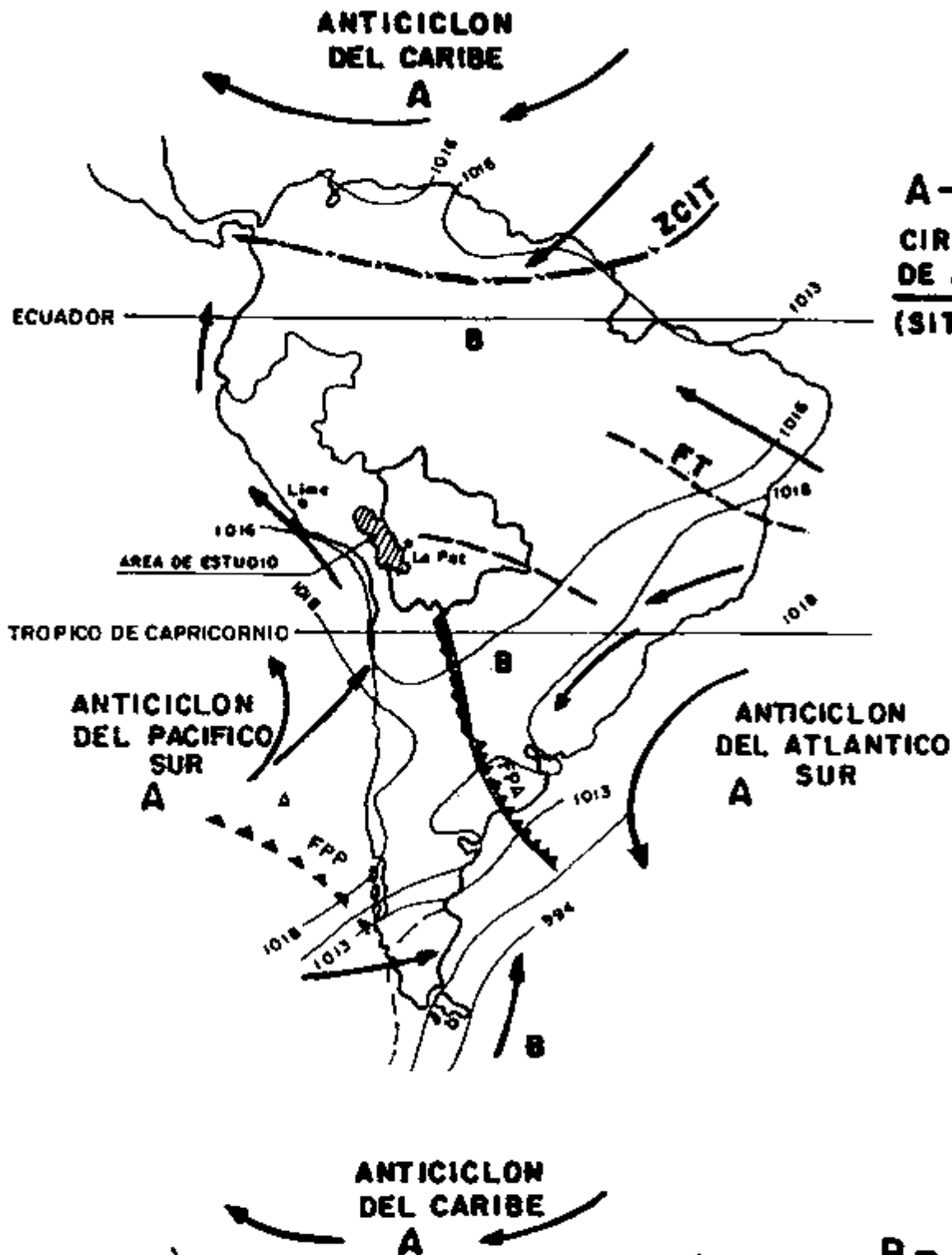
Aun cuando la región cuenta con un marco geográfico, sociocultural y floclórico atrayente, la actividad turística está poco desarrollada.

En el sector peruano, los centros turísticos más importantes están localizados en las ciudades de Puno y Juliaca, las cuales cuentan con la mejor infraestructura hotelera de la región, y a partir de los cuales se canalizan los flujos turísticos a otros sectores como Juli, Lampa, Huancané, Ayaviri y Azángaro. La ciudad de Puno es el centro de mayor atracción turística regional y es, sin lugar a dudas, el segundo en importancia a nivel nacional, después de Cuzco. En efecto, el Departamento de Puno recibió en 1988 293.500 visitantes, de los cuales 50.800 fueron extranjeros y el resto nacionales. Aunque esta actividad se contrajo a comienzos de los 90 por los problemas de orden público, en la actualidad parece estar en vías de recuperación (130.688 visitantes en 1991 y 150.955 en 1992).

En el sector boliviano, el centro turístico más importante es la ciudad de La Paz, la cual dispone de una amplia u diversa infraestructura hotelera. Desde ella se dirigen los flujos hacia otros centros turísticos menores, tales como Copacabana, Tiwanacu y Oruro. Tiwanacu es famoso por sus templos y ruinas arqueológicas y Oruro por sus carnavales.

En conjunto, toda la región del Titicaca forma parte de un circuito turístico mayor que engloba el sureste peruano (Cuzco-Puno) y el centro-oeste boliviano. En consecuencia, el desarrollo turístico debe mirarse también a una escala binacional.

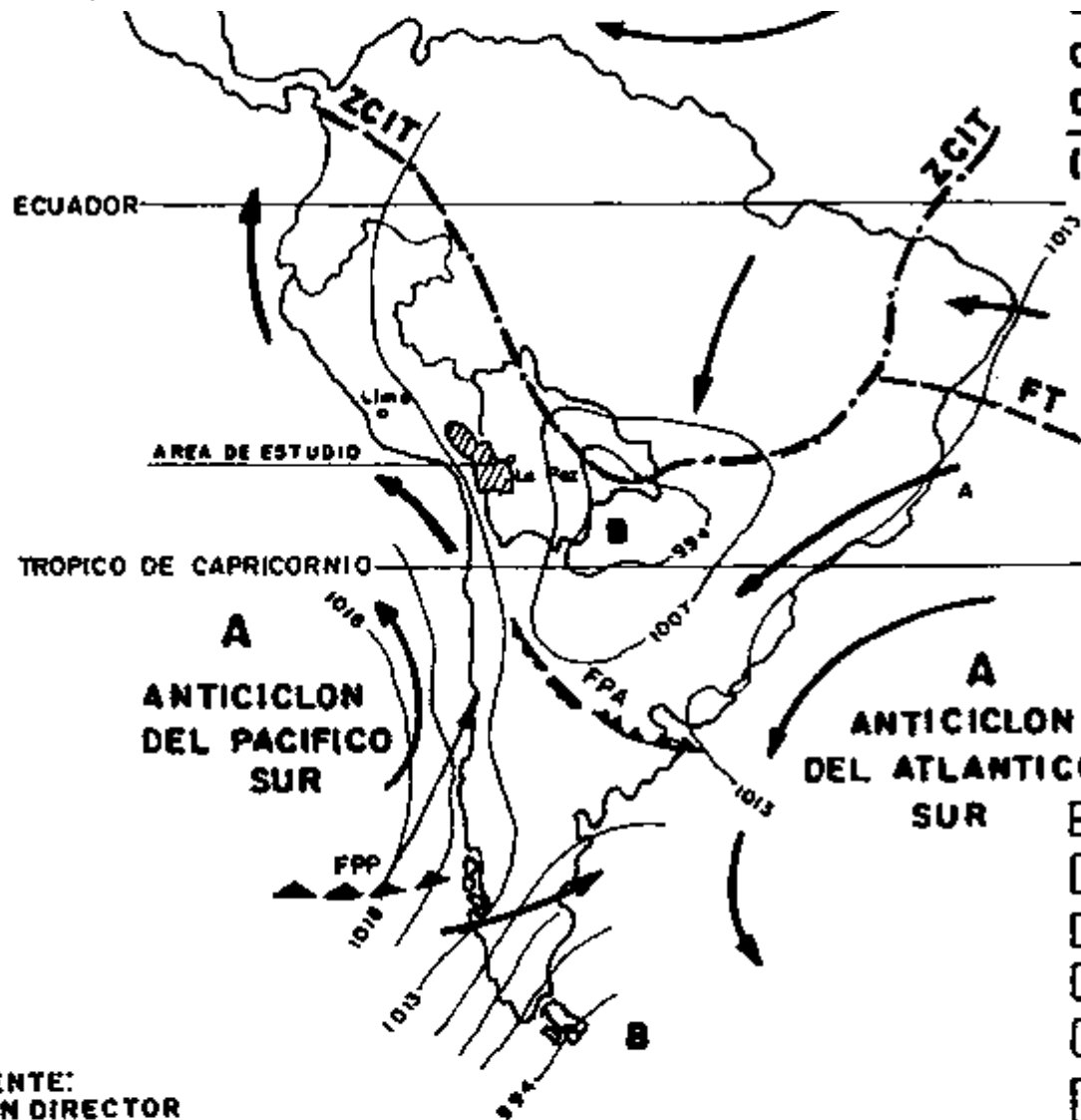




**A-**  
**CIRCULACION GENERAL DE LAS MASAS DE AIRE EN AMERICA DEL SUR**  
**(SITUACION ATMOSFERICA EN INVIERNO)**

**B-**

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



#### REFERENCIAS

—1018—	ISOBARA EN mb
ZCIT:	ZONA DE CONVERGENCIA INTROPICAL
FPA:	FRENTE POLAR DEL ATLANTICO
FPP:	FRENTE POLAR DEL PACIFICO
FT :	FRENTE TROPICAL
A:	ZONA DE ALTA PRESION
B:	ZONA DE BAJA PRESION

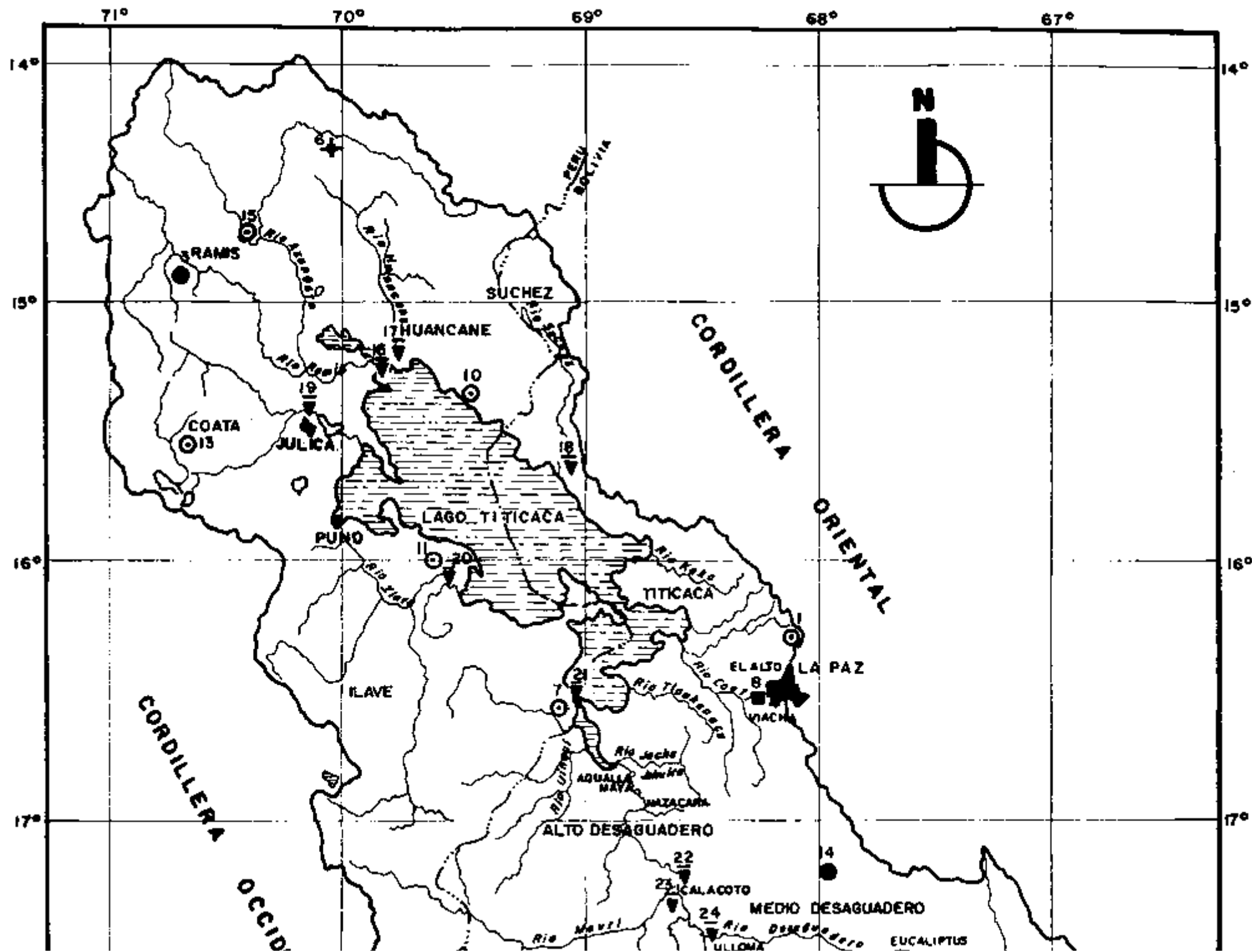
FUENTE:  
PLAN DIRECTOR  
BINACIONA

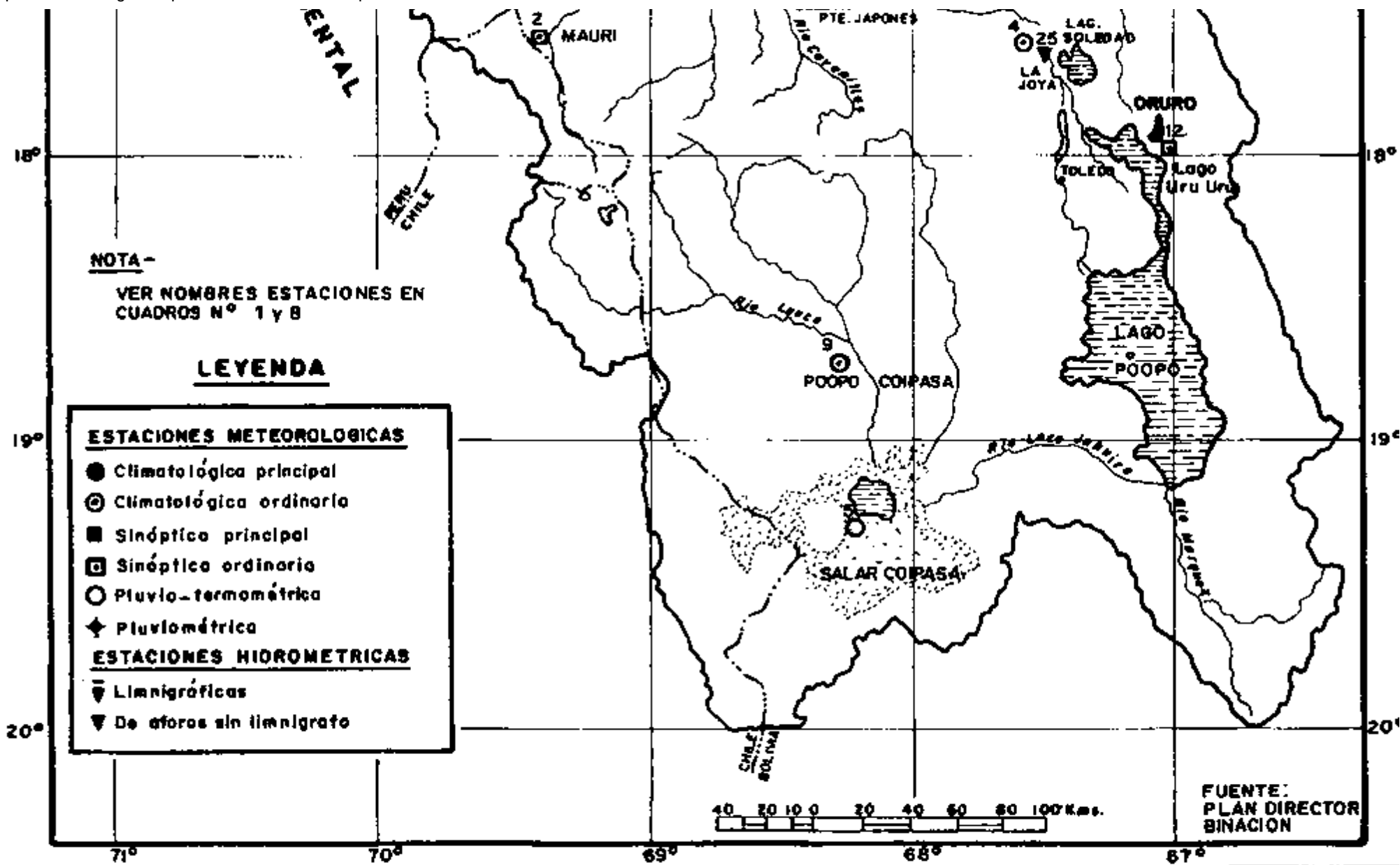
**ALT**  
**OEA-PNUMA**

SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-POOPO-SALAR DE COIPASA  
**CIRCULACION ATMOSFERICA GENERAL**

FIGURA N°

3





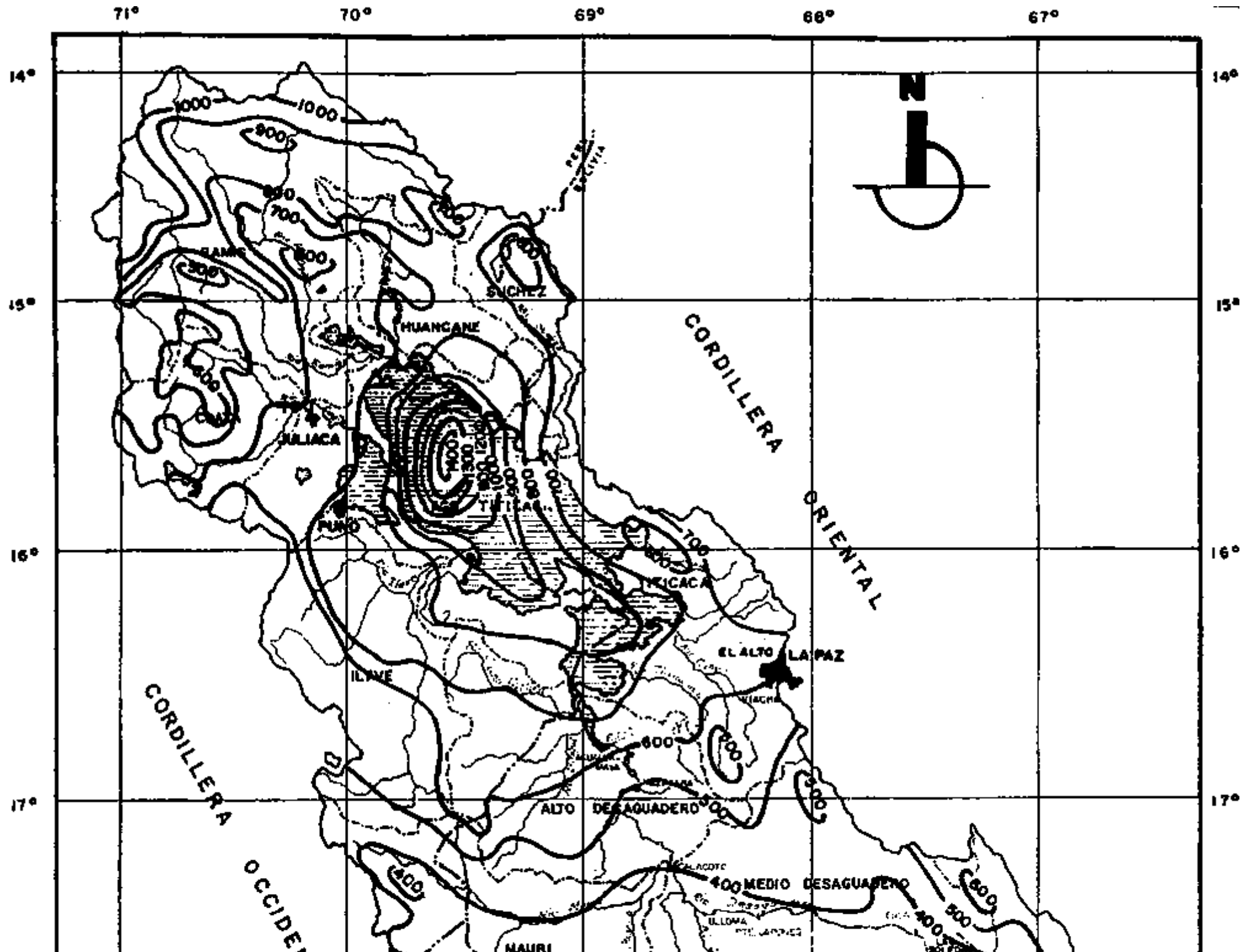
ALT  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA

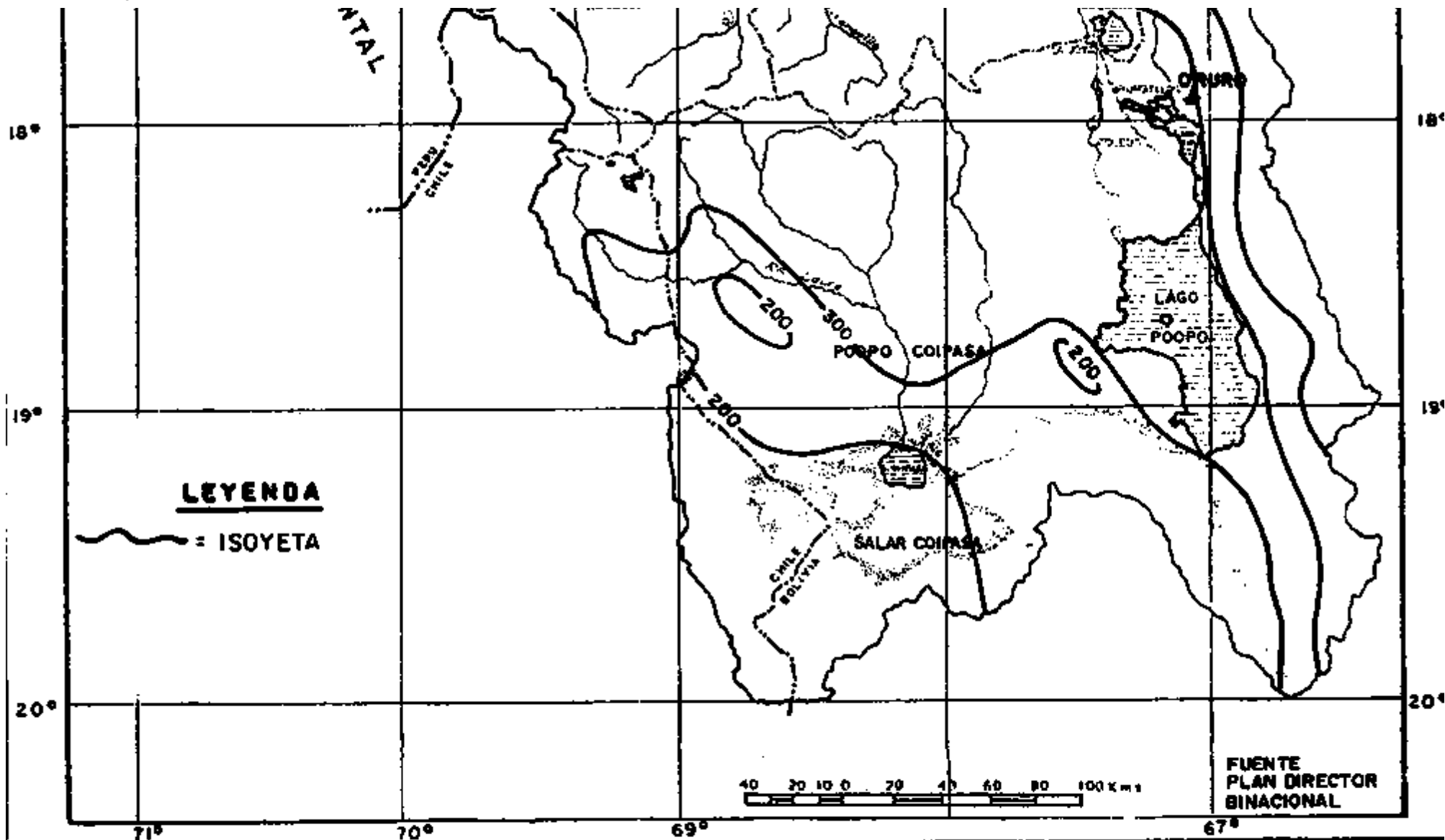
# ESTACIONES HIDROMETEOROLOGICAS

FIGURA N°

4





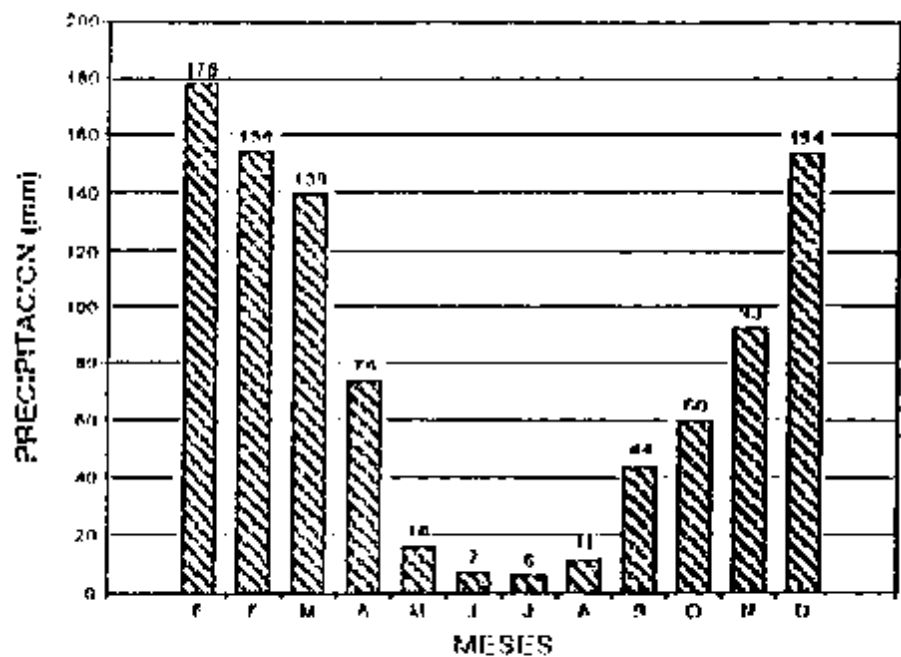


**ALT  
OEA-PNUMA**

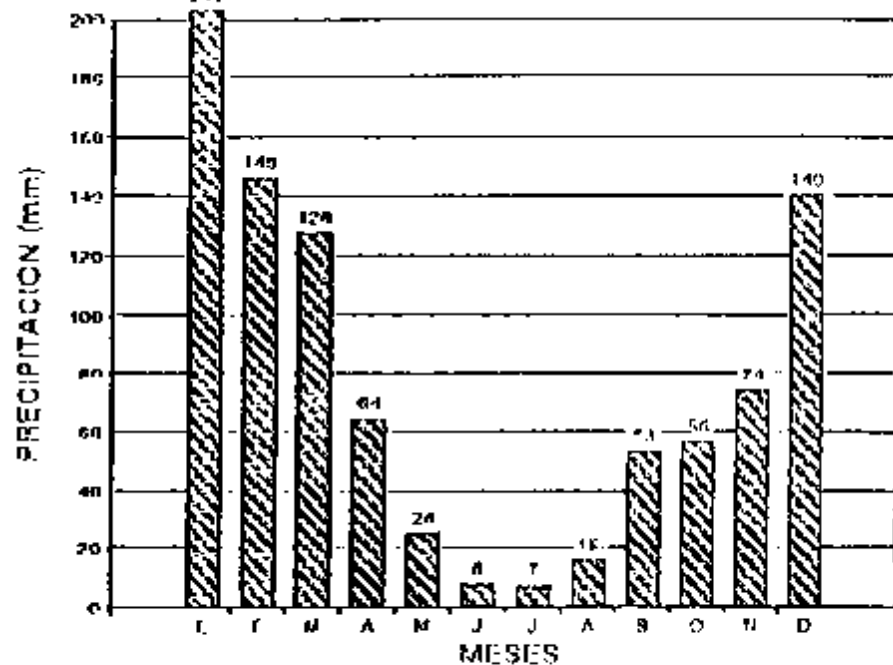
**SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA  
PRECIPITACION MEDIA ANUAL**

**FIGURA N°  
5**

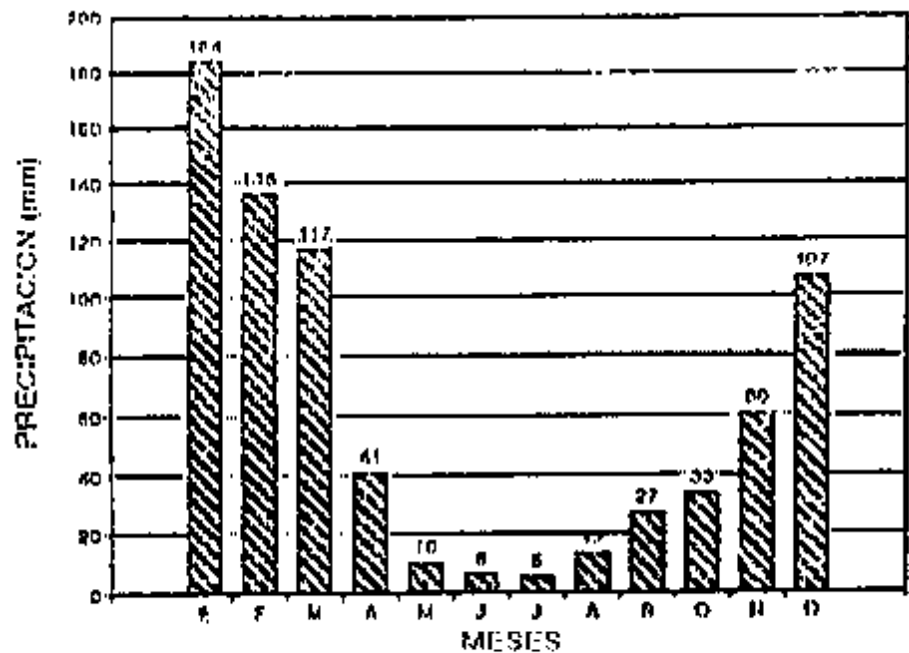
### GRUCERO



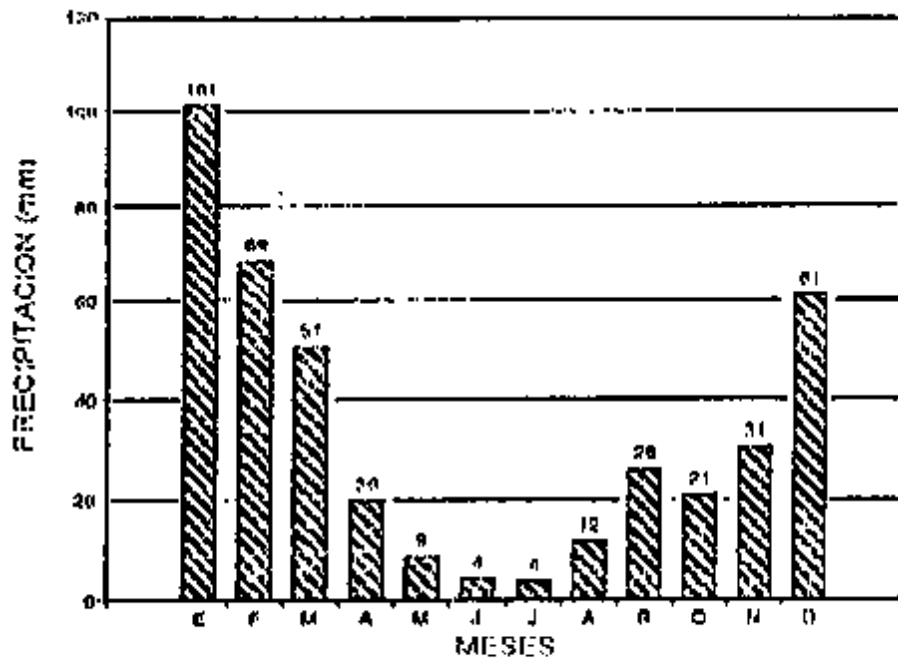
### HUAFAYA-MOLLO



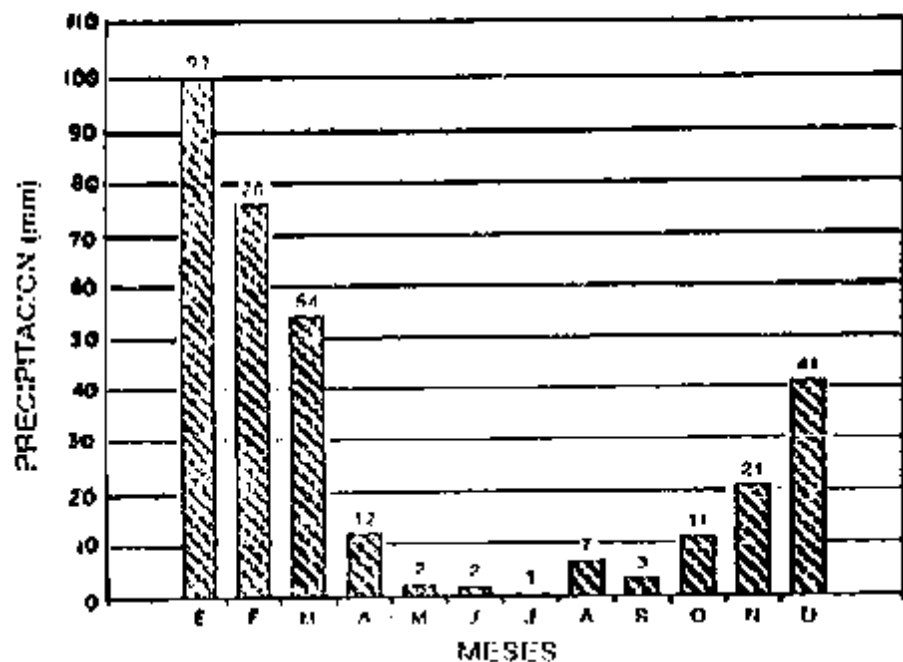
### DESAGUADERO - PERU



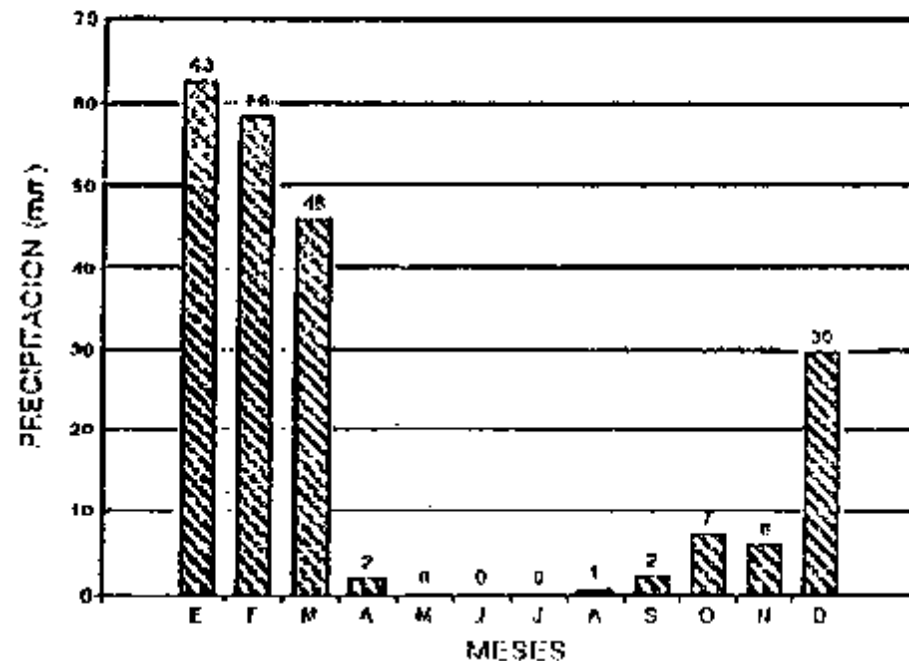
### PATACAMAYA



### CHARRANA



### COIPASA



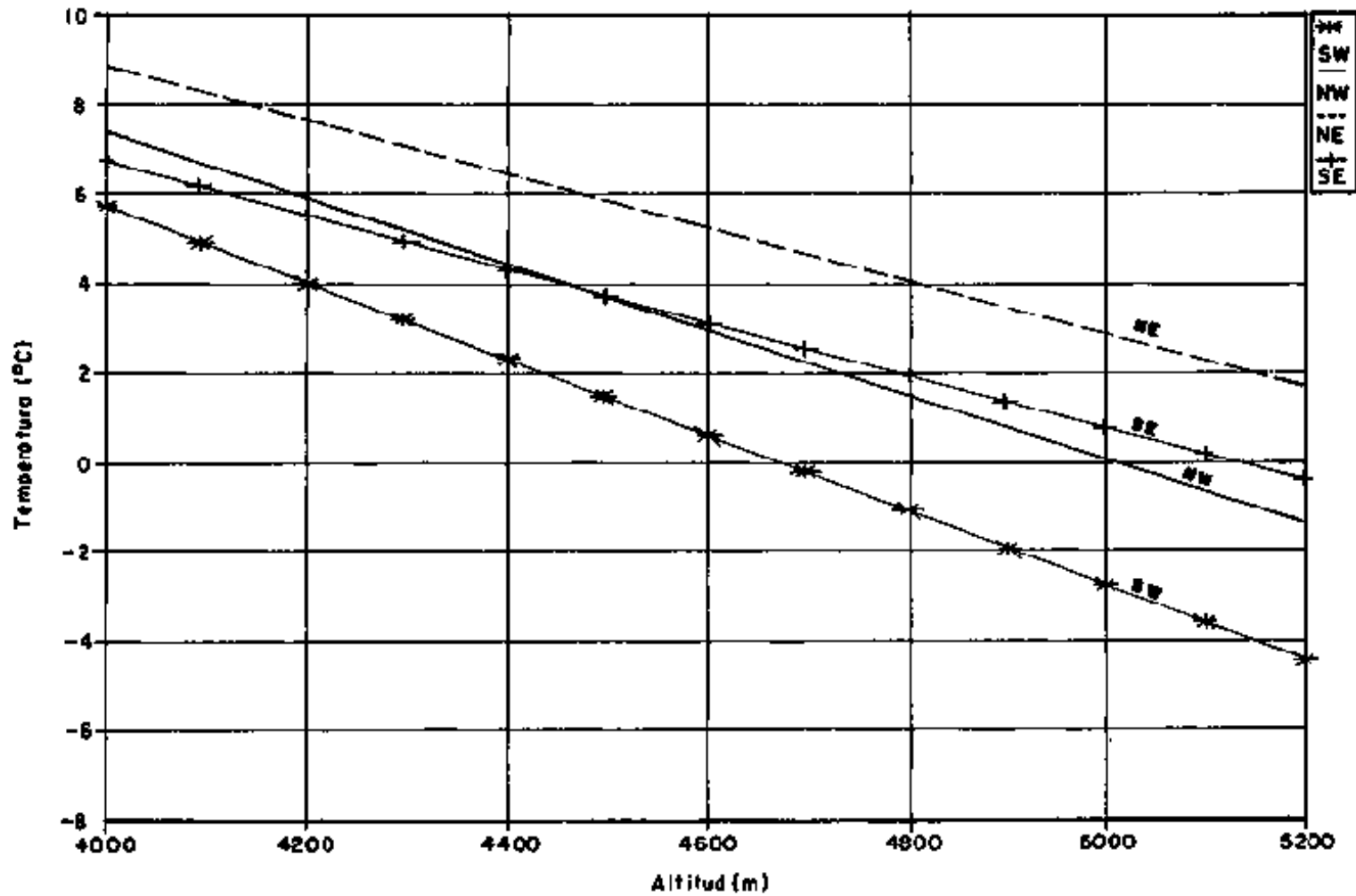
FUENTE:  
PLAN DIRECTOR  
BINACIONAL

**ALT  
OEA-PNUMA**

**SISTEMA TITCACA – DESAGUADERO – POOPO – SALAR DE COIPASA  
REGIMEN DE DISTRIBUCION TOTAL MENSUAL DE  
LAS PRECIPITACIONES – PERIODO 1960 – 1990**

**FIGURA N°**

**6**



FUENTE:  
PLAN DIRECTOR  
BINACIONAL

ALT  
OEA-PNUMA

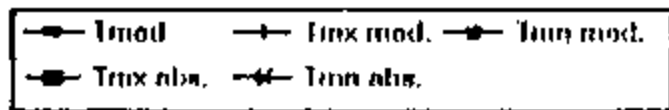
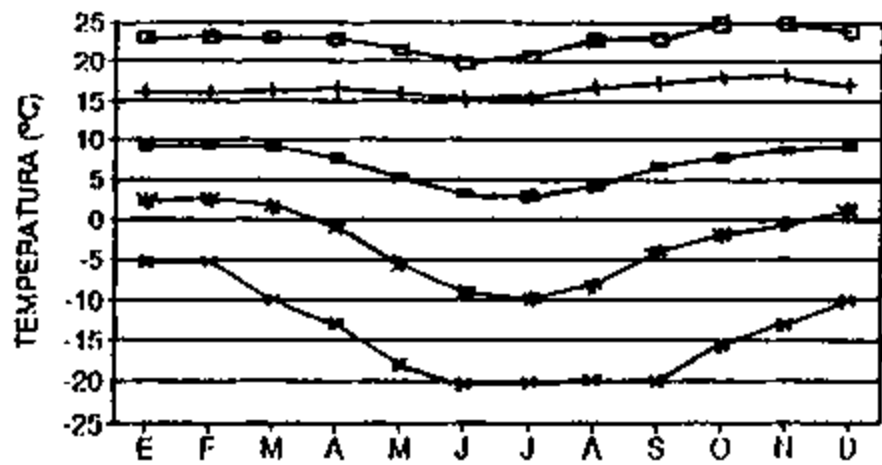
SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-PODPO-SALAR DE COIPASA  
**CONTRASTE DE GRADIENTES TERMICOS**  
Temperaturas medias anuales

FIGURA N°

7

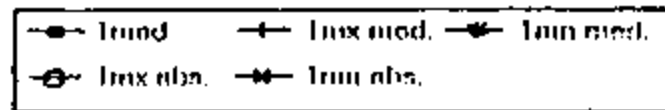
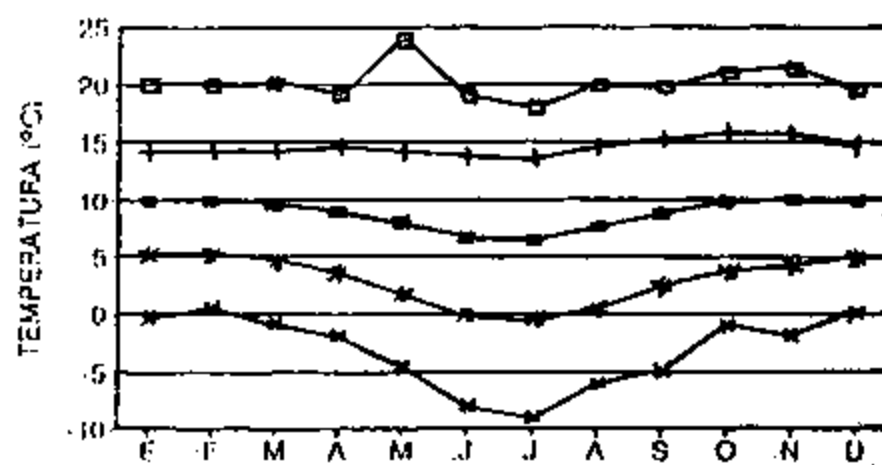
### CHUQUIBAMBILLA

Periodo: 1954 - 1990



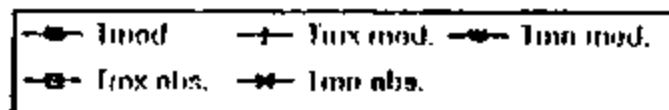
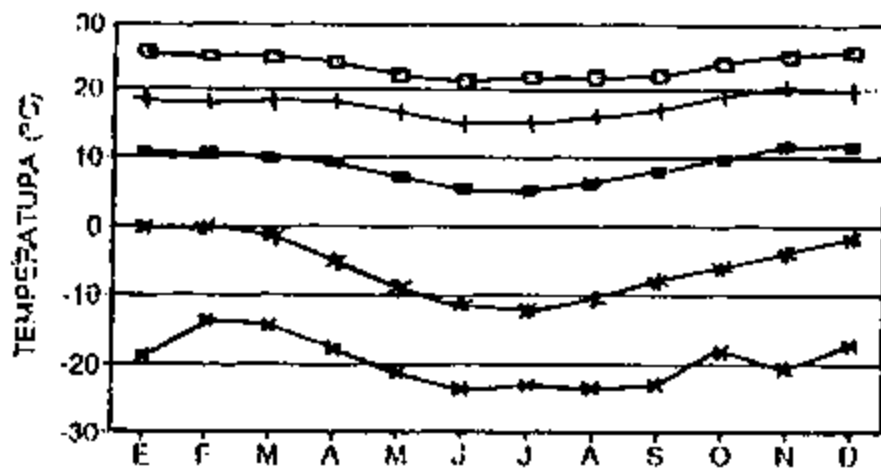
### HUARAYA-MOHO

Periodo: 1956 - 1990



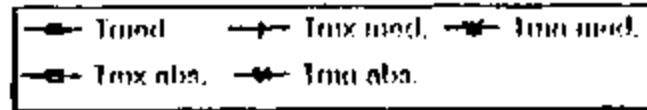
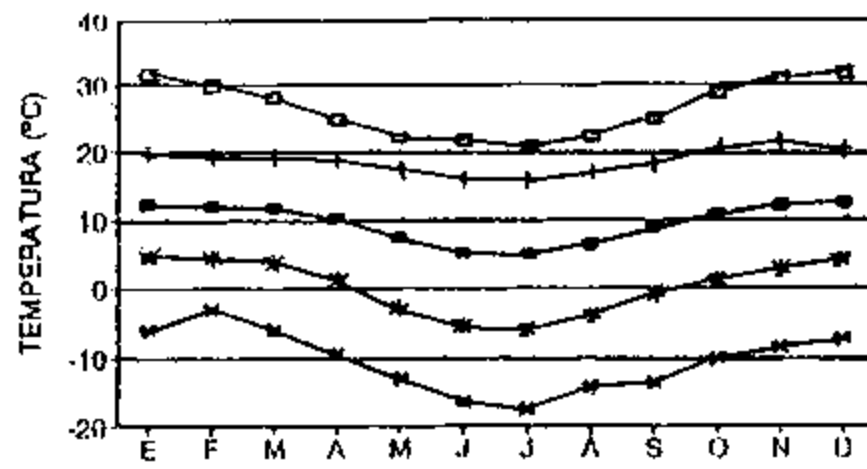
### CHARANA

Periodo: 1968 - 1990

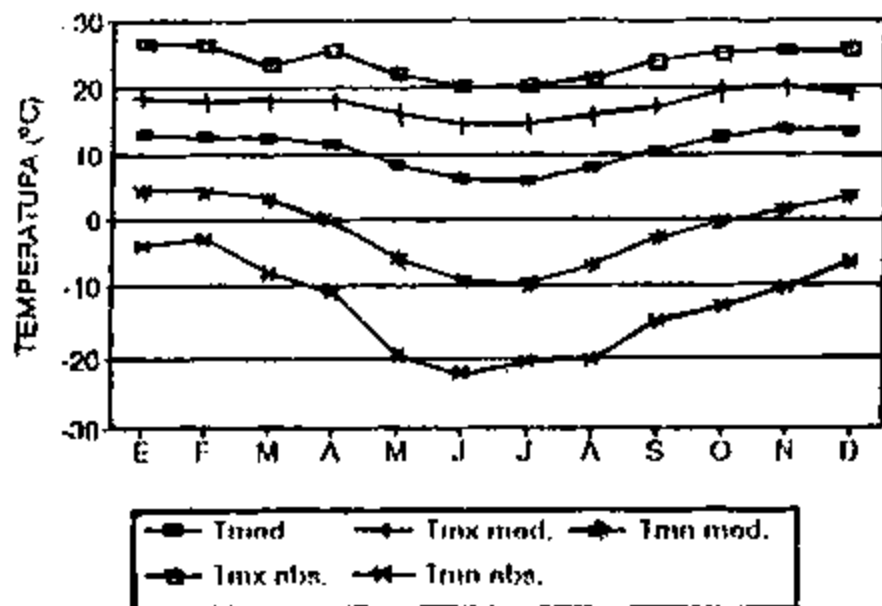


### PATACAMAYA

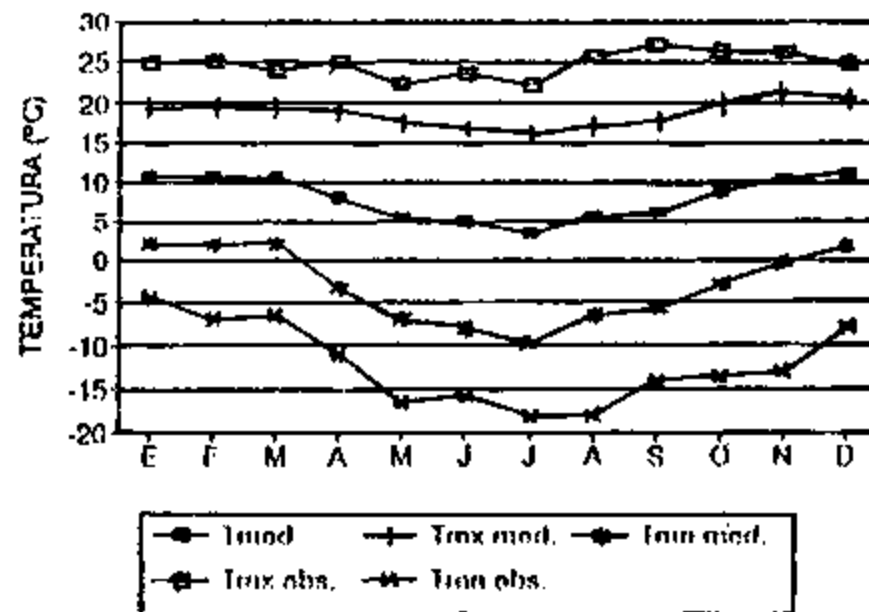
Periodo: 1958 - 1990



**ORURO**  
Periodo: 1943 - 1990



**HUACHACALLA**  
Periodo: 1975 - 1985



FUENTE  
PLAN DIRECTOR  
BINACIONAL

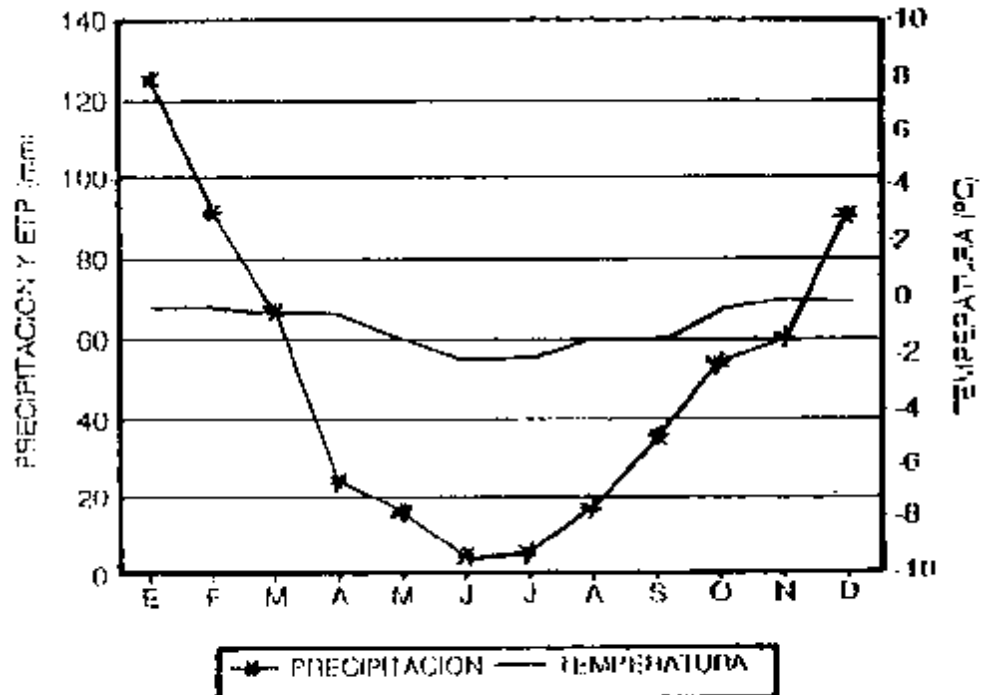
ALT  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA  
**REGIMEN DE TEMPERATURAS  
MEDIAS Y ABSOLUTAS**

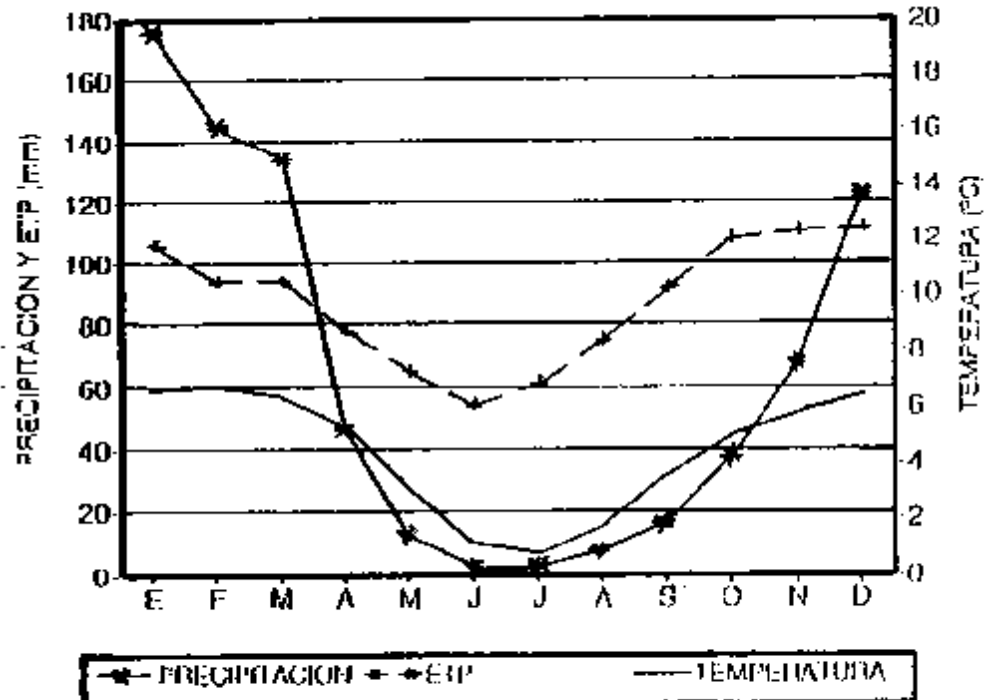
FIGURA N°

8

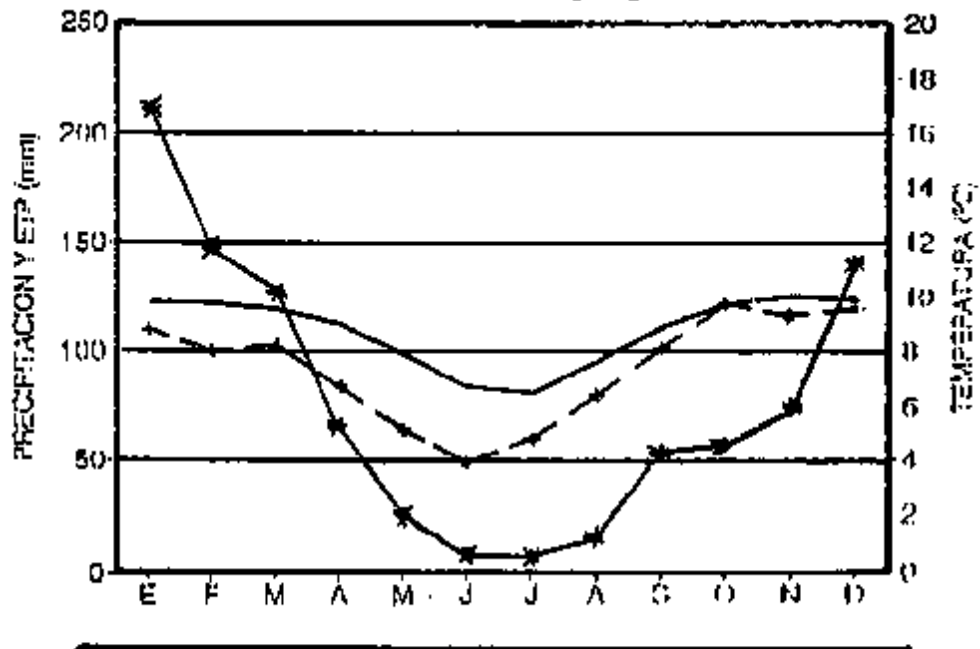
### CHACALTAYA



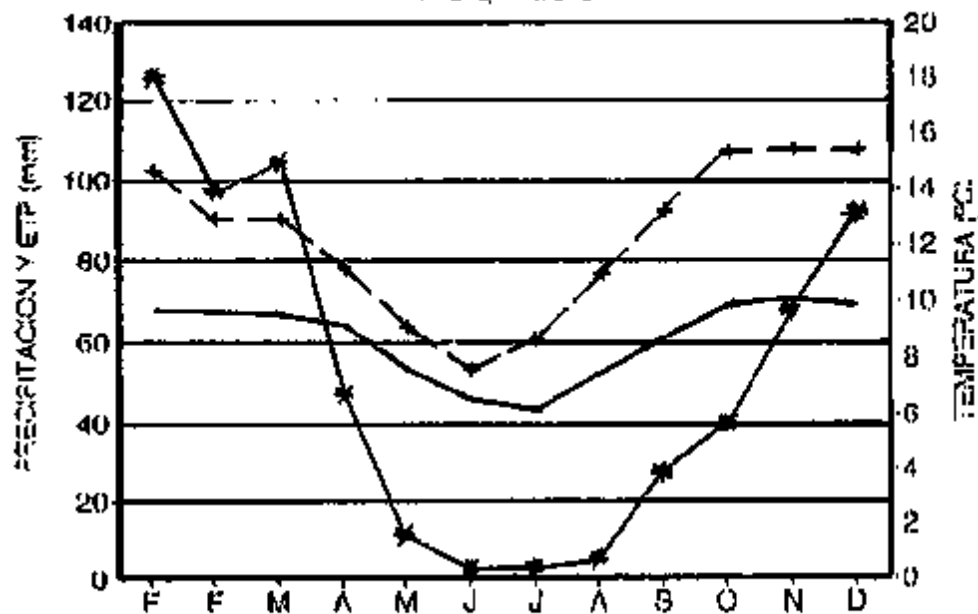
### PAMPAHUTA

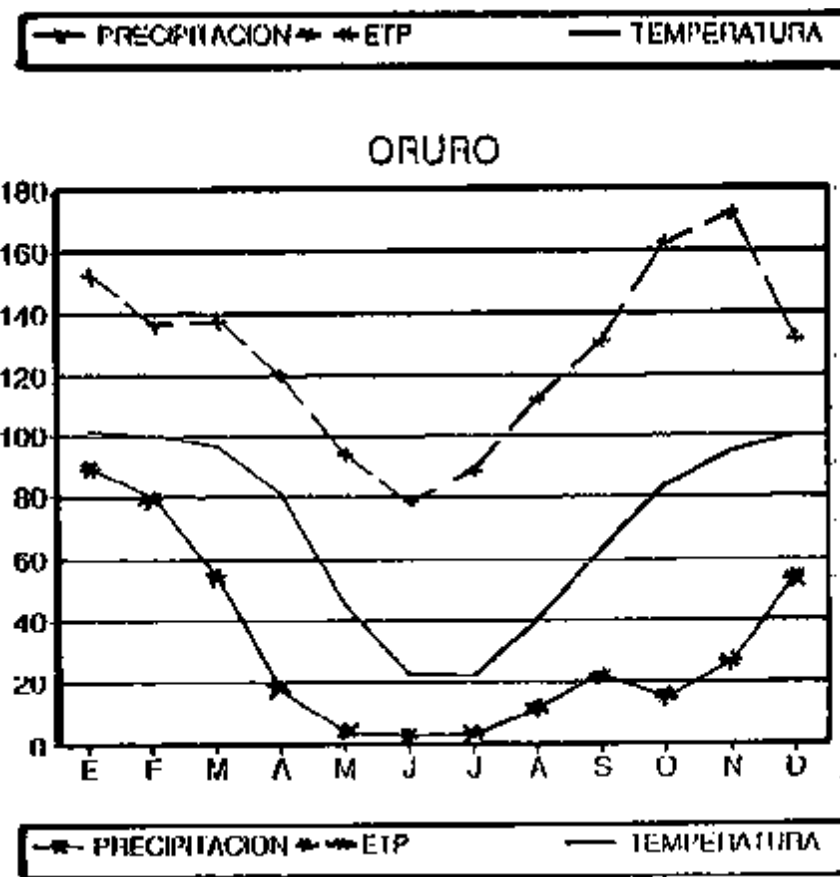
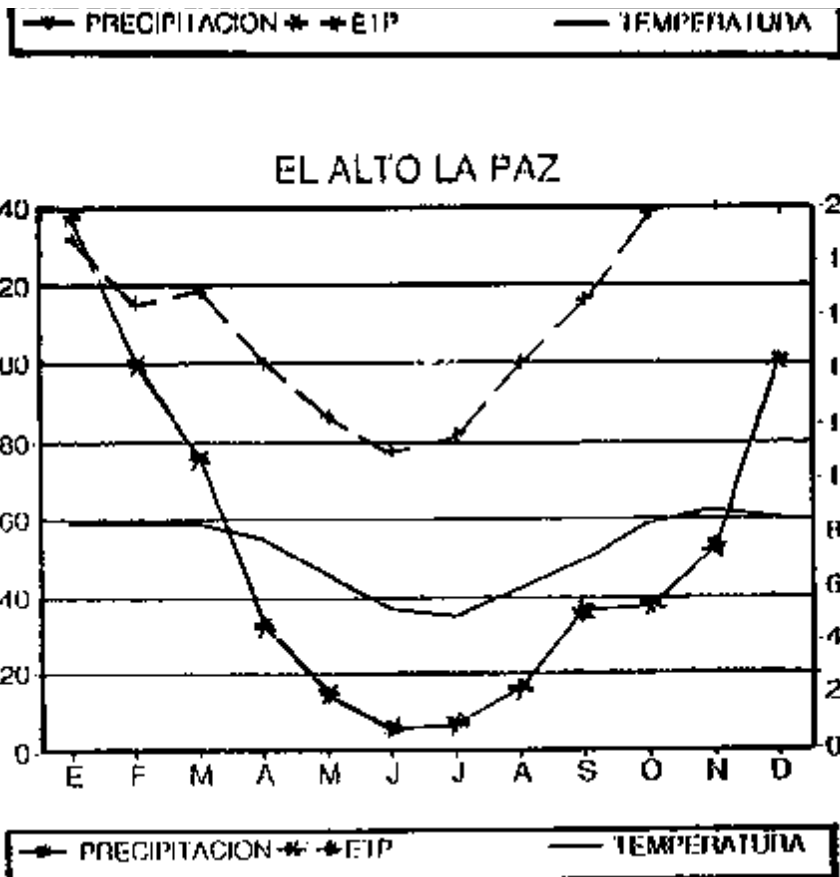


### HUARAYA-MOHO



### PROGRESO





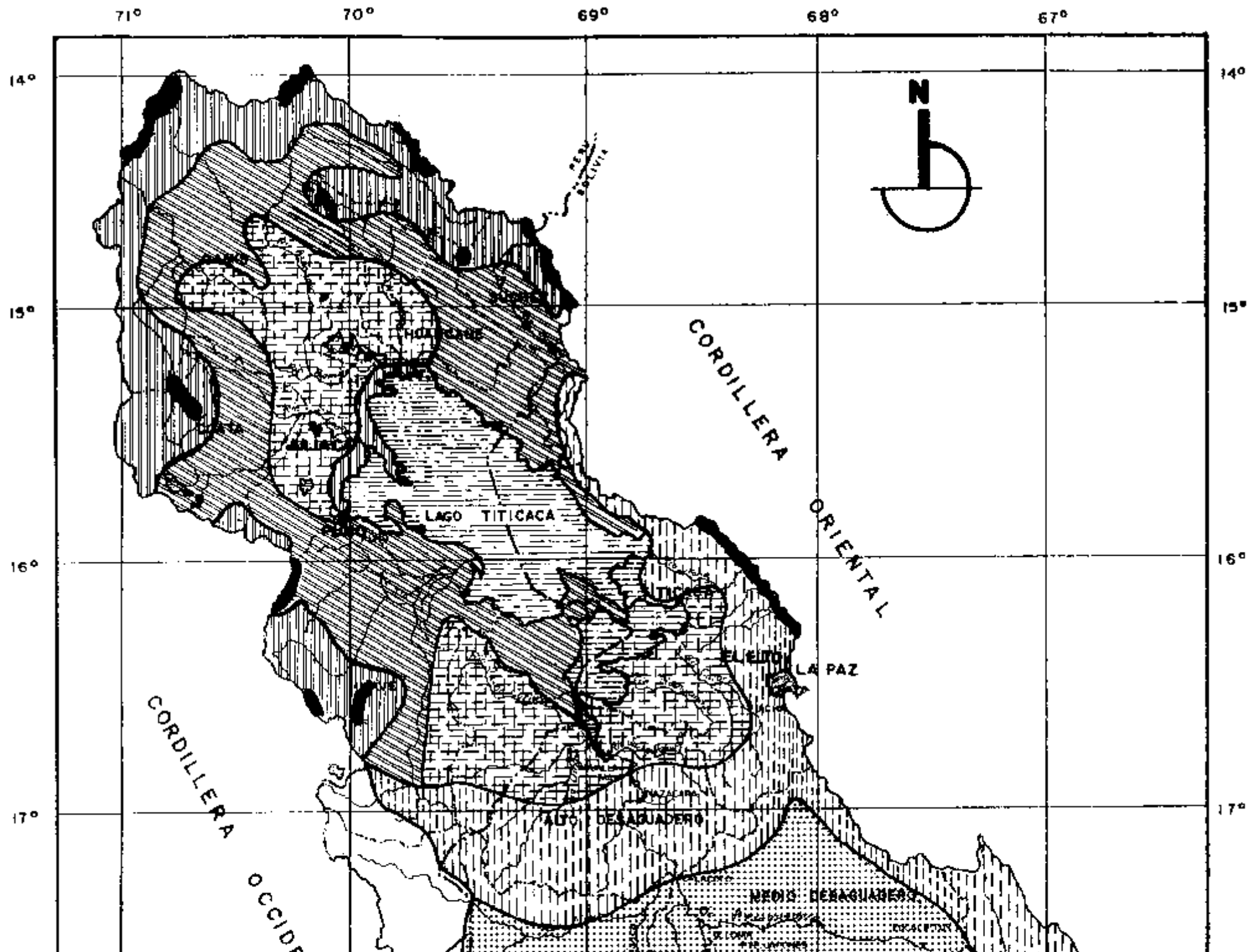
FUENTE:  
PLAN DIRECTOR  
BINACIONAL

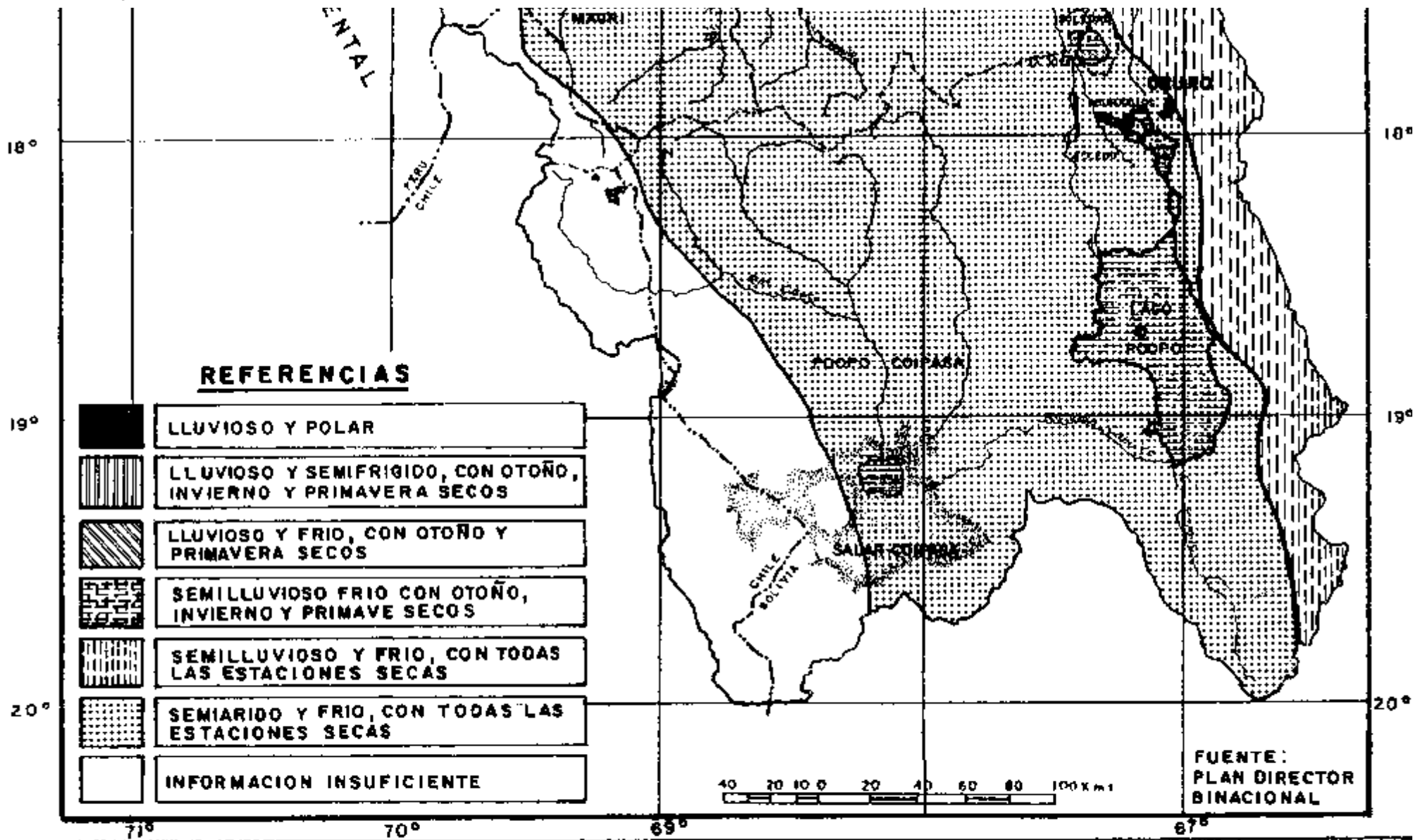
**ALT  
OEA-PNUMA**

**SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA  
REGIMEN MENSUAL DE LA PRECIPITACION, ETP  
Y TEMPERATURA PROMEDIO**

**FIGURA N°  
9**







**ALT  
OEA-PNUMA**

SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA

# CLASIFICACION CLIMATICA

FIGURA N°

10

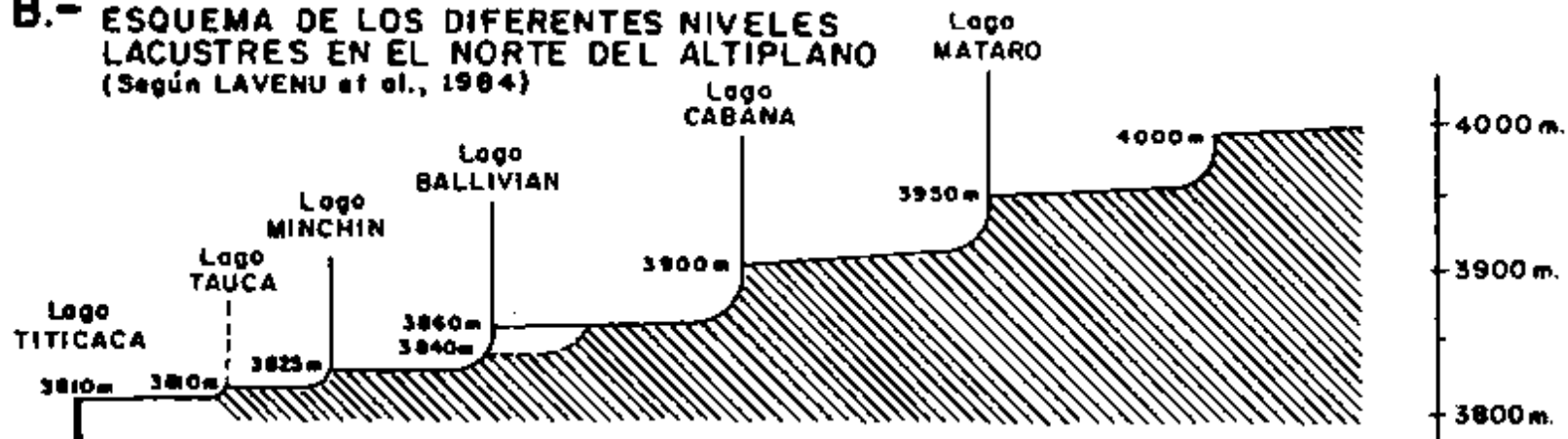
EDAD (Ma)*	EPOCA	EVENTOS LACUSTRES	EVENTOS GLACIAR E INTERGLACIAR	ALTURAS		
				3850	3810	3850
1.6	ACTUAL	TITICACA	MORRENAS			
	HOLOCENO	TAUCA				
	PLEISTOCENO SUPERIOR	MINCHIN	CHOQUEYAPU II			
				CHOQUEYAPU I		
	PLEISTOCENO INFERIOR	BALLIVIAN		SORATA		
		CABANA		KALUYO		
		MATARO		Purepurani F. (16Ma)*		
	PLIOCENO		FORMACION Luff Chijni (2.8Ma)*			
				PATAPATANI		
		LA PAZ				

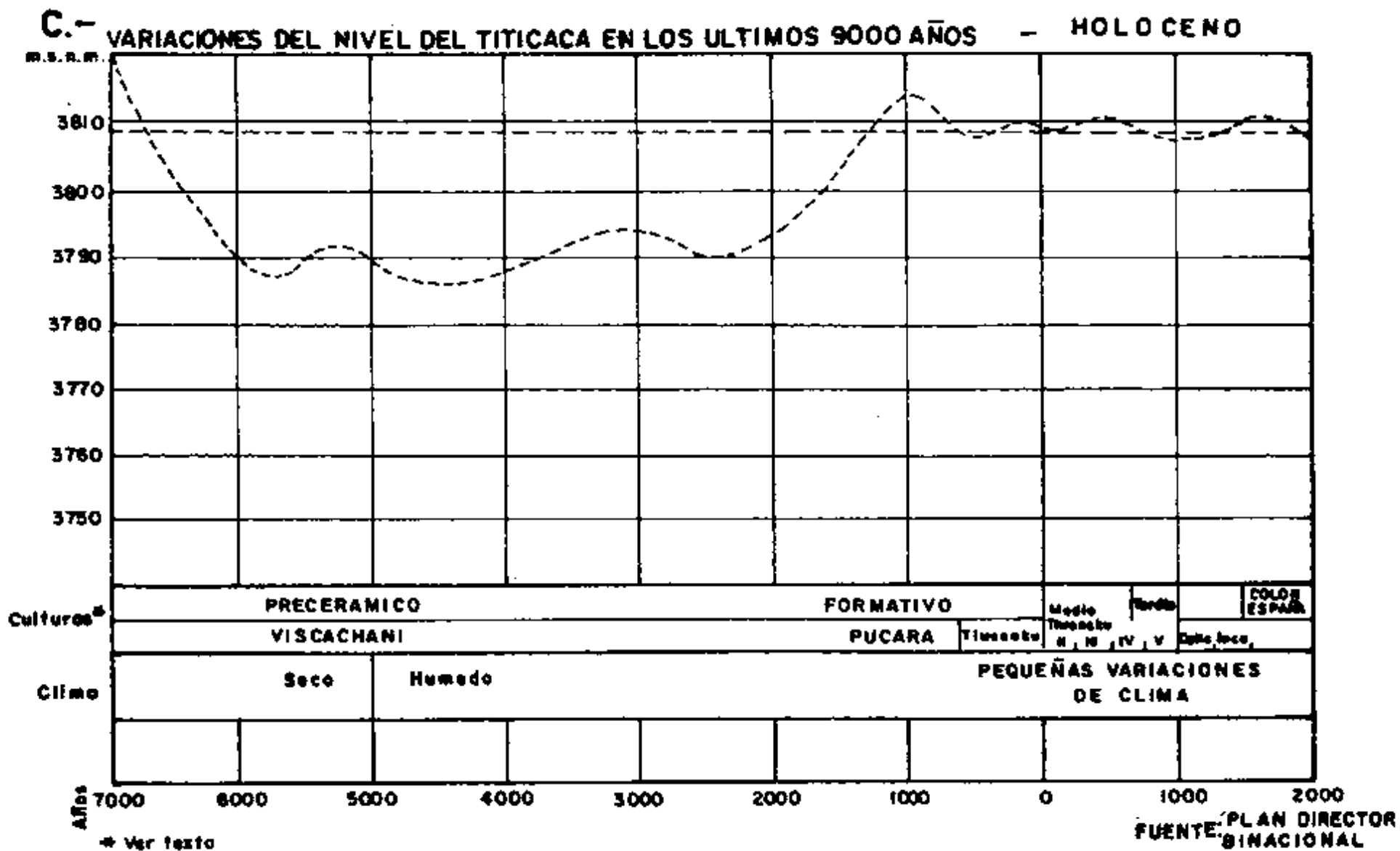
Según Berggren et al 1983

**A.- ESQUEMAS DE PERIODOS GLACIALES Y NIVELES DEL LAGO EN EL PLEISTOCENO - PLOCENO**

\* Mo = Millones de años

**B.- ESQUEMA DE LOS DIFERENTES NIVELES LACUSTRES EN EL NORTE DEL ALTIPLANO (Según LAVENU et al., 1984)**



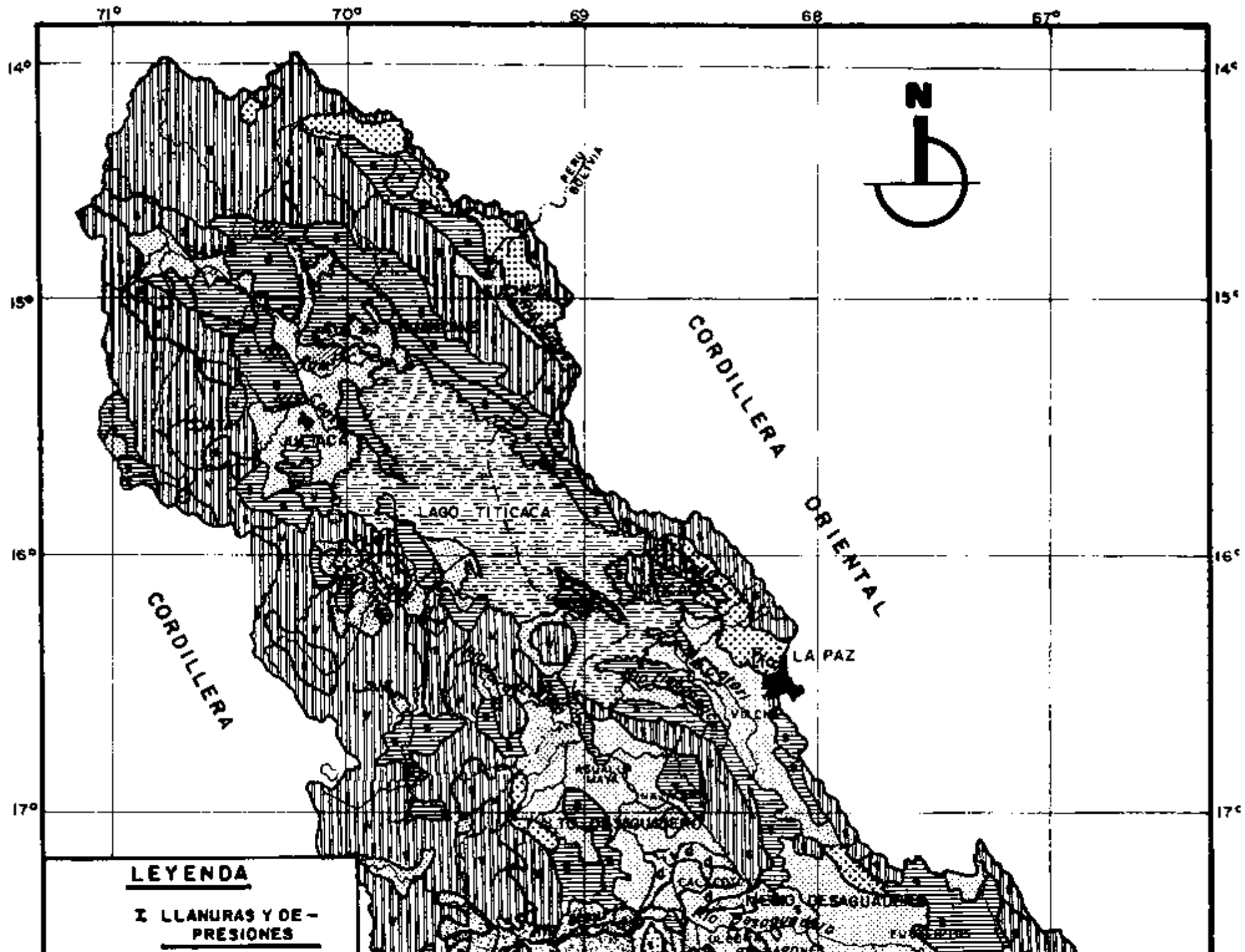


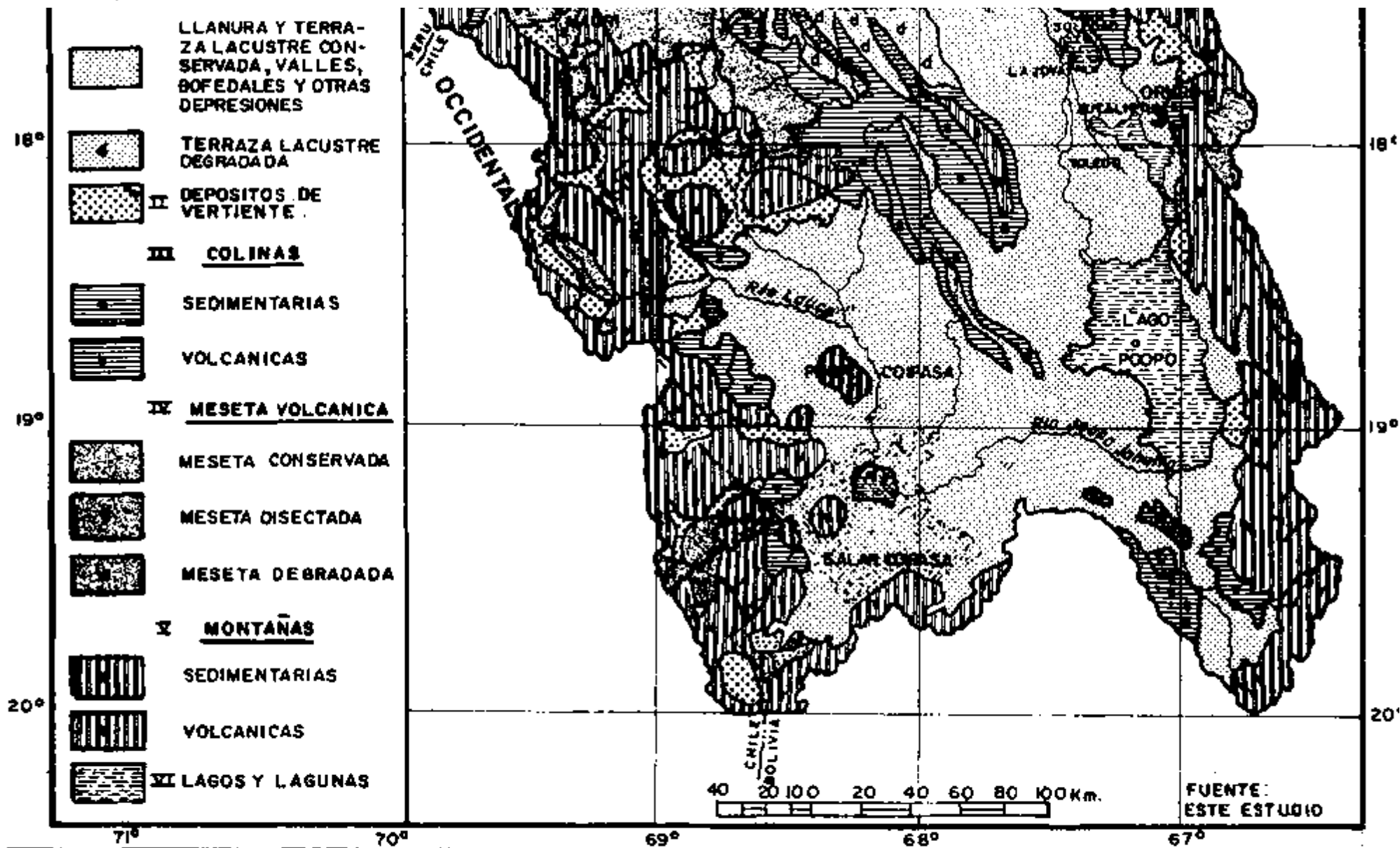
**ALT  
OEA-PNUMA**

**SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA  
PERIODOS GLACIARES, NIVELES DEL LAGO Y  
PERIODOS CULTURALES EN EL ALTIPLANO**

**FIGURA N°**

**11**





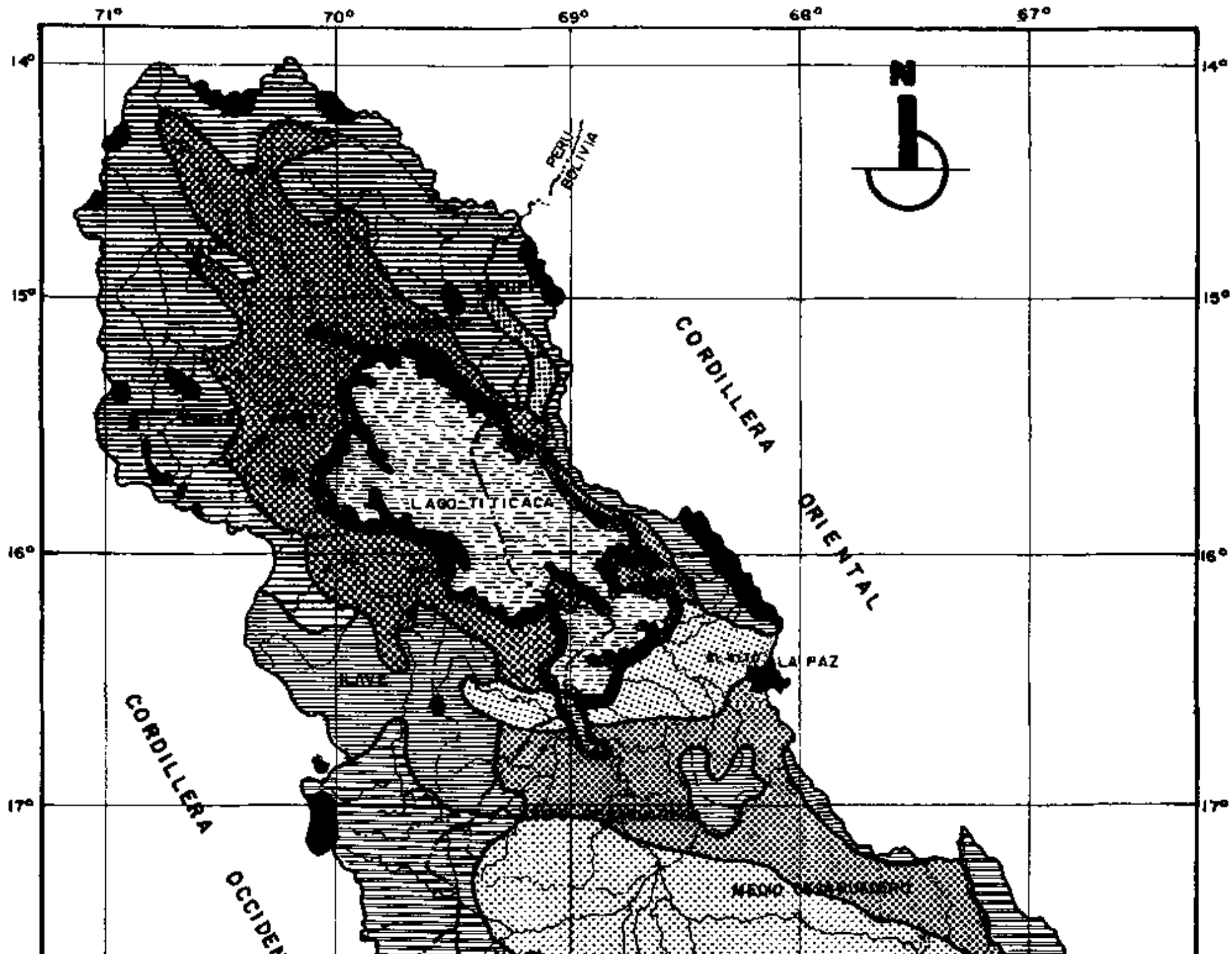
SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA

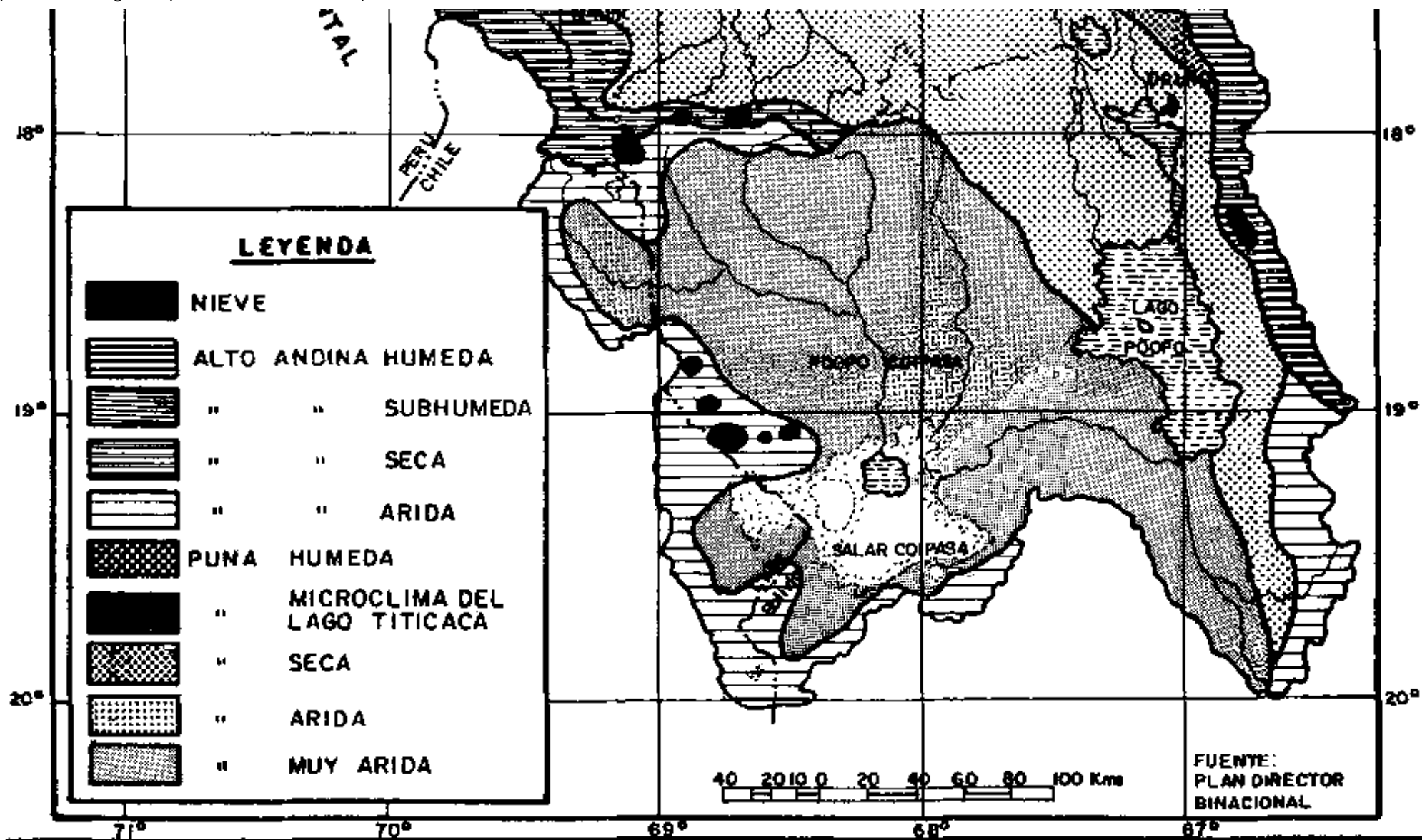
FIGURA N°

ALT  
OEA-PNUMA

# MAPA GEOMORFOLOGICO

12





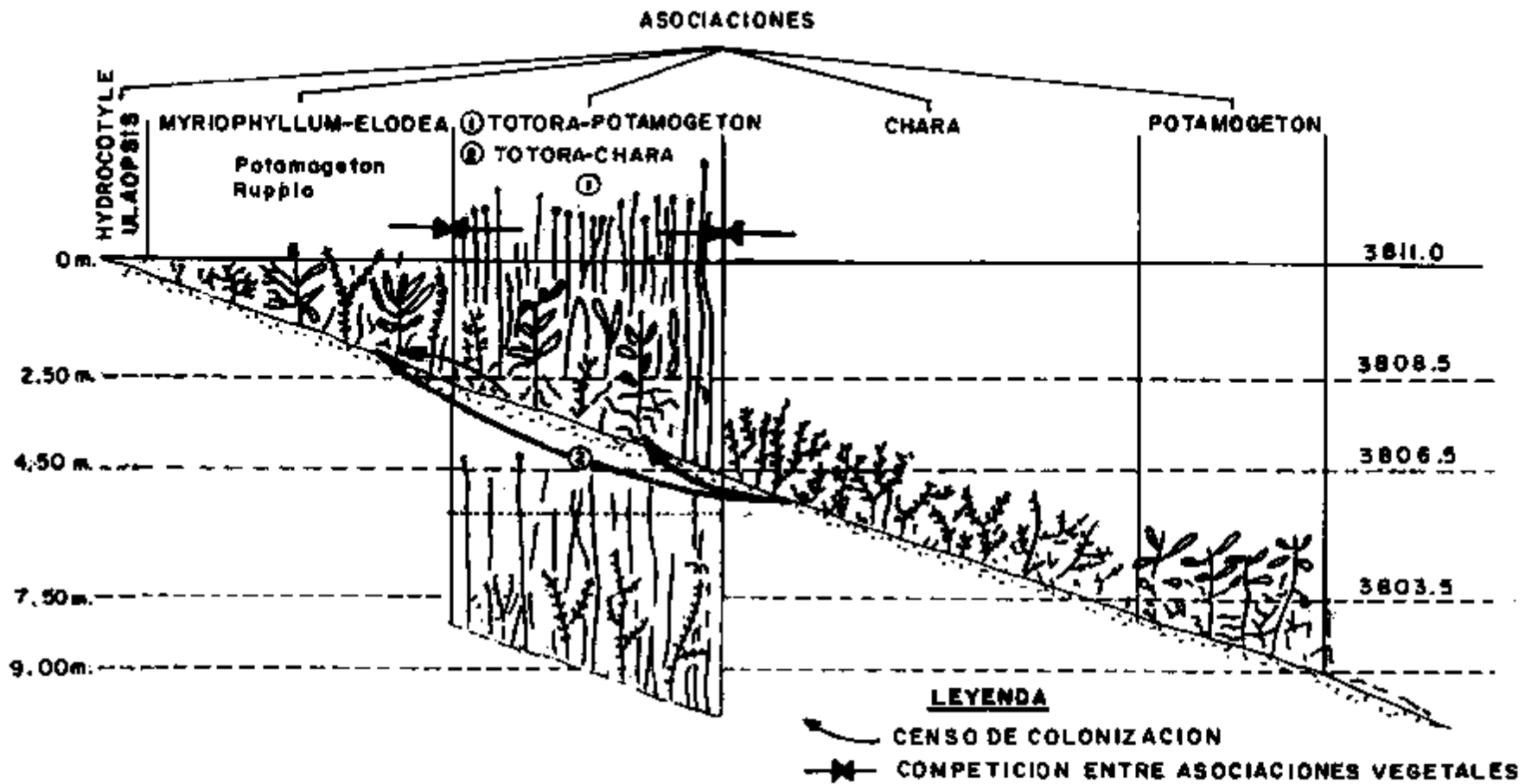
ALT  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA  
**ECO-REGIONES DEL SISTEMA T D P S**

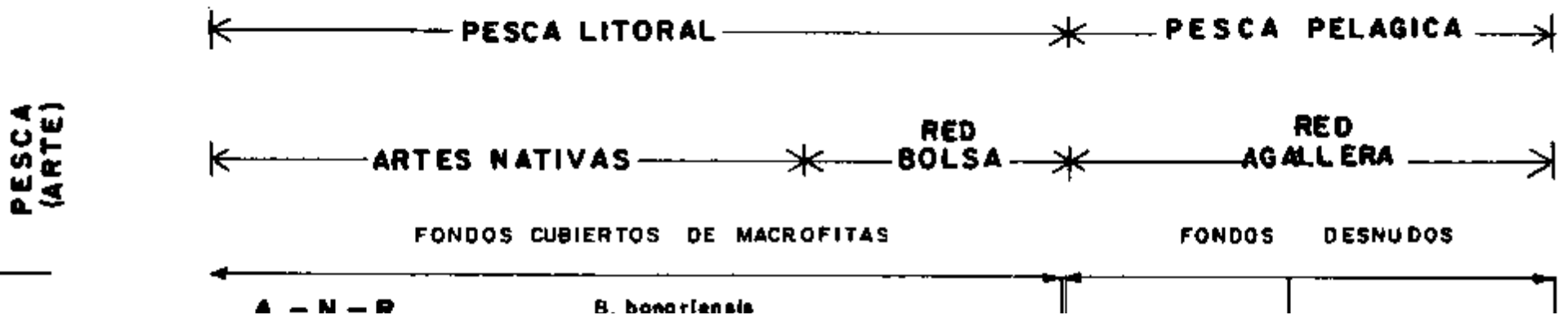
FIGURA N°

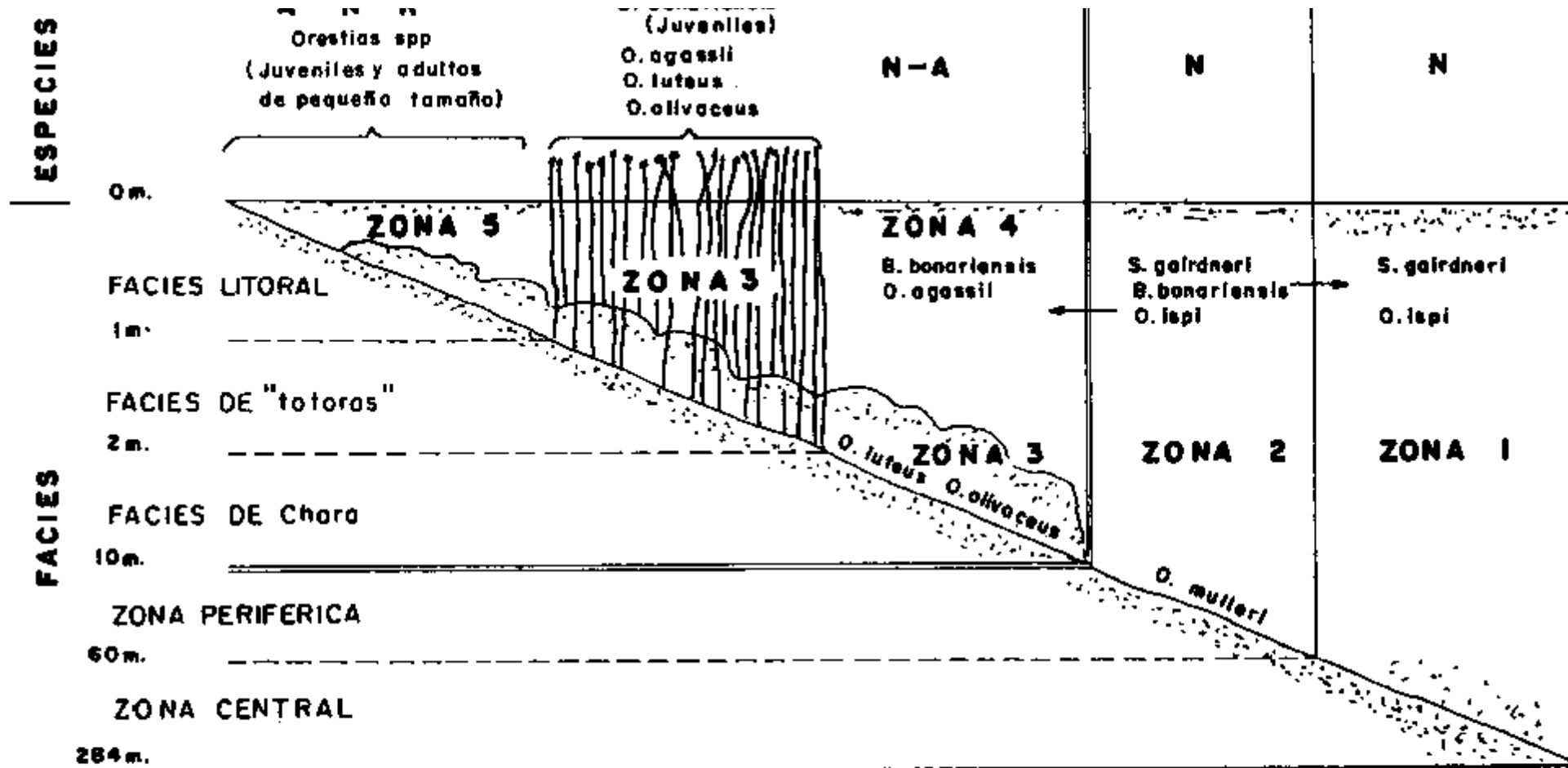
13





**A- LAS ASOCIACIONES VEGETALES DEL LAGO TITICACA (Collet (1979-1980))**





**B- MEDIOS ACUATICOS, ESPECIES ICTICAS Y MODOS DE PESCA**

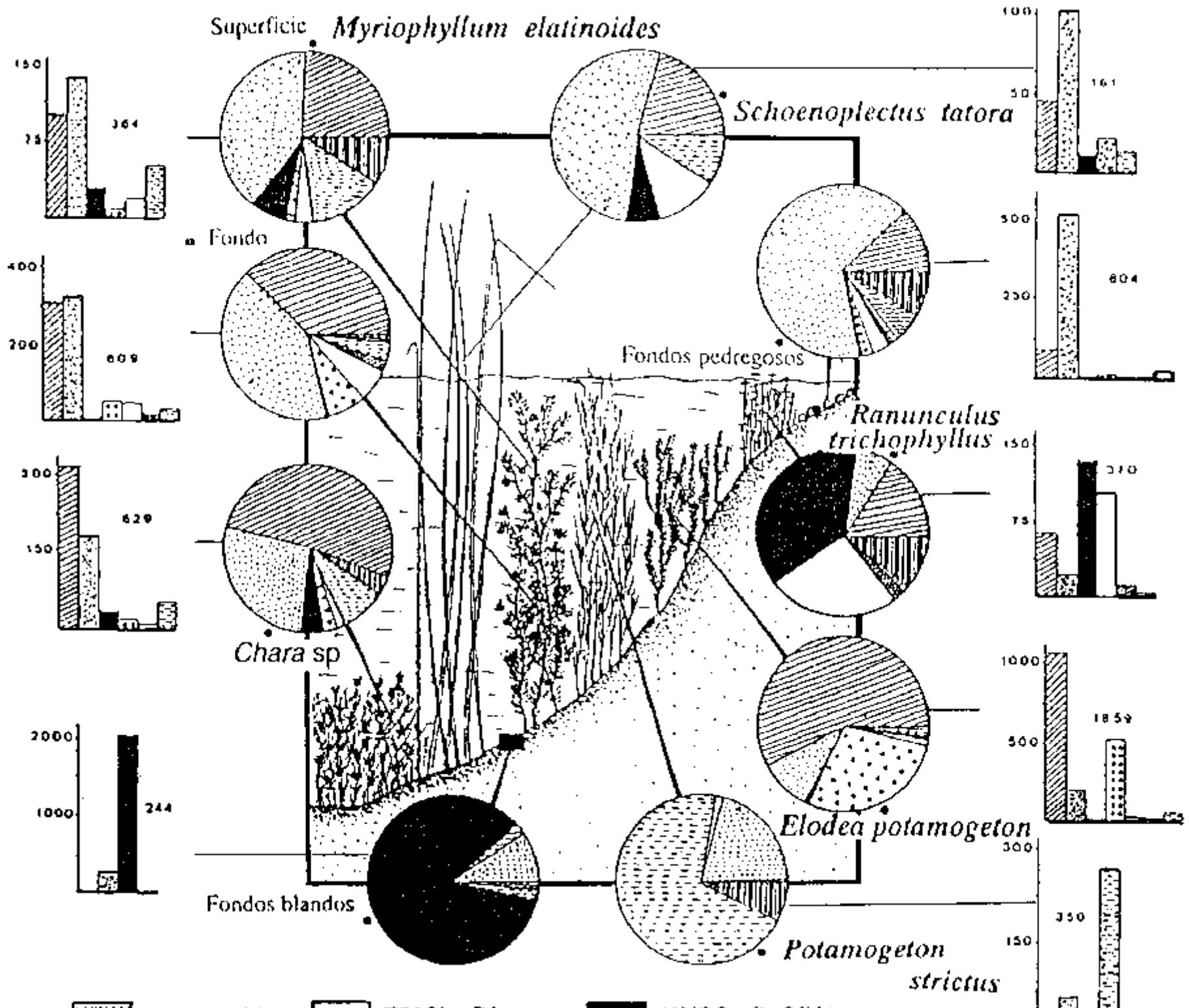
FUENTE:  
PLAN DIRECTOR  
BINACIONAL

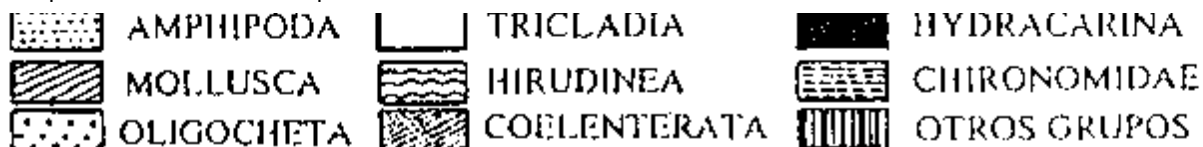
ALT  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POPO - SALAR DE COIPASA  
**REPARTICION DE VEGETACION ACUATICA Y  
SISTEMA DE PESCA DEL LAGO TITICACA**

FIGURA Nº

14





**NOTA:** Números en gráficos son números de organismos

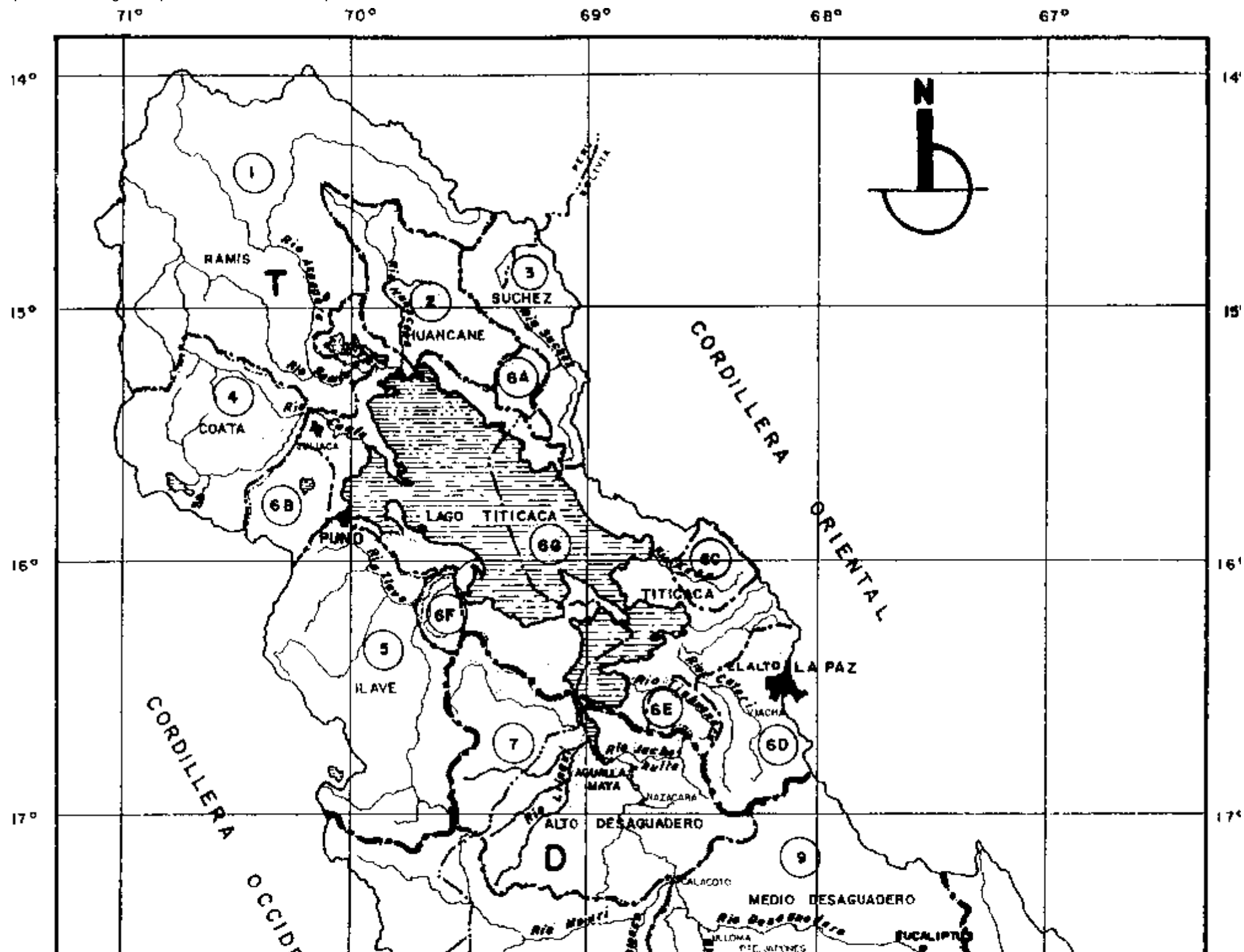
(C. DEJOUX 1991)

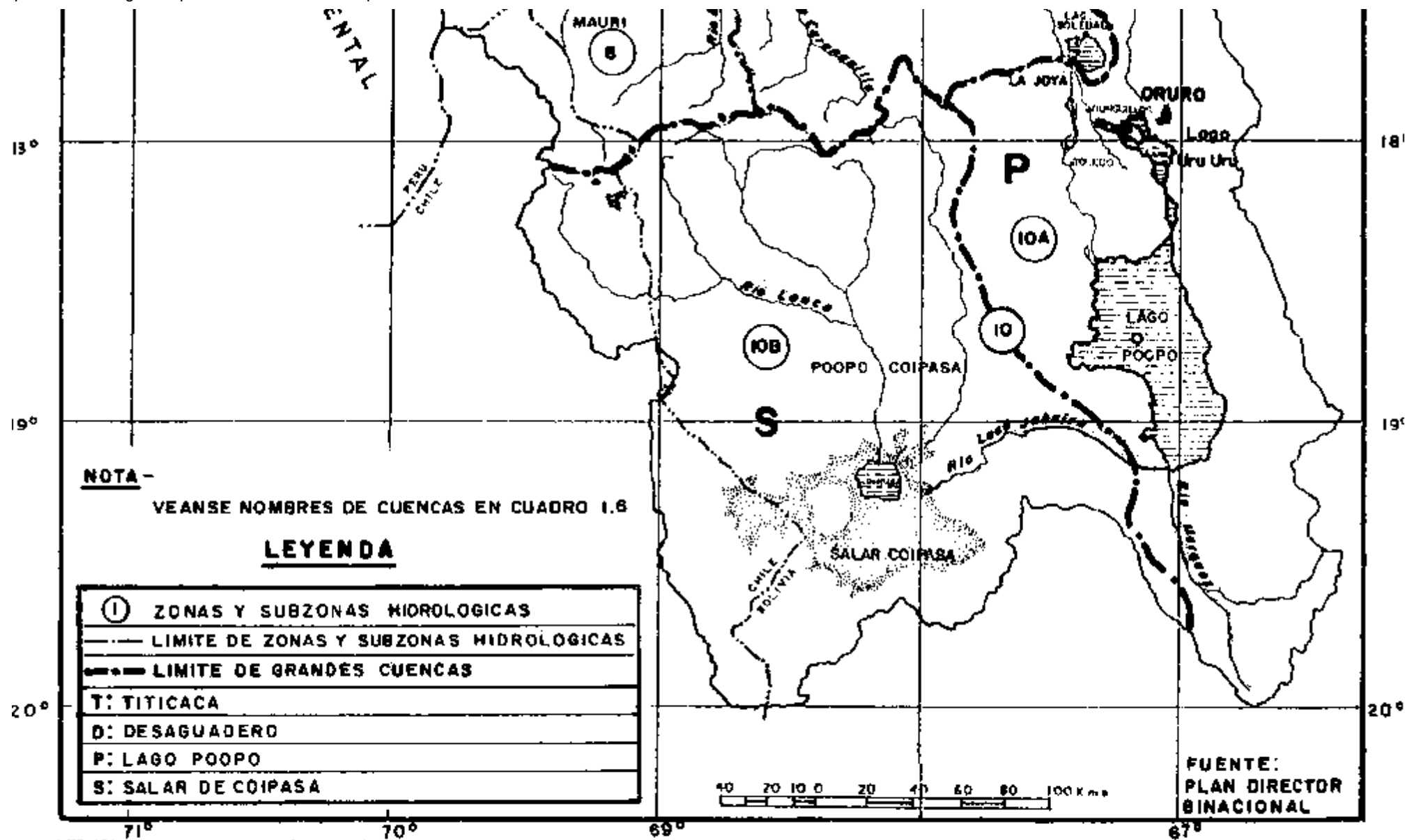
**ALT  
OEA-PNUMA**

**SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA  
DISTRIBUCION DE LOS PRINCIPALES GRUPOS  
DE INVERTEBRADOS BENTICOS**

**FIGURA N°**

**15**





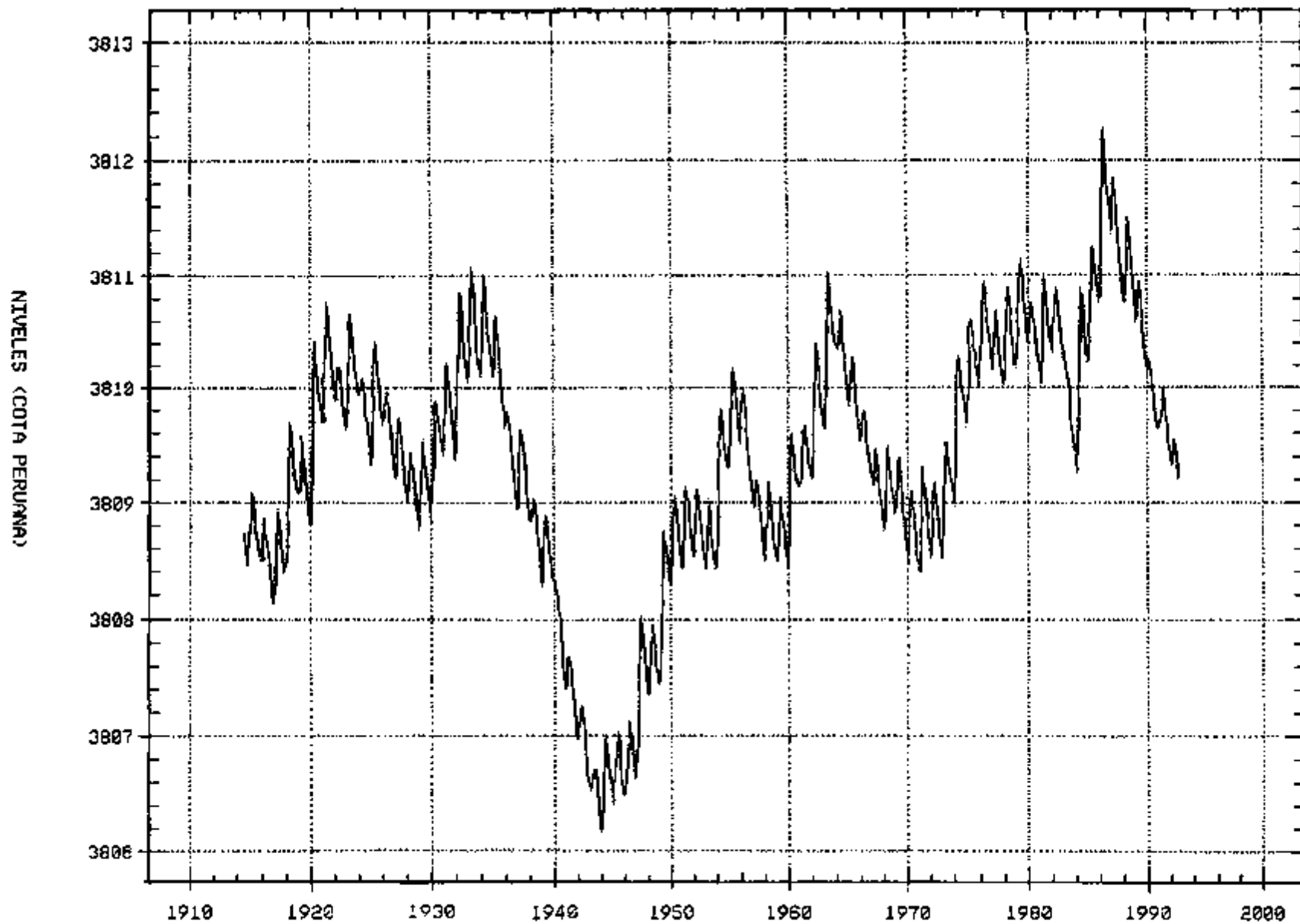
ALT  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA

# ZONAS HIDROLOGICAS

FIGURA N°

16



FUENTE:  
PLAN DIRECTOR  
BINACIONAL

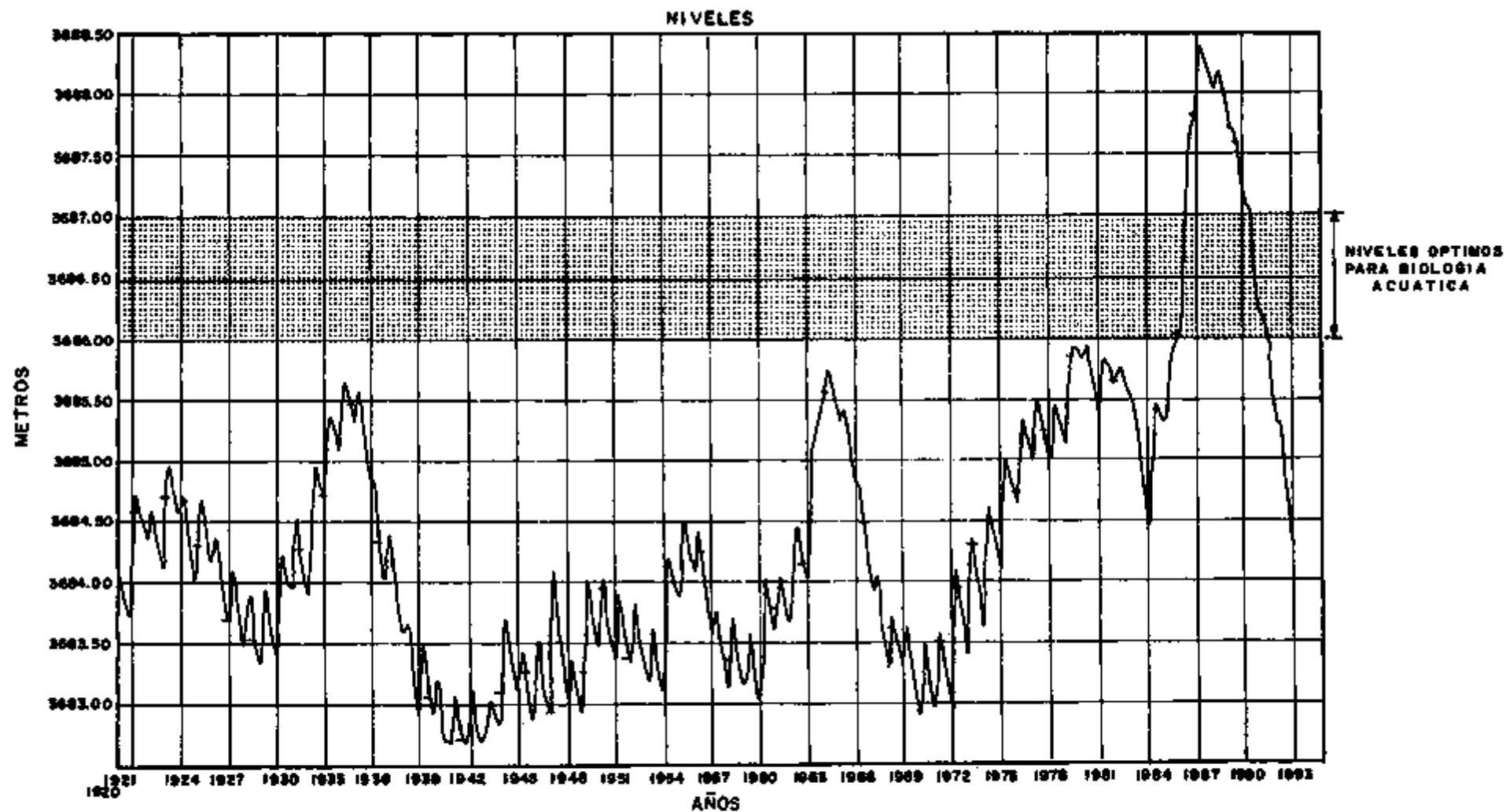
SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-POOPO-SALAR DE COIPASA

ALT  
OEA-PNUMA

NIVELES MEDIOS MENSUALES DEL LAGO TITICACA (PUNO)

FIGURA Nº

17



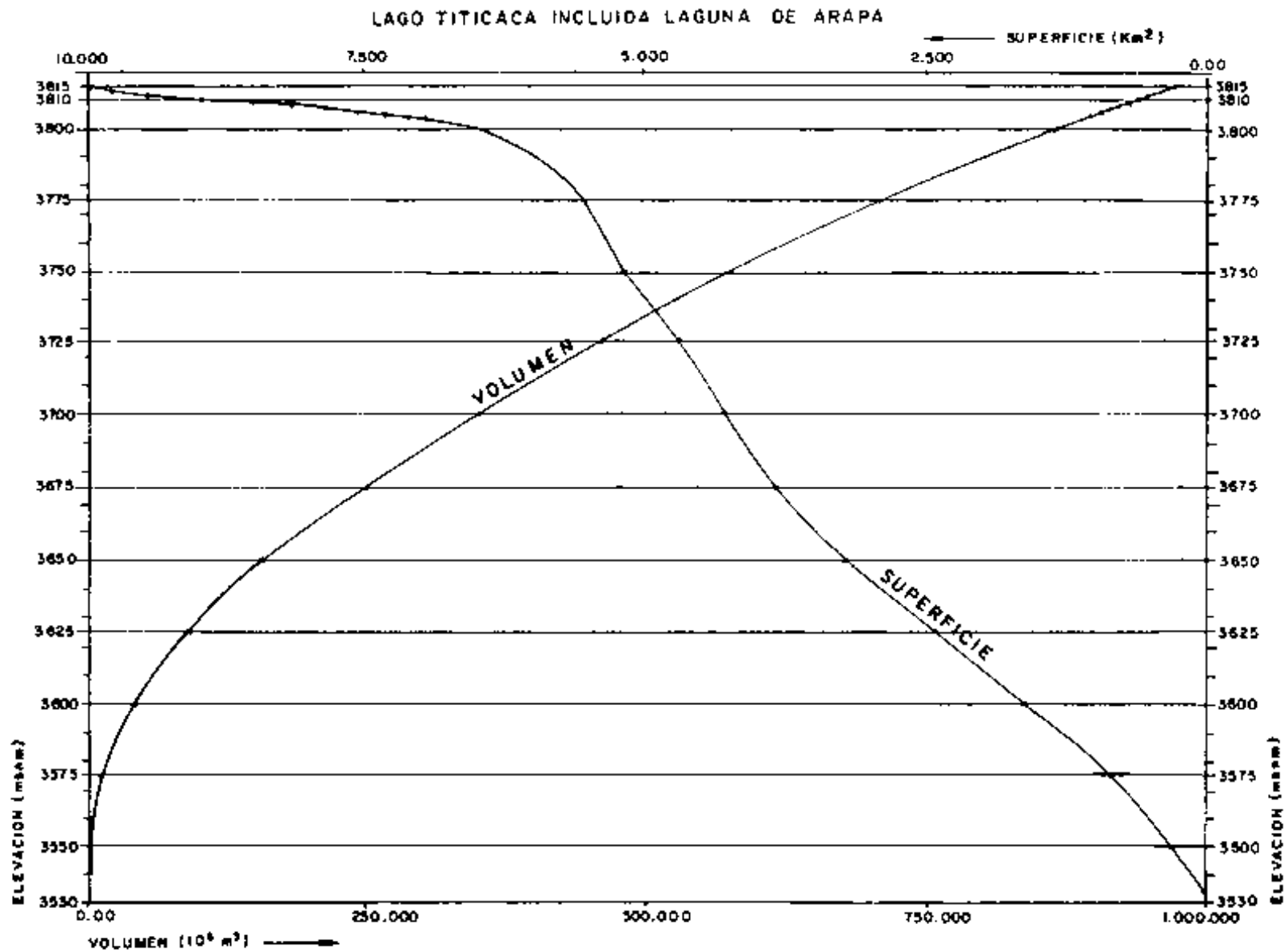
ALT  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-POOPO-SALAR DE COIPASA  
**VARIACIONES DEL NIVEL DEL LAGO POOPO (1920 — 1993)**  
**(SIMULACION MATEMATICA)**

FIGURA N°

18





FUENTE:  
PLAN DIRECTOR  
BINACIONAL

**ALT**  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA--DESAGUADERO - POPOC-SALAR DE COIPASA  
**CURVAS DE LAS SUPERFICIES Y VOLUMENES DEL LAGO TITICACA**

**FIGURA N°**  
**19**



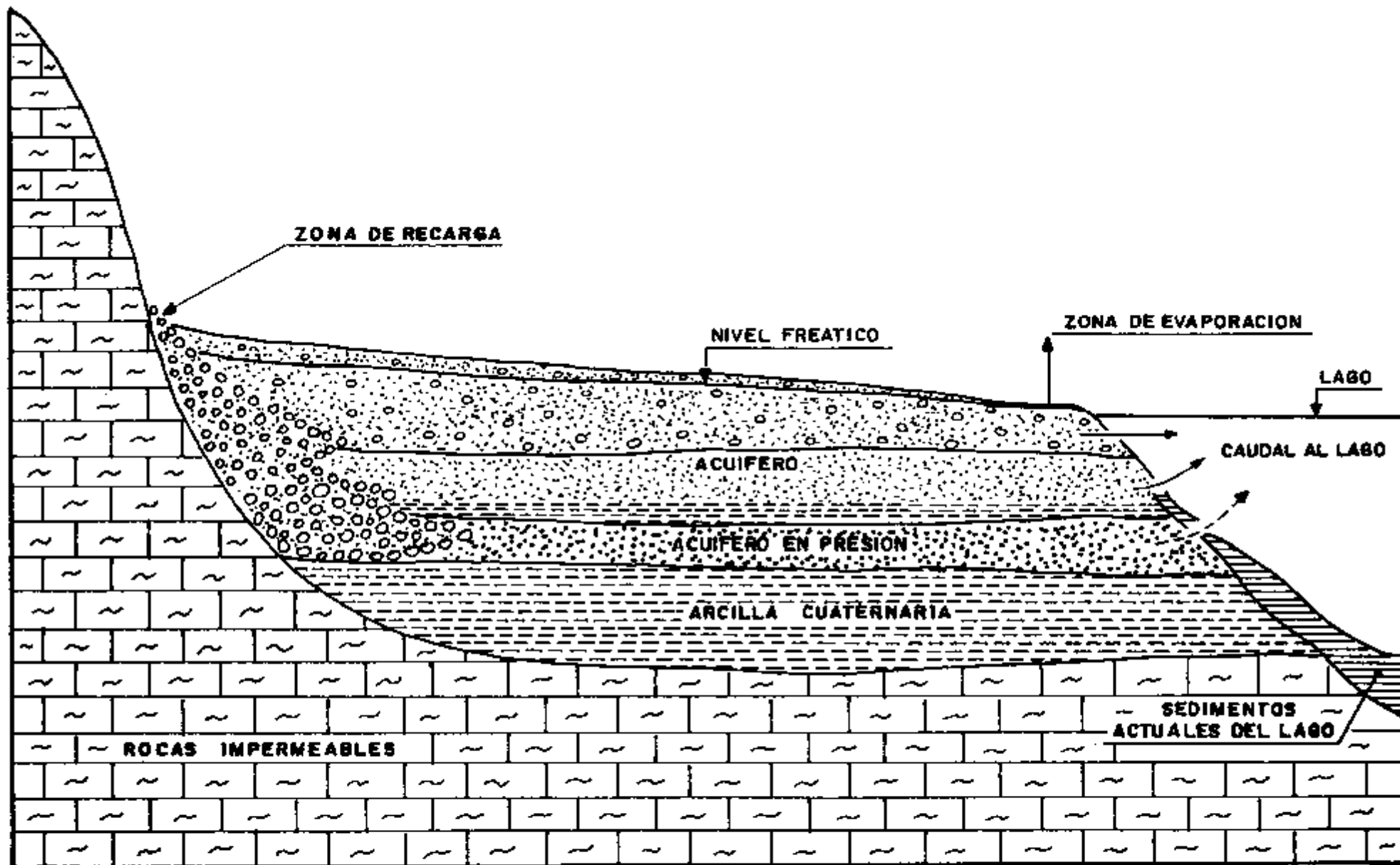
**ALT  
OEA-PNUMA**

**SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA  
BATIMETRIA DEL LAGO TITICACA**

**FUENTE:  
PLAN DIRECTOR  
NACIONAL**

**FIGURA N°**

**20**



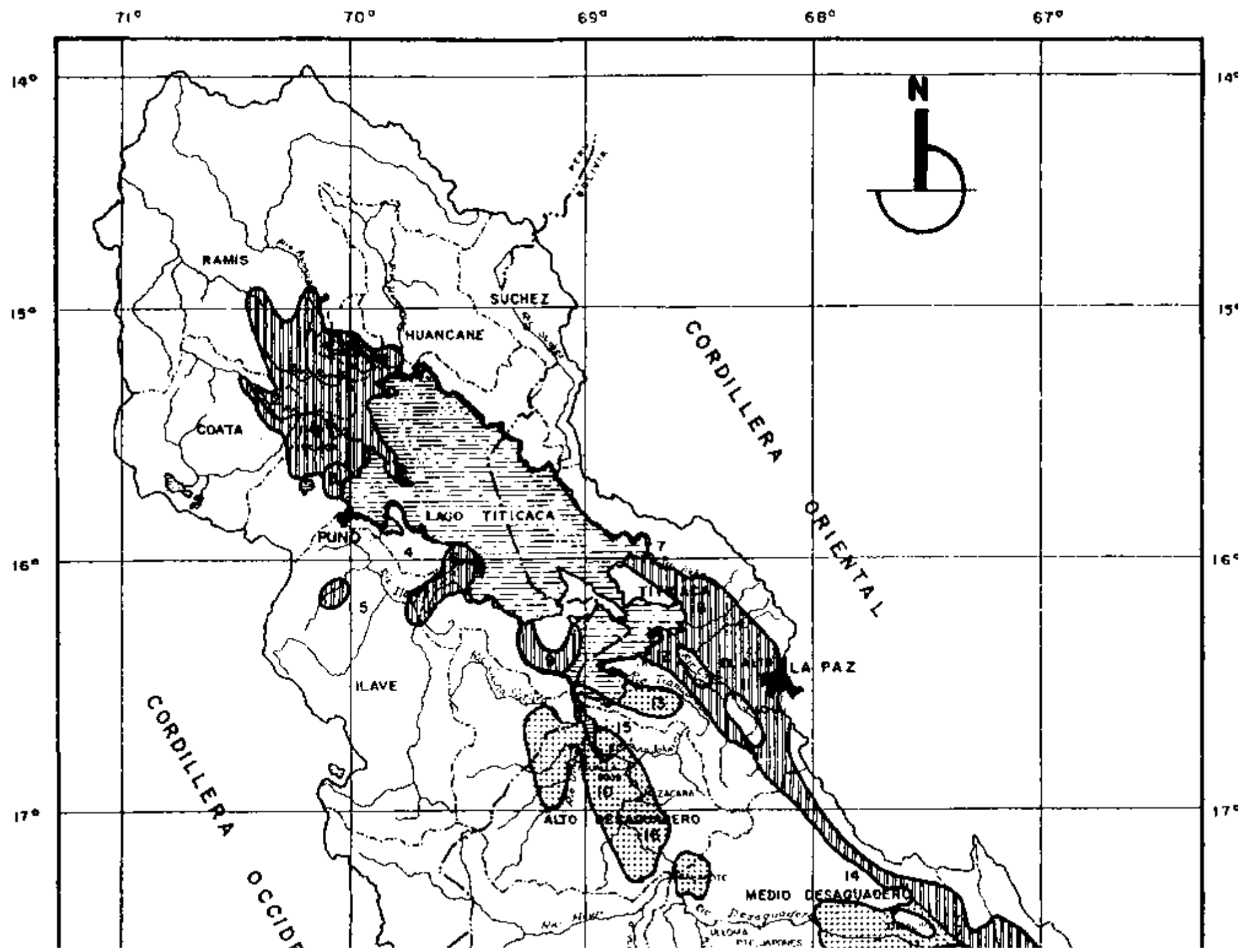
FUENTE:  
PLAN DIRECTOR  
BINACIONAL

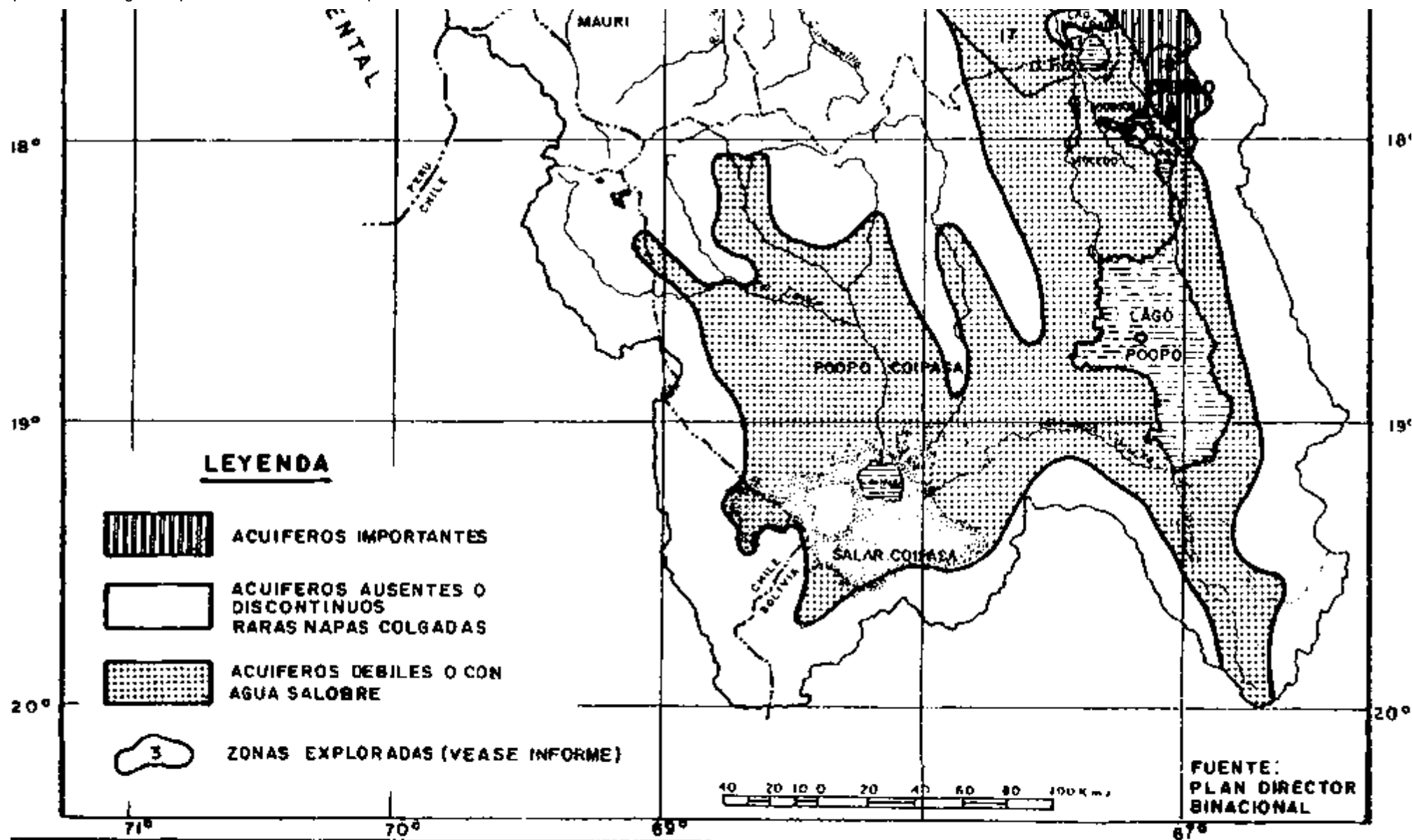
ALT  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-POOPO-SALAR DE COIPASA  
**ESQUEMA HIDROGEOLOGICO DE LAS CUENCAS**

FIGURA N°

21





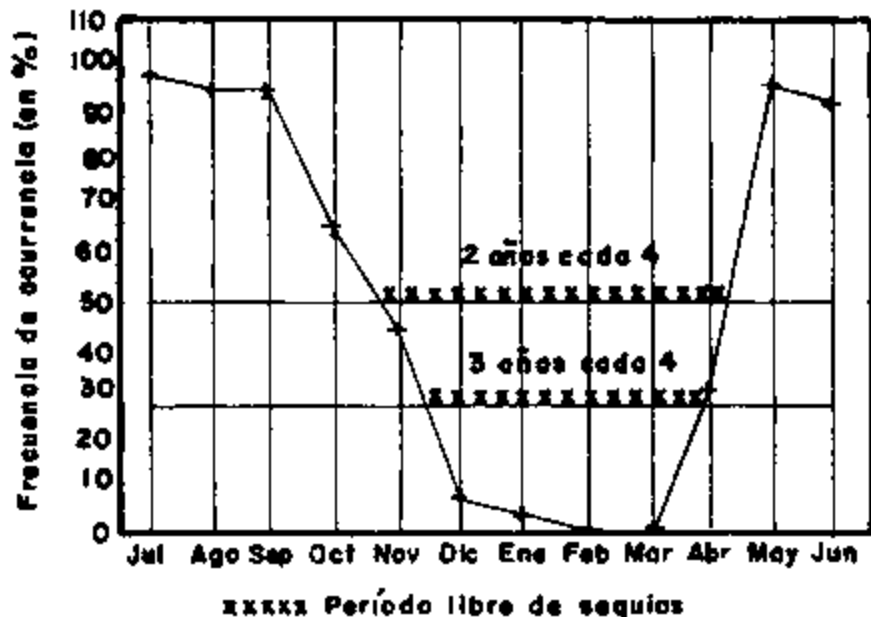
ALT  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA  
DISTRIBUCION DE LOS PRINCIPALES ACUIFEROS

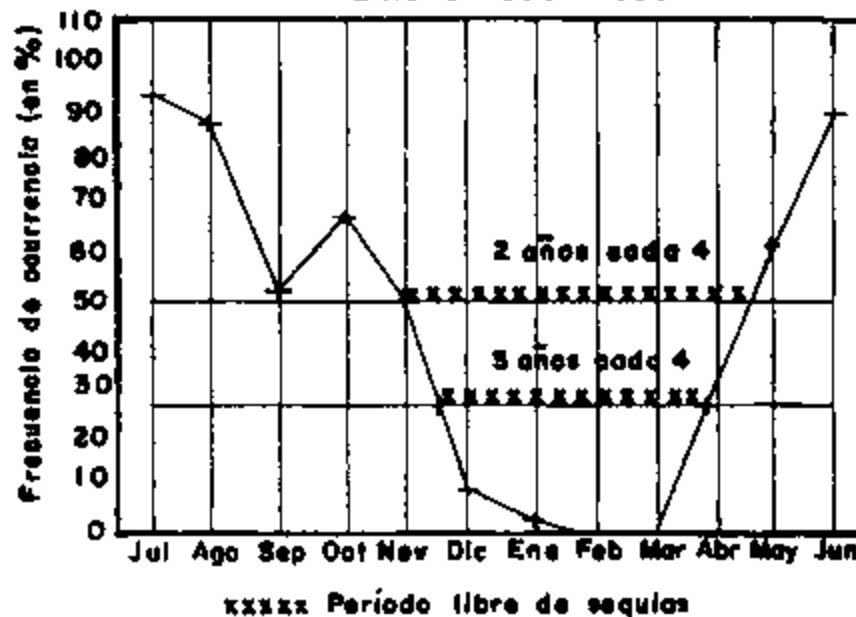
FIGURA N°

22

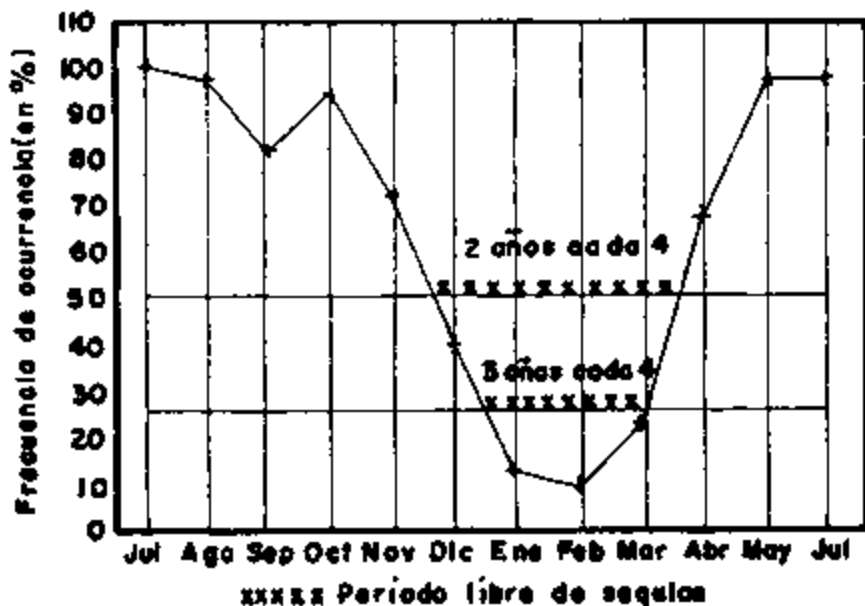
**ESTACION: CHUQUIBAMBILLA(764)**  
**PERIODO: 1939-1990**



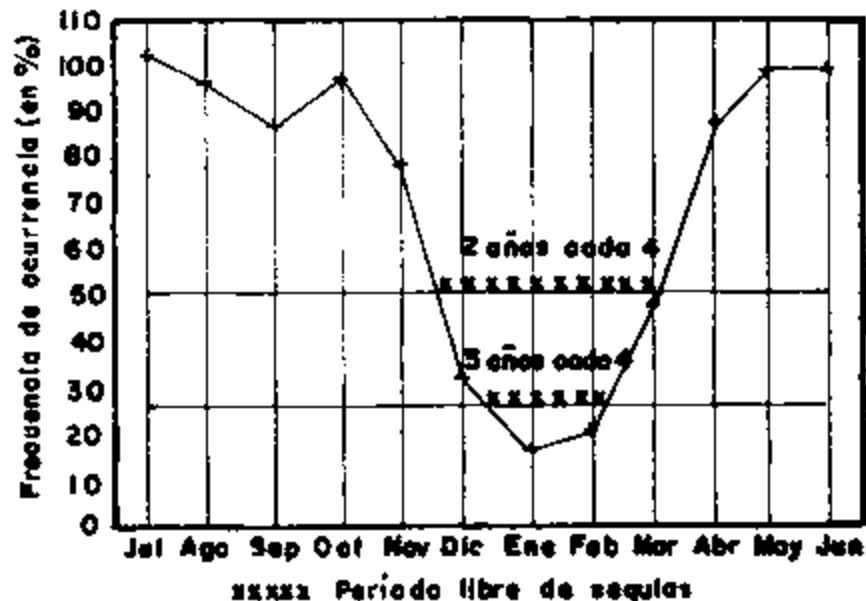
**ESTACION: HUARAYA MOHO (787)**  
**PERIODO: 1956 - 1990**



**ESTACION: IL AVE ( 879 )**  
**PERIODO: 1964 - 1990**

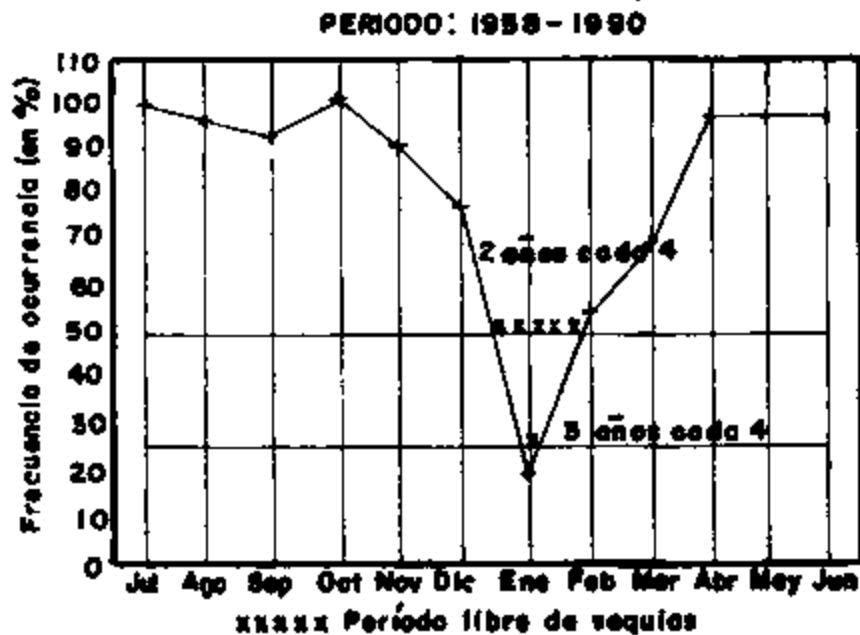
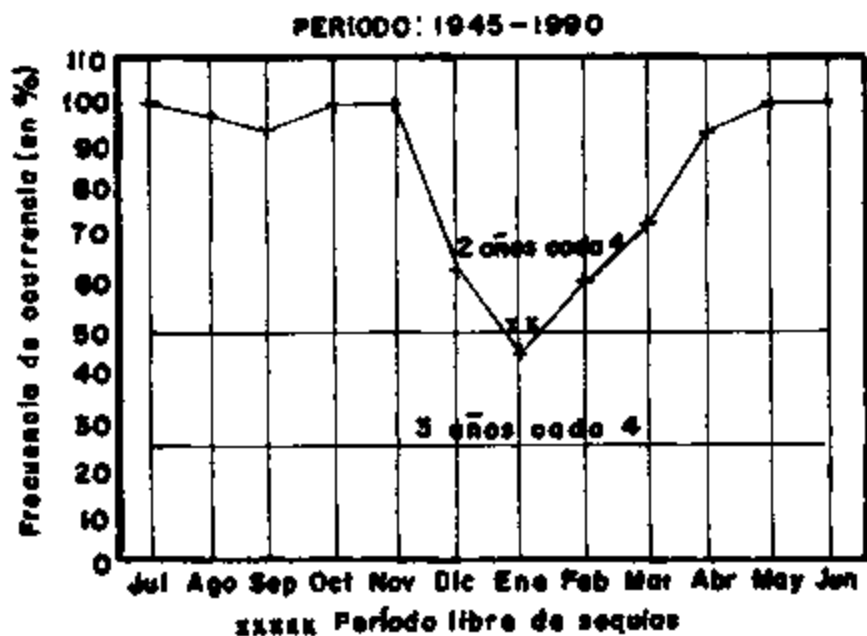


**ESTACION: EL ALTO (ELA)**  
**PERIODO: 1946 - 1990**



**ESTACION: ORURO (ORU)**

**ESTACION: PATACAMAYA (PAT)**



FUENTE:  
PLAN DIRECTOR  
BINACIONAL

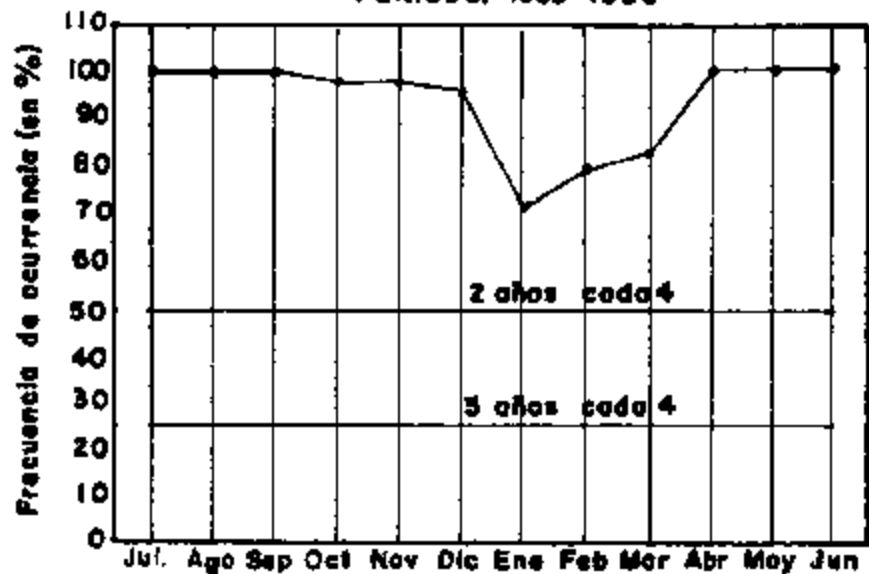
**ALT  
OEA-PNUMA**

**SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-POOPO-SALAR DE COIPASA  
FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE SEQUIAS**

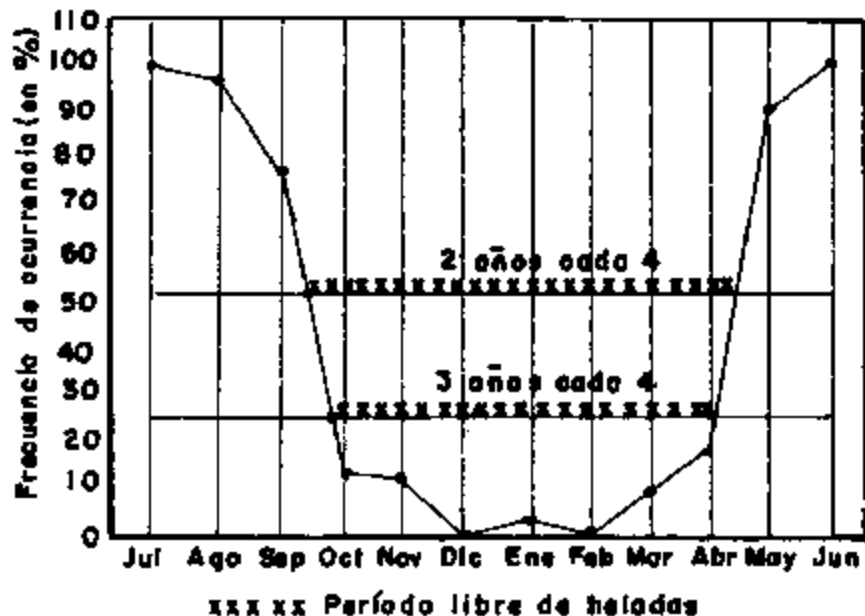
**FIGURA N°**

**23**

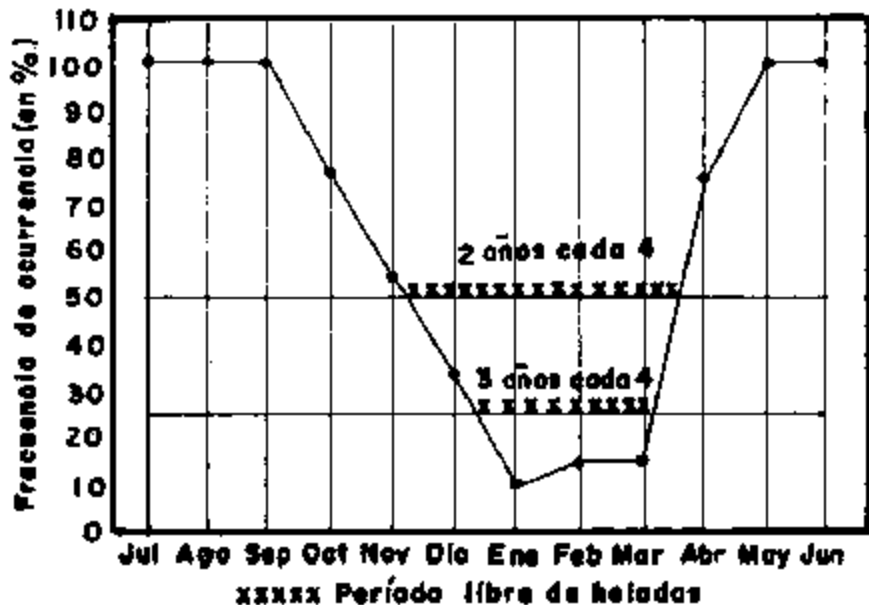
**ESTACION: CHUQUIBAMBILLA (764)**  
**PERIODO: 1959-1990**



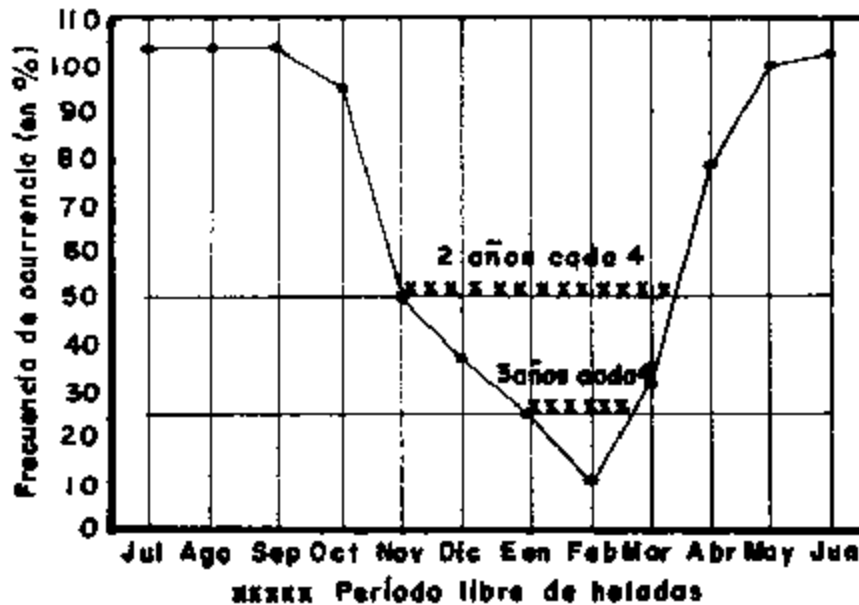
**ESTACION: HUARAYA MOHO (787)**  
**PERIODO: 1956 - 1990**



**ESTACION: ILAVE (879)**  
**PERIODO: 1964-1990**



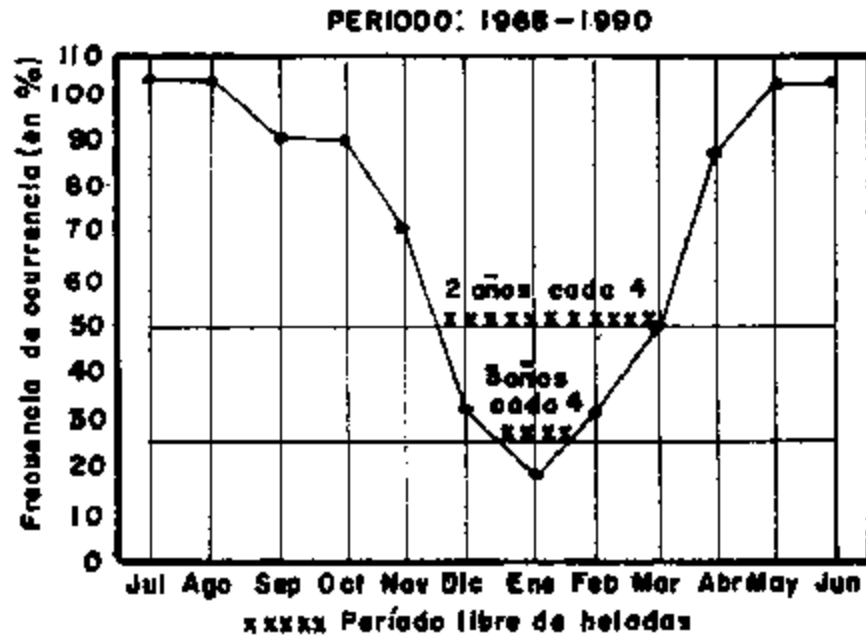
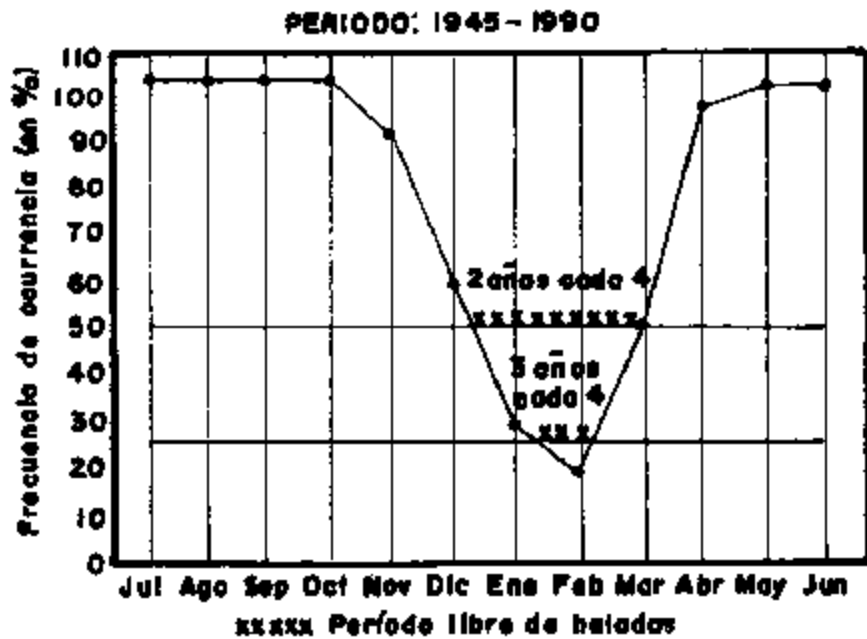
**ESTACION: EL ALTO (ELA)**  
**PERIODO: 1946-1990**



**ESTACION: ORURO (ORU)**

**ESTACION: PATACAMAYA (PAT)**





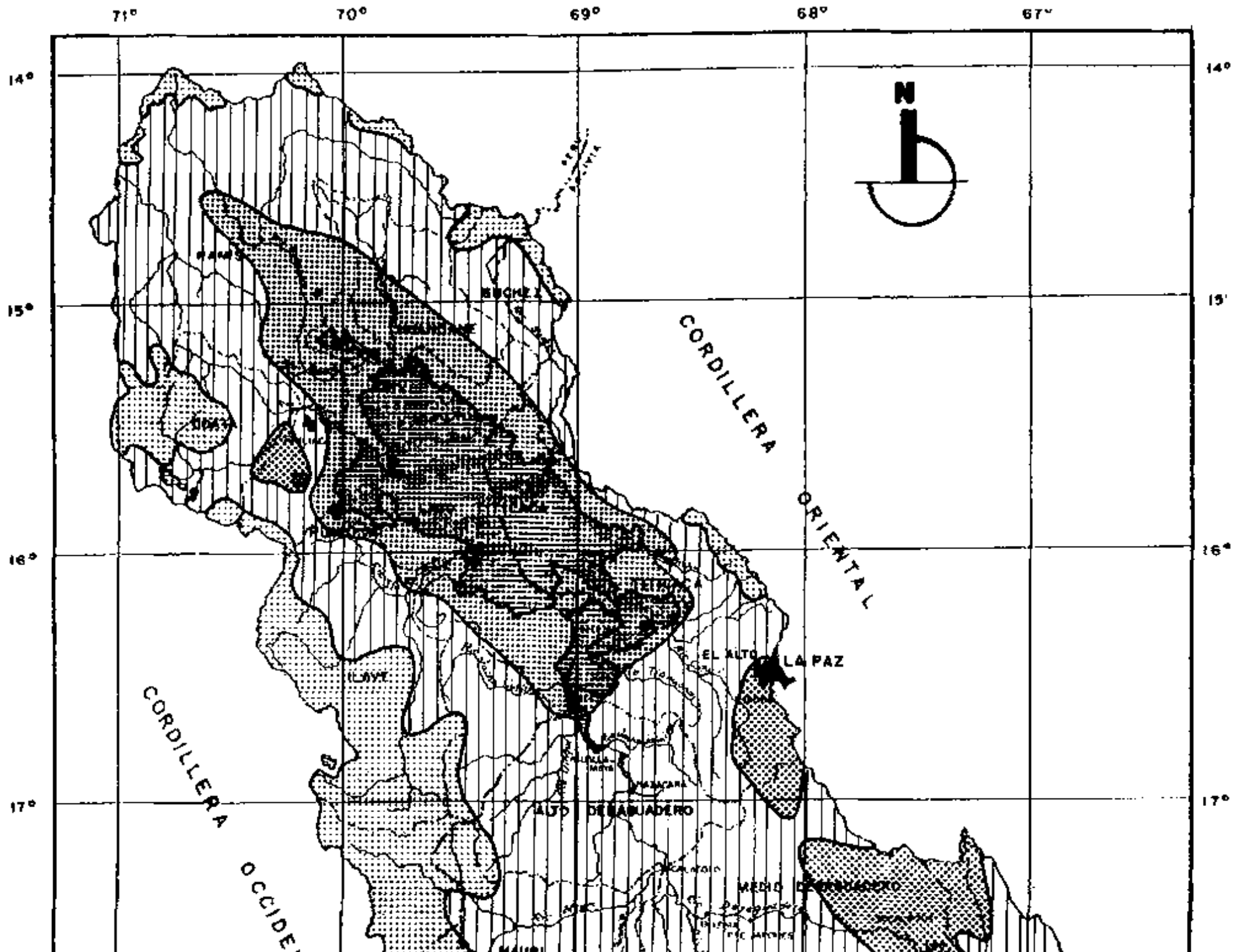
FUENTE:  
PLAN DIRECTOR  
BINACIONAL

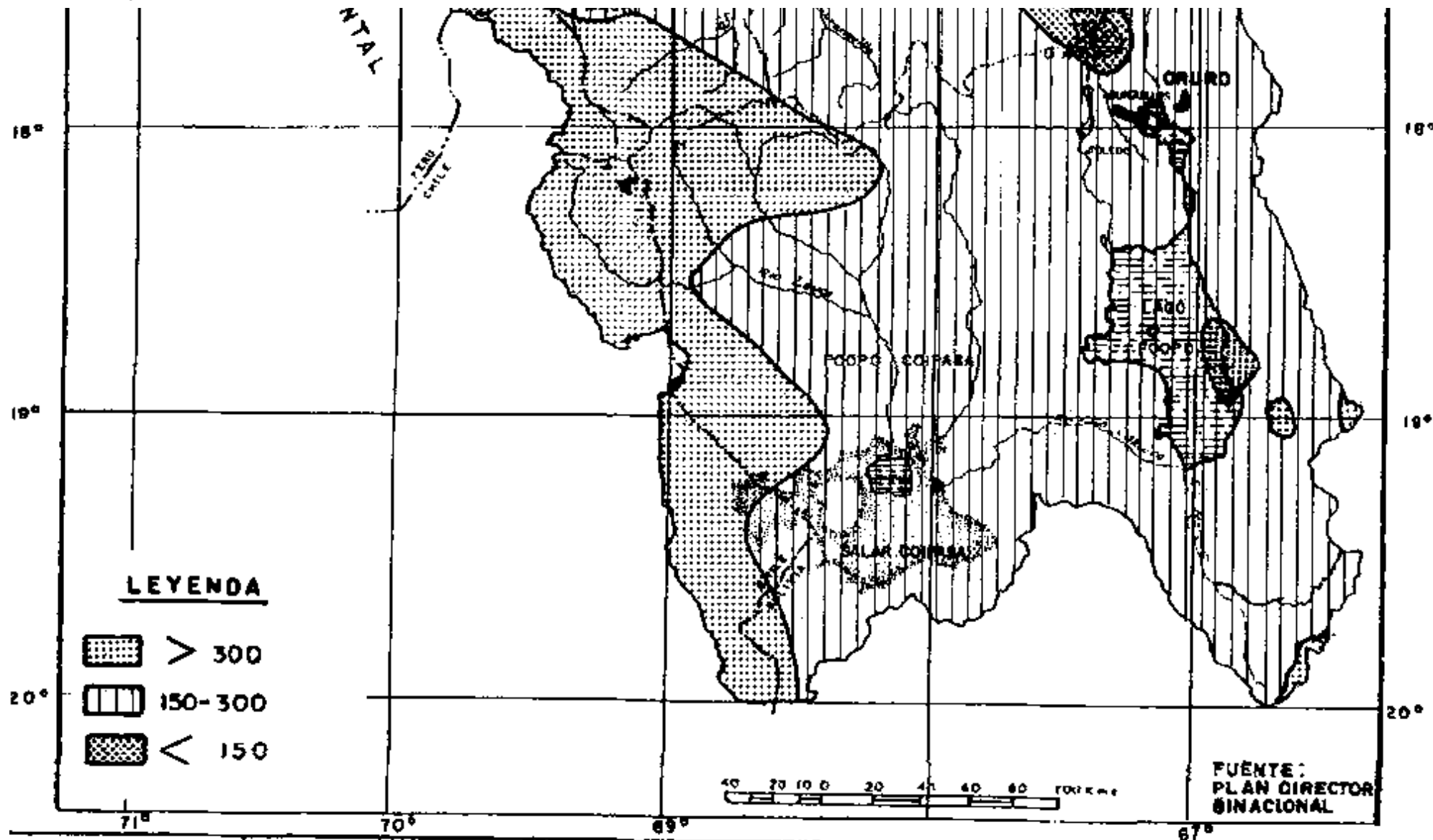
**ALT**  
**OEА-PNUMA**

**SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-POOPO-SALAR DE COI PASA**  
**FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE HELADAS**

**FIGURA N°**

**24**





**ALT  
OEA-PNUMA**

**SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-POOPO-SALAR DE COIPASA  
DIAS CON HELADAS**

**FIGURA N°  
25**



# Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

- [1. El suelo como recurso](#)
- [2. Recursos hídricos](#)
- [3. Contaminación atmosférica](#)
- [4. Recursos vegetales](#)
- [5. Los recursos pesqueros](#)
- [6. Los recursos mineros](#)
- [7. Turismo ecológico y sus recursos](#)

## 1. El suelo como recurso

### 1.1 El uso actual de la tierra

El Cuadro 27 muestra un resumen del uso actual de la tierra en la área del Sistema TDPS, a nivel de las distintas zonas hidrológicas, elaborado con base en la planimetría de los mapas de uso de la tierra del Plan Director (12 planchas a escala 1:250.000).

Se observa que los usos agropecuarios cubren un total de 69.082 km<sup>2</sup>, que en total representan el 48% de la región (incluidas las superficies acuáticas). De éstos, 6.272 km<sup>2</sup> (4,4% de la región) están dedicados a cultivos y 31.227 km<sup>2</sup> (21,7%) a pastos, 10.068 km<sup>2</sup> (7%) a usos agropecuarios y 21.515 km<sup>2</sup> (14,9%) a usos agrosilvopastoriles. La mayor área agropecuaria se encuentra en la cuenca del Poopó-Salares, seguida por las del Ramis, del Titicaca, del Medio Desaguadero, del Alto Desaguadero y del llave. No obstante, la mayor área de cultivos se encuentra en la cuenca del Titicaca y la mayor área en pastos en la del Ramis. Las cuencas del Poopó-Salares y del Medio Desaguadero son esencialmente agrosilvopecuarias.

El uso forestal apenas ocupa 4.249 km<sup>2</sup>, equivalente al 3% de la región. De éstos, 3.272 km<sup>2</sup> (2,3%) están cubiertos por matorrales arbustivos, en su mayor parte ralos, y sólo 977 km por bosques de queñoa (Polylepis), igualmente intervenidos. La mayor parte de estas formaciones están en la cuenca del Poopó-Salares, seguida por las del Mauri y del Desaguadero.

Los afloramientos rocosos, los arenales y los pedregales ocupan 48.496 km<sup>2</sup>, que representan la tercera parte de la región (33,7%). Sin embargo, en su mayor parte existen cultivos y/o pastoreo en los sectores donde hay suelo o vegetación arbustiva o herbácea utilizable. La mayor parte de los afloramientos rocosos, así como de los arenales y pedregales, está en la cuenca del Poopó-Salares, seguida por las del Mauri y el Titicaca.

Las tierras salinas y los salares ocupan unos 5.224 km<sup>2</sup>, equivalentes al 3,6% de la región. Están localizadas casi en su totalidad en la cuenca del Poopó-Salares.

Las áreas muy erosionadas cubren unos 2.855 km<sup>2</sup>, que representan el 2% de la región. Están localizadas principalmente en la cuenca del Medio Desaguadero.

Las áreas de influencia acuática cubren 13.620 km<sup>2</sup>, equivalentes al 9,4% de la región. De ellos, 12.123 km<sup>2</sup> corresponden a superficies de lagos y lagunas y el resto a áreas inundables y de vegetación acuática. Las cuencas con mayor superficie acuática son las del Titicaca y del Poopó-Salares, dado que en ellas se encuentran los dos lagos más importantes del Sistema.

Las áreas cubiertas por nieves perennes y las urbanas no tienen una importancia significativa a nivel de toda la región (cerca del 0,2%).

**Cuadro 27: USO DE LA TIERRA EN EL SISTEMA TDPS (km<sup>2</sup>)**

USO/Zonas Hidrológicas	Ramis	Huancané	Súchez	Coata	Ilave	Titicaca	Alto Desaguadero	Mauri	Medio Desaguadero	Poopo y Salares	TOTAL	%
1. Cultivos	509.78	369.21	154.54	132.57	160.94	3,620.65	555.27	-	87.27	681.39	6,271.62	4.4
2. Pastos	10,682.40	1,740.16	1,682.81	2,812.67	4,437.56	2,269.62	2,526.73	795.12	829.07	3,450.62	31,226.76	21.7
3. Cultivos/pastos	2,032.55	1,278.27	472.99	386.52	196.88	3,287.86	291.24	-	1,108.68	1,013.51	10,068.50	7.0
4. Cultivos/pastos/arbustos	-	-	-	-	14.06	1,444.58	2,278.70	665.27	3,901.39	13,211.44	21,515.44	14.9
5. Vegetación arbustiva	-	-	-	-	54.69	12.27	406.45	774.28	851.71	1,172.56	3,271.96	2.3
6. Bosques	14.80	-	-	-	-	-	-	304.58	-	658.00	977.38	0.7
7. Afloram. Rocosos	1,333.66	182.40	402.74	1,183.53	2,912.54	2,315.60	2,771.58	7,225.00	2,282.00	21,495.69	42,104.74	29.3
8. Arenaless/pedregales	27.96	-	-	-	-	509.13	-	177.94	463.83	5,212.45	6,391.31	4.4

Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

9. Tierras Salinas	-	-	-	-	-	15.34	-	-	17.78	3,416.30	3,449.42	2.4
10. Salares	1.64	-	-	-	-	-	-	3.21	4.85	1,765.05	1,774.75	1.2
11. Carcavas (bad lands)	82.22	-	-	-	-	13.80	27.20	-	2,349.88	382.01	2,855.11	2.0
12. Tierras inundables	3.29	-	-	-	-	173.29	256.03	8.02	54.95	834.20	1,329.78	0.9
13. Vegetación acuática	-	-	-	-	-	53.64	-	-	-	113.82	167.46	0.1
14. Cuerpos de agua	118.40	10.30	43.71	91.04	6.25	8,618.39	94.41	4.81	1.62	3,134.07	12,123.00	8.4
15. Nieve permanente	52.62	2.94	99.91	-	14.06	93.54	-	30.46	-	31.18	324.71	0.2
16. Areas urbanas	-	-	-	-	-	38.34	-	3.21	-	6.24	47.79	0.0
<b>TOTALES</b>	<b>14,859.32</b>	<b>3,583.28</b>	<b>2,856.70</b>	<b>4,606.33</b>	<b>7,796.98</b>	<b>22,466.05</b>	<b>9,207.61</b>	<b>9,991.90</b>	<b>11,953.03</b>	<b>56,578.53</b>	<b>143,899.73</b>	

Fuente: Plan Director Binacional.

### 1.2 Incongruencias entre uso actual y capacidad de uso de las tierras

Si se comparan las cifras de capacidad de uso de las tierras de la región (véase la sección 3 del Capítulo 1) con las de uso actual, es posible detectar las siguientes incongruencias:

Las tierras aptas para cultivos y/o pastos (clases II a IV) suman un total de 44.692 km<sup>2</sup>, mientras que las tierras realmente ocupadas por estos usos llegan a 69.082 km<sup>2</sup>, lo que indica una sobreexplotación de 24.390 km<sup>2</sup>, o sea del 18,5% de las tierras de la región. Las tierras no arables aptas para cultivos permanentes y pastoreo extensivo de camélidos (clases V y VI) suman 28.063 km<sup>2</sup>, mientras que el 96,2% de los afloramientos rocosos (40.518 km<sup>2</sup>), más el 96,4% de los arenales y pedregales (6.161 km<sup>2</sup>), más las tierras salinas (3449 km), para un total de 50.128 km<sup>2</sup>, son utilizadas regularmente en pastoreo de camélidos y parcialmente en agricultura, lo que indica que en este caso también hay una sobreexplotación de cerca de 22.065 km<sup>2</sup>, equivalentes a un 16,7% de las tierras de la región. Lo anterior significa que por lo menos hay 46.455 km<sup>2</sup> explotados por encima de sus capacidades en el Sistema TDPS, los cuales representan más de la tercera parte (el 35,2%) de las tierras de la región.

En el otro extremo, apenas hay 4.249 km<sup>2</sup> de tierras con vegetación arbustiva y arbórea, cuando las tierras marginales y no aptas (clases VII y VIII), con excepción de los salares, suman 57.247 km<sup>2</sup>. En consecuencia, es sobre estos grupos de tierras marginales y no aptas que se lleva a cabo la sobreexplotación mencionada.

Esta sobreexplotación de sus recursos de suelos constituye uno de los problemas ambientales más graves del altiplano. Sin embargo, no se debe dejar de mencionar que las tierras explotadas en cultivos y pastos tienen una productividad muy baja, como consecuencia de los niveles tecnológicos rudimentarios bajo los cuales se explotan.

La baja productividad es una de las causas de la sobreexplotación mencionada, puesto que para mantener unos volúmenes de producción dados ha sido necesario tener una superficie agropecuaria muy alta. Con rendimientos mayores se podría obtener la misma o una mayor producción en una área mucho más reducida.

### 1.3 Degradación de los suelos

Los principales procesos de degradación de los suelos en el Sistema TDPS son la erosión, la salinización, la compactación y la pérdida de fertilidad. Todos ellos generan una disminución de la capacidad productiva de los suelos de la región.

#### 1.3.1 Erosión

Como consecuencia de la sobreexplotación del suelo en actividades agrosilvopastoriles, de la minería y de otras acciones antrópicas responsables de la denudación del suelo o del empobrecimiento de la cubierta vegetal, por un lado, y por otro de la acción de los agentes naturales (la lluvia, la sequía, el viento) sobre los suelos desprotegidos, los procesos erosivos han podido desarrollarse en gran medida en la región, generando un fuerte aporte de sedimentos a la red hidrográfica, que en buena medida es responsable de las inundaciones a lo largo de los principales ríos (por colmatación de sus lechos) y de la lenta sedimentación de sus depresiones y lagunas (véase la Figura 26).

#### Figura 26

El Cuadro 28 muestra la importancia de la erosión en las distintas cuencas y en la totalidad del TDPS. Se ha considerado sólo la erosión hídrica superficial y la erosión eólica, puesto que las demás formas de erosión (erosión glaciaria, movimientos en masa) son de poca significación en la región. No se ha separado la erosión de origen antrópico de la erosión geológica, dado que a este nivel tal separación es muy artificial, sobre todo si se tiene en cuenta que la región fue desprovista de su vegetación natural casi en su totalidad, mediante una acción antrópica continuada que lleva ya varios milenios de prácticas agropastoriles.

**Cuadro 28: EROSION DE TIERRAS EN EL SISTEMA TDPS (en km<sup>2</sup>)<sup>(a)</sup>**

Cuenca	Hídrica Superficial			Eólica			Total
	Ninguna o Ligera	Moderada	Severa	Muy Severa	Moderada	Severa	
Ramis	3.100	9.121	2.438	82			14.741
Huancané	689	2.306	578				3.573
Suchez	514	1.967	332				2.813
Coata	620	2.249	1.646				4.515

### Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

nave	380	3.723	3.688				7.791
Titicaca	1.670	6.882	5.282	14			13.848
A. Desaguadero	4.029	2.828	2.229	27			9.113
Mauri	543	729	8.634		81		9.987
M. Desaguadero	2.990	6.609		2.350		2	11.951
Poopó-Salares	28.245	8.408	11.380	382	4.717	313	53.445
Total	42.780	44.822	36.207	2.855	4.798	315	131.777
%	32,5	34,0	27,5	2,2	3,6	0,2	100,0

(a) Notas: Sin cuerpos de agua.

Fuente: Plan Director Binacional y elaboraciones propias

Se observa que:

La erosión hídrica superficial es el proceso predominante en toda la región. Su máxima expresión, las cárcavas o *badlands*, combinadas a veces con deslizamientos o derrumbes de los bordes de las cárcavas (erosión muy severa), cubre una superficie de 2.855 km<sup>2</sup>, equivalentes al 2,2% de las tierras del TDPS. Este nivel de erosión es particularmente importante en la cuenca del Medio Desaguadero, aunque también afecta pequeñas superficies de otras cuencas.

La erosión severa afecta cerca de 36.207 km<sup>2</sup>, que representan más de la cuarta parte de las tierras de la región (27,5%), y se caracteriza por procesos de escurrimiento difuso intenso y/o erosión laminar generalizados, con una alta frecuencia de escurrimiento concentrado en surcos y cárcavas, fenómenos éstos que han destruido el suelo en su mayor parte. Las cuencas más afectadas son las del Poopó-Salares, Mauri, Titicaca, llave, Ramis y Alto Desaguadero. En general, los procesos de erosión severa y muy severa están asociados a las unidades geomorfológicas de terraza degradada, colinas disectadas, montañas disectadas y meseta volcánica degradada.

La erosión moderada afecta un total de 44.822 km<sup>2</sup>, equivalentes a la tercera parte de la región (34%), y se caracteriza por procesos de escurrimiento difuso intenso y erosión laminar generalizados, con algunas cárcavas aisladas. Este nivel de erosión es particularmente importante en las cuencas del Ramis, Poopó-Salares, Titicaca y Medio Desaguadero. Este tipo de erosión se encuentra especialmente en las unidades de meseta volcánica, colinas, montañas y piedemontes no disectados.

Finalmente, las tierras con erosión ligera a nula ocupan un total de 42.780 km<sup>2</sup>, equivalentes a cerca de la tercera parte de la región (32,5%) y corresponden por lo general a las tierras planas de las llanuras y terrazas lacustres, salvo las depresiones con erosión eólica.

Por su parte, la erosión eólica, caracterizada por procesos de deflación y acumulación de poca magnitud, afecta una superficie de 4.798 km<sup>2</sup> (3,6% de las tierras de la región), localizadas en su casi totalidad en la cuenca del Poopó-Salares. Fenómenos eólicos de intensidad severa sólo se encuentran en unos 313 km<sup>2</sup> (0,2%) de esta misma cuenca y 22 km en la del Medio Desaguadero.

En relación con los procesos de erosión descritos, la sedimentación de cauces y depresiones también alcanza características preocupantes en algunas cuencas. El Cuadro 29 muestra los caudales sólidos promedios de los principales ríos del TDPS. Sintetiza el resultado de mediciones del caudal sólido que abarcan el período 1965-1989 para la cuenca del Desaguadero Aguas abajo de suconfluencia con el Río Mauri y el de 1960-1990 para los tributarios del Lago Titicaca.

Se observa que en la cuenca del Titicaca el río de mayor carga sólida es el Ramis, con un rendimiento de 606 t/km<sup>2</sup>/año. La cuenca más estable es la del llave, con 18 t/km<sup>2</sup>/año. Las cuencas más inestables están ubicadas en el sur del Sistema, si se considera que el rendimiento del Desaguadero en Ulloma alcanza 269 t/km<sup>2</sup>/año.

**Cuadro 29: CAUDAL SOLIDO DE LOS PRINCIPALES RIOS DEL SISTEMA TDPS**

Río-estación	Area de la cuenca (km <sup>2</sup> )	Caudal sólido (10 <sup>3</sup> t/año)	Rendimiento (t/km <sup>2</sup> /año)
Mauri	11.812	3.734	316
Mauri-Calacoto	9.875	140	14
Desaguadero-Ulloma	23.000	6.187	269
Suchez-Escoma	2.825	64	22
Huancané	3.540	103	29
Ilave	7.705	143	18
Coata	4.550	158	35
Ramis	14.700	606	41

Fuentes: Plan Director Binacional y elaboraciones propias.

#### 1.3.2 Salinización de suelos

### Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

La salinidad del Río Desaguadero crece desde su nacimiento hasta el Lago Poopó. Aguas arriba de La Joya alcanza valores entre 1 y 2 g/l, pero Aguas abajo puede llegar a más de 2 g/l.

En el Lago Poopó la salinidad llega hasta más de 100 g/l. Algunos afluentes del Desaguadero también pueden tener altas concentraciones salinas.

En consecuencia, el uso de las Aguas del Río Desaguadero para fines de riego puede presentar limitaciones local y temporalmente, por los peligros de salinización de suelos que conlleva. Por tanto, para cada proyecto específico, además de tener en cuenta la calidad del agua existente y su variabilidad en el tiempo, se deberá considerar el tipo de suelo, los cultivos a desarrollar, el drenaje y, en general, el manejo del agua de riego, pues de la conjunción de todos estos aspectos dependerá la viabilidad del proyecto.

De hecho, existen en la región cerca de 3.449 km<sup>2</sup> de tierras salinas, equivalentes al 2,4% de la superficie total de la región (2,6% de las tierras), las cuales están localizadas principalmente en las cuencas del Poopó-Salares y del Desaguadero, aunque también hay unos pocos km<sup>2</sup> en la cuenca del Titicaca (véase el Cuadro 27).

#### 1.3.3 Compactación de los suelos

La compactación de los suelos es debida especialmente al sobrepastoreo de ganado vacuno en las praderas de la puna. En efecto, el continuo pisoteo del ganado, además de destruir los pastos naturales, hace que el suelo pierda su estructura superficial y se compacte, dificultando el rebrote de la vegetación. No hay estudios específicos sobre el tema, aunque la gran superficie de las pasturas ralas (aproximadamente el doble de las pasturas densas en la región) puede ser un indicador de la degradación causada por la compactación y por la degradación de las pasturas a causa del sobrepastoreo. Se considera que los camélidos no causan compactación del suelo debido a su menor peso corporal, pero también a la forma y pequeño tamaño de las pezuñas, las cuales maltratan menos el pasto.

#### 1.3.4 Pérdida de fertilidad del suelo

Este parece ser un problema muy sentido, pues se menciona frecuentemente en la literatura. Se trata de un fenómeno natural que ocurre cuando un suelo es explotado en agricultura o ganadería, pues una parte de los nutrientes se va con las cosechas o los pastos aprovechados. Por esta razón, es necesario reponer periódicamente estos nutrientes exportados mediante la fertilización con abonos orgánicos o químicos. Ahora bien, el nivel tecnológico de la agricultura en el altiplano se caracteriza por un bajo uso de fertilizantes y agroquímicos, especialmente en las zonas más deprimidas o de microfundio, por lo cual la productividad es baja y decreciente.

El mayor uso de agroquímicos se da en el cultivo de aquellos productos alimenticios que tienen gran demanda en el mercado y está limitado a compuestos nitrogenados y fosforados (nitratos, fosfatos y urea). Sin embargo, preocupa la utilización de plaguicidas y herbicidas, algunos de los cuales son altamente tóxicos e incluso prohibidos en otros países, pero que se siguen utilizando en el área (caso del DDT). Además, existen problemas de manejo de los plaguicidas, debidos a desconocimiento del agricultor, entre ellos confusión en la elección y clasificación del producto a emplear, aplicación con frecuencias o en momentos inadecuados, manipulación sin las debidas precauciones para la salud y otras razones.

Por otra parte, las temperaturas normalmente bajas que imperan en el altiplano agravan el problema, pues la velocidad de descomposición de la materia orgánica es muy baja y, en consecuencia, la restitución de nutrientes también lo es. Por esta razón, en la agricultura tradicional, basada en abono orgánico, se debe dejar descansar el suelo por un tiempo suficiente para permitir que la materia orgánica agregada o remanente se descomponga y surta sus efectos sobre los cultivos. Si se desea obtener altos rendimientos y tener por lo menos un cultivo anual, es necesario aplicar periódicamente fertilizantes químicos, acompañados de abonos orgánicos de más rápida descomposición que los utilizados actualmente, tales como gallinaza, porcínaza u otros.

Sin embargo, el uso intensivo de fertilizantes y agrotóxicos puede generar problemas de contaminación de las fuentes de agua cercanas, por lo cual es necesario que los futuros proyectos de agricultura intensiva se seleccionen y planifiquen cuidadosamente y, además, que se acompañen de una reglamentación adecuada sobre uso de agrotóxicos.

#### 1.4 Uso del suelo urbano

De acuerdo con los datos del Cuadro 27, la superficie urbanizada dentro del Sistema TDPS es de unos 38 km<sup>2</sup>, que representan menos del 0,1 % de la región. Las principales áreas urbanizadas corresponden a las ciudades de Juliaca y Puno, en Perú, y El Alto y Oruro, en Bolivia. Aunque desde el punto de vista de la superficie ocupada la proporción de los asentamientos urbanos es despreciable a nivel de todo el Sistema, su importancia desde el punto de vista socioeconómico es muy grande, ya que estas ciudades constituyen los polos de desarrollo de esta gran región, en los cuales se comercializa o consume la producción agropecuaria del altiplano y se organiza la distribución de los bienes y servicios de todo orden que mueven su vida económica. Son además centros de atracción de la migración rural, la cual, como se anotó anteriormente (sección 1.3 del Capítulo 2), tiene una importancia considerable en la región y es la principal responsable del crecimiento acelerado de la ciudad de El Alto.

No obstante, las condiciones en que se da la migración, y sobre todo las características socioeconómicas de los migrantes, hacen que en todas estas ciudades los procesos de crecimiento sean desorganizados y descapitalizados, no sujetables a planes directores, de modo que grandes sectores de estas ciudades presenten condiciones críticas en materia de vivienda y carencias de servicios públicos básicos, especialmente de acueducto y alcantarillado (véase la sección 1.6 del Capítulo 2).

Por otra parte, los centros urbanos constituyen importantes focos de impactos ambientales para el Sistema a causa de los grandes volúmenes de residuos líquidos y sólidos que generan y del avance desordenado sobre el medio rural adyacente. Así, por ejemplo, la bahía interior de Puno ha sido contaminada severamente por las Aguas negras de esta ciudad; lo mismo ocurre con el Lago Uru Uru a causa de las Aguas negras de Oruro; los ríos Coata y Seco (cuenca del Catari), afluentes del Titicaca, reciben las descargas de Aguas negras de las ciudades de Juliaca y El Alto respectivamente (de esta última en forma parcial). La disposición de residuos sólidos de estos centros urbanos se hace además a cielo abierto, contaminando el suelo, las aguas subterráneas y superficiales y el aire.

## 2. Recursos hídricos

### 2.1 Usos actuales del agua superficial

Los usos actuales de las aguas superficiales son sobre todo de dos tipos: doméstico y agrícola.

#### Cuadro 30: USO ACTUAL DE AGUA EN EL SISTEMA TDPS (l/s)

Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

Tipo de uso y sector	Agua Superficial	Agua Subterránea	Total Uso	Consumo Neto <sup>(a)</sup>
<i>Doméstico</i>	1.210	912	2.122	424
Perú	849	151	1.000	200
Puno	25	151 (b)	176	35
Juliaca	300		300	60
Otros urbanos	334 (c)		334	67
Rurales	190 (c)		190	38
Bolivia	361	761	1.122	224
El Alto	51	382	433	86
Oruro	34	379	413	82
Otros urbanos	133 (c)		133	27
Rurales	143 (c)		143	29
<i>Riego</i>	7.294	85	7.379	5534
Perú	2.800	85	2.885	2.164
Bolivia	4.494		4.494	3.370
<i>Otros</i>	1.000		1.000	200
Perú (d)	410		410	82
Bolivia (d)	590		590	118
Gran total	9.504	997	10.501	6.158
Perú	4.059	236	4.295	2.446
Bolivia	5.445	761	6.206	3.712

(a) Pérdida real para el sistema.

(b) Estimado.

(c) Asumido suministro superficial.

(d) Estimado con base en proporción Perú/Bolivia de usos domésticos y de riego (40,6% y 59,4%).

### 2.1.1 Uso doméstico

El consumo actual de agua de los principales centros urbanos del altiplano se estima en 1.322 l/s, de los cuales 410 de aguas superficiales y 912 de aguas subterráneas, distribuidos como se muestra en el Cuadro 30. Si se asume un consumo per cápita medio de 153 l/hab.día en Juliaca, El Alto y Oruro, el consumo del resto de población urbana de la región se puede estimar en unos 467 l/s. En total, el consumo urbano doméstico es del orden de 1.789 l/s.

No hay datos sobre el consumo rural, aunque si se asume un consumo unitario de 25 l/hab.día, el mismo se puede estimar en unos 333 l/s.

El consumo doméstico total de agua en toda la región es entonces de cerca de 2.122 l/s: 1.000 en Perú y 1.122 en Bolivia. No obstante, este consumo no se puede considerar como una pérdida real, puesto que la casi totalidad del mismo (cerca del 80%) retoma al sistema bajo la forma de aguas negras.

### 2.1.2 Uso agrícola

De acuerdo con los estudios del Plan Director, en la actualidad hay unas 19.444 hectáreas bajo riego en el Sistema TDPS, de las cuales 8.484 están en el sector peruano y 10.960 en el boliviano. Si se asumen módulos medios anuales de 0,34 l/s.ha para el sector peruano y 0,41 l/s. ha para el sector boliviano, resultantes de dividir la demanda total estimada de agua por la superficie total de los proyectos de riego inventariados, existentes y propuestos, con estimaciones de la demanda de agua (1.662,51 y 1.041,13 hm<sup>3</sup>/año y 153.908 y 80.250 ha para Perú y Bolivia respectivamente), el uso actual de agua para riego se puede estimar en 7.379 l/s, de los cuales 2.885 en Perú y 4.494 en Bolivia. La mayor parte del agua utilizada proviene de fuentes superficiales. Al contrario del uso doméstico, el agua de riego sí constituye una pérdida para el sistema hídrico, puesto que en su mayor parte pasa a la atmósfera mediante los procesos de evaporación y transpiración (se considera que el retomo al sistema es de apenas el 25%, o sea que el consumo real es el 75% de los caudales utilizados).

### 2.1.3 Otros usos

Otros usos del agua existentes dentro de la región son el industrial, el minero y el consumo animal (abrevaderos). Para las industrias ubicadas al interior o cerca del perímetro urbano de las ciudades, su consumo forma parte del de la ciudad. Para el resto de las industrias (muy pocas) y para las minas, no se cuenta con estadísticas de consumo hídrico, aunque se estima que no es significativo. Dados el clima de la cuenca y el



### Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

tipo de ganadería existente, el consumo por abrevaderos de ganado no debe superar los 100 l/s. Para los fines del presente informe, el caudal utilizado por estos aspectos se puede situar en un máximo de 1 m<sup>3</sup>/s, correspondiente sobre todo a las plantas de cemento y a las instalaciones de fundición de metales existentes en Perú y, especialmente, en la zona de Oruro (Bolivia). En todos estos casos se puede considerar que el retomo al sistema es igual al del consumo doméstico (80%), si bien las descargas tienen por lo general un alto nivel de contaminación.

#### 2.1.4 Uso total

En resumen, el volumen total de agua utilizada al interior del Sistema TDPS se puede situar alrededor de 10,5 m<sup>3</sup>/s, repartidos como se muestra en la tercera columna del Cuadro 31.

### 2.2 Presiones y conflictos sobre las aguas superficiales

Las principales presiones sobre los recursos hídricos del Sistema TDPS tienen con ver con las necesidades de trasvase hacia los vecinos departamentos de Arequipa y Tacna, en Perú, y la demanda de agua para nuevos proyectos de riego.

#### 2.2.1 Trasvases de agua

Perú ha planteado la necesidad de trasvasar aguas de la cuenca del Titicaca hacia los vecinos departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna, los cuales conforman una de las zonas económicamente más importantes del sur del país, cuyo desarrollo se ha visto frenado por la falta de agua y energía. Esta situación viene limitando seriamente el impulso de los planes de inversión y expansión de las zonas francas de Tacna e Ilo y de la propia zona franca de Bolivia, así como los proyectos de desarrollo agrícola. La insuficiencia de agua hace que, en las épocas secas, sea necesario racionar severamente el agua y la energía en dichas ciudades, a pesar del trasvase de Ushusuma (afluente del sistema Mauri-Desaguadero) y de la zona de bombeo de Ayuro.

Dado que la zona de Arequipa cuenta con un complejo de aprovechamiento del Río Chili (embalses y centrales hidroeléctricas) y la zona de Tacna también dispone de un sistema de aprovechamiento de los recursos hídricos de las cuencas de los ríos Locumba y Caplina, dentro del cual la Laguna Aricota desempeña un papel muy importante, aunque su excesivo y obligado uso ha reducido su volumen durante los últimos 25 años de 804 a 45x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> se ha propuesto trasvasar agua del Sistema TDPS hacia estas cuencas, mediante la ejecución de los siguientes proyectos:

*Proyecto Kovire*, destinado a afianzar la Laguna Aricota y las cuencas de los ríos Caplina y Locumba, mediante la derivación de recursos hídricos de algunas cabeceras del llave, mediante una serie de obras civiles y electromecánicas, las cuales convergerán en el Túnel Kovire (en construcción), de 8,2 km de longitud. Este proyecto pretende desviar 1,9 m<sup>3</sup>/s en una primera etapa y 6,0 m<sup>3</sup>/s en una segunda etapa, para un total de 7,9 m<sup>3</sup>/s.

*Proyecto de afianzamiento hídrico del Río Chili*, mediante la desviación de 1,8 m<sup>3</sup>/s de las cabeceras del Río Ramis, y de 3,6 m<sup>3</sup>/s de las cabeceras del Río Cabanillas (afluente del Río Coata), para un total de 5,4 m<sup>3</sup>/s.

*Proyecto Vilavilani*, destinado a afianzar el sistema Caplina-Moquegua-Aricota, mediante la desviación ulterior de 2,3 m<sup>3</sup>/s de las cabeceras del llave (Río Huenque).

En la cuenca del Río Desaguadero también se ha propuesto la alternativa de desviar hacia la vertiente occidental peruana de la Cordillera Occidental unos 2,9 m<sup>3</sup>/s de las cabeceras del Río Mauri. En el sector boliviano, se ha propuesto igualmente el trasvase de unos 0,80 m<sup>3</sup>/s de los ríos Catari, Condoriri y Huayna Potosí (SE del Lago Titicaca) hacia el Río Choqueyapu, con el fin de aumentar las disponibilidades de agua para el acueducto de La Paz.

#### [Figura 27](#)

En total, la demanda de agua para trasvase hacia cuencas peruanas es de 18,5 m<sup>3</sup>/s (15,6 de la cuenca del Titicaca y 2,9 de la cuenca del Desaguadero), mientras que hacia otras cuencas bolivianas es de 0,80 m<sup>3</sup>/s del Titicaca, para un gran total de 19,3 m<sup>3</sup>/s. La Figura 27 muestra la localización general de los proyectos de trasvase identificados.

#### 2.2.2 Demanda de agua para riego

Los estudios del Plan Director Binacional identificaron 50 proyectos de riego (véase la Figura 28), de los cuales 29 están en el sector peruano y 21 en el boliviano, con un área total beneficiada de 285.117 hectáreas. El cuadro 31 muestra las principales características de dichos proyectos.

En el sector de Perú, los 29 proyectos inventariados suman un área beneficiada de 202.867 ha, de las cuales 202.417 (28 proyectos) están en la cuenca del Titicaca y 450 (1 proyecto) en la del Desaguadero. De ellos, 18 se encuentran en funcionamiento parcial intermitente (véase el Cuadro 32), con un área total irrigada de 8.484 ha y 44.047 familias beneficiadas, y otros 4 se encuentran en ejecución.

En el sector de Bolivia, los 21 proyectos inventariados suman un área total de 82.250 ha, de las cuales 19.370 (6 proyectos) en la cuenca del Titicaca y 62.880 (15 proyectos) en del Desaguadero. De ellos, 7 se encuentran en funcionamiento parcial (véase Cuadro 33), con un área total de 10.960 ha y 4.033 familias beneficiadas.

Los sistemas tradicionales de riego e incluso algunos sistemas con obras de proyecto padecen de fallas en su conservación y mantenimiento, por lo cual sus eficiencias de conducción, distribución y aplicación a nivel de parcela son muy bajas.

El Cuadro 34 resume las demandas de agua de riego para la totalidad de los proyectos inventariados, incluidos los proyectos en funcionamiento. En total, la demanda bruta es de 102,7 m<sup>3</sup>/s, con un consumo neto de 77,0 m<sup>3</sup>/s (asumiendo un retorno al Sistema del 25%).

### 2.3 Principales problemas detectados

Los principales problemas detectados se refieren a las inadecuaciones entre la demanda y la oferta de recursos hídricos, a la irregularidad de las lluvias y caudales (sequías e inundaciones) y a la degradación de los recursos causada por las descargas de aguas residuales domésticas e industriales y el drenaje de las minas. Dado el bajo nivel de uso de herbicidas y plaguicidas agrícolas, se considera que la contaminación causada

### 2.3.1 Inadecuación entre oferta y demanda de recursos hídricos

Las demandas potenciales de agua en el Sistema TDPS, ascienden a 125,11 m<sup>3</sup>/s, estimándose el consumo neto en 96,94 m<sup>3</sup>/s. La distribución de esta demanda se muestra en el Cuadro 35.

**Figura 28**

**Cuadro 31 PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS PROYECTOS DE RIEGO INVENTARIADOS**

COD.	NOMBRE DEL PROYECTO	CUENCA	AREA POTENCIAL (ha)	FAMILIAS BENEFIC. N°	FUENTE DE AGUA	CAUDAL ABAST. DE AGUA	TIPO DE CAPTACION	METODO DE RIEGO	DEMANDADA ESTIMADA (10 6m3/año)	COMPONENTES PRINCIPALES DE OBRA DEL PROYECTO
PERU										
P-1	Asillo	Ramis.	10800	1820	SUPERFICIAL	SIN RES.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	119.00	BOC.+SIF+V.R.+CENT.HID+CP.+CL+DPS+OA
P-2	Taraco	Ramis	1600	812	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	18.80	ESTAC.DE BOMBEO+CP+CL
P-3	Pirapi	Titicaca	310	812	SUPERFICIAL	CON REG.	BOMBEO	GRAVEDAD	3.60	CP+CS
P-4	Huataquita	Coata	800	220	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	9.00	BOC+CP+COMP+ACUED+TOM.LAT+OA+SD
P-5	Cabanillas	Coata	1200	400	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	13.20	BOC+CP+CL+OA
P-6	Proyecto de irrig. integral de Lagunillas	Coata	66659	4650	SUPERFICIAL	CON REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	733.30	EMBAL+PRE+RIO GAB+6 SRD INDEP
P-7	Cantería	Coata	2077	410	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	24.20	BOC+CP+CL+SD
P-6	Cabana	Coata	7540	1500	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	53.00	BOC+CP+CL+SD
P-9	Illpa	Ilpa	6007	1200	SUPERFICIAL	CON REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	66.10	SIST. REG+SIST+RIEG PRINC+SIST+RIEG SECUND.
P-10	Proyecto de irrig integral Huenque- Ilave	Ilave	26660	7880	SUPERFICIAL	SIN Y CON REG.	BOMB.Y GRAV.	GRAVEDAD	293.30	OBRAS RIEGO CON Y SIN REGULACION
P-11	Pilcuyo	Ilave	2715	300	SUPERFICIAL	SIN REG.	BOMBEO	GRAVEDAD	23.00	ESTAC.DE BOMBEO+CP+CL+SD
P-12	Camicachi	Ilave	4700	1500	SUPERFICIAL	SIN REG.	BOMBEO	GRAVEDAD	54.00	ESTAC.DE BOMBEO+CP+CL+SD
P-13	Chuquibambilla	Ramis	12000	5000	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	132.00	BOC+CP+CS+SD
P-14	Llalli	Ramis	240	33	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	2.80	BOC+CP+CS
P-15	Orurillo	Ramis	1500	275	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	17.00	BOC+CP
P-16	Azángaro	Azángaro	2500	729	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	29,00	BOC+CP
P-17	Arapa	Azángaro	23122	5200	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD		CP+CS+SRD
P-18	Pucara	Ramis	25837	5000	SUP. y SUBTERR.	SIN REO.	BOMB. Y SRAV.	GRAVEDAD		BOC+CP+CS+SD
P-19	Collini	Collini	90	40	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	0.40	BOC+CP
P-20	Ccotos	Titicaca	200	90	SUPERFICIAL	CON REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	2 30	ESTAC. DE BOMBEO+CP+CL
P-21	Quilca	Ticani	450	87	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	5 25	BOC+CP
P-22	Chajana	Ilave	300	90	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	1.03	BOC+CP+CS
P-23	Ccallacame	Ccallacame	1000	500	SUPERFICIAL	SIN RIEG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	11.60	BOC+CP
P-24	Soras	Ayaviri	500	200	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	5 83	BOC+CP+CL
P-25	Coroca	Azángaro	190	83	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	2.20	BOC+CP+CL
P-26	Ichu	Ilave	200	100	SUBTERRANEA	BOMBEO	POZO TUB.	GRAVEDAD	2.20	POZO TUB EQUIP CP

Capitulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

P-27	Programa de perforación y equipamiento de 80 pozos tubulares para riego en Puno	Coat/Ram/Ilav/Patac.	3500	2334	SUBTERRANEA	BOMBEO	POZO TUB.	GRAV.Y ASPER	38.50	POZO TUB EQUIP+SRD
p-28	Oray Jaran	Coata	90	90	SUBTERRANEA	BOMBEO	POZO TUB.	GRAVEDAD	1.00	POZO TUB EQUIP+POZA DISIP+CP
p-29	Pampa De Suchis	Coata	80	50	SUBTERRANEA	BOMBEO	POZO TUB.	GRAVEDAD	0 90	POZO TUB EQUIP+POZA DISIP*CP
		Subtotal	202867						1,662.51	

Notas: BOC. BOCATOMA  
 CP: CANAL PRINCIPAL  
 CS: CANAL SECUNDARIO  
 CL: CANAL LATERAL  
 CENT.HID; CENTRAL HIDROELECTRICA  
 DPS: DRENES PRINCIPALES SECUNDARIOS  
 SRD: SISTEMA DE RIEGO Y DRENAJE  
 PRESA DERIV.: PRESA DERIVADORA  
 COMP.: COMPUERTA  
 ACUED.: ACUEDUCTOS  
 EMB.: EMBALSE  
 CAP.: CAPTACION  
 SD: SISTEMA DE DRENAJE  
 OA: OBRAS DE ARTE  
 VERT.: VERTEDERO

COD.	NOMBRE DEL PROYECTO	CUENCA	AREA POTENCIAL	FAMILIAS BENEFIC.	FUENTE DE AGUA	CAUDAL ABAST.	TIPO DE CAPTACION	METODO DE RIEGO	DEMANDA ESTIMADA	COMPONENTES PRINCIPALES
B-1	Tacagua	Poopó/Coipasa	6000		SUPERFICIAL	CON REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	78.0	REPR.+VERT.+CC+CD
B-2	Huancaroma	Desaguadero	800		SUPERFICIAL	CON REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	8.8	REPR.+VERT.+CC+CD
B-3	Huarina-Peñas (Khara-Khota)	Titicaca	3800	1800	SUPERFICIAL	CON REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	49.4	PRESA TIERRA+PRESA DERIV.+CP(2)+CD
B-4	Patamanta-Palcoco	Catari	3500	1320	SUPERFICIAL	CON REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	45.5	OBRA TOMA +CP+CS
B-5	Paria	Poopó/Coipasa	500	300	SUP Y SUBTERR.	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	6.5	MEJOR OBRA TOMA+DESAR+CP+CD+POZO EQU
M	Chilahuala-Rio-Desaguadero	Desaguadero	36000	7000	SUPERFICIAL	CON REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	438.0	PRESA+REPRES.DERIV.+CC+CD+SO
B-7	El Choro	Poopó/Coipasa	10600	2300	SUPERFICIAL	REG. COMPUERT.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	138.0	OBRAREG.COMPUERTA+OBRA TOMA+CP+CD
B-8	Escoma (Suchez-aguas abajo)	Suchez	730	430	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	9.5	CAPT.+CONDUCT+DIST+DRENAJE
B-9	Escoma (Suchez-aguas arriba)	Suchez	500	300	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	5.5	CAPT.+CONDUCT+DIST.+DRENAJE
B-10	Taraco	Titicaca	4000	3000	SUPERF. TITICACA	BOMBEO	BOMBEO	GRAVEDAD	52.0	ESTAC.BOMBEO+EST.REBOM+CC+CD
B-11	Mauri	Mauri	300	50	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD		TOMA DIRECT.+DESAR.+CC+CD
B-12	Río Blanco	Mauri	100	50	SUPERFICIAL	CON REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD		PRESA+VERT.EXC+OBR.DERV.+CC+CD+OA
B-13	Junthuta	Poopó/Coipasa	180	60	SUPERFICIAL	CON REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	2.4	PRESA+VERT.EXC+CP+CS+SD
B-14	Condoriri	Poopó/Coipasa	1200	500	SUPERFICIAL	CON REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	15.6	PRESA+VERT.EXC+OBR.DERV.+CC+CD+OA
B-15	Lequepalca	Poopó/Coipasa	300	100	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	3.9	OBRA TOMA+CP+CS
B-16	Burguillos	Desaguadero	1000	72	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD		BOC+CC+SD

Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

B-17	Tres Cruces	Desaguadero	600	116	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD		BOC+CC+SD
B-18	Lauca	Poopó/Coipasa	2500	380	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	32.5	MICRO PRESA+OBRA DER.+CC+CD
B-19	Todos Santos	Poopó/Coipasa	2500	600	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	32.5	MICRO PRESA+OBRA DER.+CC+CO
B-20	San Pedro de Condo	Poopó/Coipasa	300	300	SUPERFICIAL	SIN REG.	GRAVEDAD	GRAVEDAD	4.0	QALERE.FILT.+DESAR.+CC+CD+SD
B-21	Proyecto de desarrollo de los recursos de aguas subterráneas en el Altiplano	Titicaca/Catari	6840		SUBTERRANEA	BOMBEO	POZO TUB.	GRAVEDAD	89.0	POZO EQUIP.+CC+CD
		Poopó/Coipasa								
		SUBTOTAL:	82250					SUBTOTAL	1,041.1	

Notas: BOC. BOCATOMA  
 CP: CANAL PRINCIPAL  
 CS: CANAL SECUNDARIO  
 CD: CANAL DE DERIVACION  
 CENT.HID; CENTRAL HIDROELECTRICA  
 DPS: DRENES PRINCIPALES SECUNDARIOS  
 SRD: SISTEMA DE RIEGO Y DRENAJE  
 PRESA DERIV.: PRESA DERIVADORA  
 ESTAC. BOMBEO: ESTACION DE BOMBEO  
 COMP.: COMPUERTA  
 ACUED.; ACUEDUCTOS  
 EMB.: EMBALSE  
 CAP.: CAPTACION  
 CC.: CANAL DE CONDUCCION  
 SD: SISTEMA DE DRENAJE  
 VR: VASO REGULADOR  
 OA: OBRAS DE ARTE  
 REPR.: REPRESA  
 VERT.: VERTEDERO

**Cuadro 32: SITUACION DE LOS PRINCIPALES PROYECTOS DE RIEGO INVENTARIADOS**

COD		Cuenca	Area Potencial (ha)	Situación Actual		
				Estado	Area Irrigada (ha)	Nº Familias Beneficiadas
<i>Perú</i>						
P-1	Asillo	Ramis	10800	Func. parcial	3000	1820
P-2	Taraco	Ramis	1600	Func. intermit.	300	
P-3	Pirapi	Titicaca	310	Func. parcial	310	812
P-4	Huataquita	Coata	800	Func. parcial	300	83
P-5	Cabanillas	Coata	1200	Func. parcial	400	133
P-6	Proyecto de irrig. integral de Lagunillas	Coata	66659	Ejec. de obras	-	40000
P-7	Cantería	Coata	2077	Func. parcial	900	180
P-8	Cabana	Coata	7540	Estudio Factibilidad	-	-
P-9	Hipa	Hipa	6007	En ejecución	-	
P-10	Proyecto de irrig integral Huenque-Ilave	Ilave	26660	En ejecución	-	
P-11	Pilcuyo	Ilave	2715	Func. parcial		
P-12	Camicachi	Ilave	4700			
P-13	Chuquibambilla	Ramis	12000	Func. parcial	1359	350
P-14	Llalli	Ramis	240	Func. parcial	240	33
P-15	Orurillo	Ramis	1500	A nivel de estudio		

Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

P-16	Azangaro	Azángaro	2500	Func. parcial	200	60
P-17	Arapa	Azángaro	23122	Reconocimiento		
P-18	Pucara	Ramis	25837	Reconocimiento		
P-19	Collini	Collini	90	Func. parcial	90	40
P-20	Ccotos	Titicaca	200	Func. intermit.	200	90
P-21	Quilca	Ticani	450	Func. parcial	450	87
P-22	Chajana	Ilave	300			
P-23	Ccallacame	Ccallacame	1000	A nivel de estudio		
P-24	Soras	Ayaviri	500	Func. parcial	300	100
P-25	Coroca	Azángaro	190	Func. parcial	190	83
p-26	Ichu	Ilave	200	Inoperativo		
p-27	Programa de perforación y equipamiento de 80 pozos tubulares para riego en Puno	Coat/Ram/ Ilav/Patac.	3500	En ejec.-func.parcial	160	106
p-28	Oray Jaran	Coata	90	Func. parcial	45	45
p-29	Pampa De Suchis	Coata	80	Func. parcial	40	25
		Subtotal	202867	Subtotal	8484	4407

Fuente: Plan Director Binacional.

**Cuadro 33: SITUACION DE LOS PRINCIPALES PROYECTOS DE RIEGO INVENTARIADOS-BOLIVIA**

COD.	Nombre del Proyecto	Cuenca	Area Potencial	Estado	Area Irrigada (ha)	No. Familias Beneficiadas	Observaciones
<i>Tacagua</i>							
B-1	Tacagua	Poopó/Coipasa	6.000	En Funcionamiento	4.200	812	Func. con obras del proyecto existente
B-2	Huancaroma	Desaguadero	800	En Funcionamiento	800		Func. con obras del proyecto
B-3	Huarina-Peñas (Khara-Khota)	Titicaca	3.800	En Funcionamiento	2.800	1.800	Func. con obras del proyecto
B-4	Patamanta-Palcoco	Catari	3.500	Perf. Proyecto	2.700	1.018	Func. con obras del proyecto existente
B-5	Paría	Poopó/Coipasa	500	Perf. Proyecto	300	180	Func. Sist. Riego Tradicional (Rústico)
B-6	Chilahuala-Río-Desaguadero	Desaguadero	36.000	Estudio Factibilidad	.		Func. Sist. Riego Tradicional (Rústico)
B-7	El Choro	Poopó/Coipasa	10.600	Estudio Factibilidad	-		
B-8	Escoma (Súchez-aguas abajo)	Súchez	730	Estudio de Prefactibilidad	-		
B-9	Escoma (Súchez-aguas arriba)	Súchez	500	Perf. Proyecto	60	42	Func. Sist. Riego Tradicional (Rústico)
B-10	Taraco	Titicaca	4.000	Perf. Proyecto	-		
B-11	Mauri	Mauri	300	Perf. Proyecto	100	40	Func. Sist. Riego Tradicional (Rústico)
B-12	Río Blanco	Mauri	100	Perf. Proyecto	-		
B-13	Junthuta	Poopó/Coipasa	180	Estudio Factibilidad	-		
B-14	Condoriri	Poopó/Coipasa	1.200	Estudio de Prefactibilidad	-	25	Func. microsist. riego U.T.O.
B-15	Lequepalca	Poopó/Coipasa	300	Estudio de Prefactibilidad	-	100	Func. Sist. Riego Tradicional (Rústico)
B-16	Burguillos	Desaguadero	1.000	Idea de Proyecto	-		
B-17	Tres Cruces	Desaguadero	600	Idea de Proyecto	-		
B-18	Lauca	Poopó/Coipasa	2.500	Idea de Proyecto	-	43	Func. Sist. Riego Tradicional (Rústico)
B-19	Todos Santos	Poopó/Coipasa	2.500	Perf. Proyecto	-		
B-20	San Pedro de Condo	Poopó/Coipasa	300	Perf. Proyecto	-	40	Func. con galería filtrante y obras de
B-21	Proyecto de desarrollo de los recursos	Titicaca/Catan	6.840		-		riego rústicas
	de aguas subterráneas del Altiplano	Poopó/Coipasa					
		Subtotal	82.250		10.960	4.100	

**Cuadro 34: RESUMEN DE LA DEMANDA DE AGUA PARA RIEGO EN EL SISTEMA TDPS**

Cuenca y País	Proyectos	Area Riego (ha)	Demanda Bruta (m <sup>3</sup> /s)	Consumo (m <sup>3</sup> /s)
<i>Titicaca</i>	34	221.787	76,76	57,57
Bolivia	6	19.370	7,94	5,96
Perú	28	202.417	68,82	51,61
<i>Desaguadero</i>	16	63.330	25,93	19,45
Bolivia	15	62.880	25,78	19,34
Perú	1	450	0,15	0,11
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>285.117</b>	<b>102,69</b>	<b>77,02</b>

Fuente: Plan Director Binacional y elaboraciones propias.

**Cuadro 35: RESUMEN GENERAL DE DEMANDAS DE AGUA EN EL SISTEMA TDPS (en m<sup>3</sup>/s)**

Usos	Titicaca			Desaguadero			TDPS
	Bolivia	Perú	Total	Bolivia	Perú	Total	Total
<i>Domestico</i>							
Demanda	0,51	1,00	1,51	0,61	-	0,61	2,12
Consumo	0,10	0,20	0,30	0,12	-	0,12	0,42
<i>Trasvases</i>	0,80	15,60	16,40	-	2,90	2,90	19,30
<i>Riego</i>							
Demanda	7,94	68,82	76,76	25,78	0,15	25,93	102,69
Consumo	5,96	51,61	57,57	19,34	0,11	19,45	77,02
<i>Otros</i>							
Demanda	0,29	0,41	0,70	0,30	-	0,30	1,00
Consumo	0,06	0,08	0,14	0,06	-	0,06	0,20
<b>Total</b>							
Demanda	9,54	85,83	95,37	26,69	3,05	29,74	125,11
Consumo	6,92	67,49	74,41	19,52	3,01	22,53	96,94

Fuente: Plan Director Binacional y elaboraciones propias.

## Figura 29

### • Cuenca del Lago Titicaca

En el caso de la cuenca del Titicaca, la demanda total se estima en 95,37 m<sup>3</sup>/s, con un consumo neto de 74,41 m<sup>3</sup>/s. Ahora bien, aunque los aportes al lago por sus afluentes se estiman en 201 m<sup>3</sup>/s, la realidad es que no es posible utilizar todo este caudal, pues la mayor parte del mismo se consume en el mantenimiento del propio lago. La salida neta por el Desaguadero, que es un indicador del rendimiento total de la cuenca, es apenas de 35 m<sup>3</sup>/s. Este caudal tampoco puede utilizarse en su totalidad, pues la fluctuación de nivel se acentuaría, dando como resultado niveles mínimos más bajos que los históricos.

En consecuencia, el principal factor limitante de la explotación de los recursos hídricos no será la falta de agua en las cuencas, sino las restricciones impuestas por los niveles del Lago Titicaca y por la propia supervivencia del mismo. Los estudios de simulación efectuados dentro del marco del Plan Director Binacional han demostrado que el caudal potencialmente utilizable en la cuenca del Titicaca podría estar de 20 a 25 m<sup>3</sup>/s. Las curvas de la Figura 29 muestran el comportamiento de los niveles medios y mínimos del lago según diferentes frecuencias de aparición y para diferentes extracciones (base de análisis: 15, 20 y 25 m<sup>3</sup>/s). Se ha definido como nivel mínimo en el Lago Titicaca para la protección de los recursos hidrobiológicos la cota 3.808,25 msnm. Ahora bien, las curvas presentadas indican que los niveles medios se verán poco afectados por las extracciones y que siempre respetarían esta restricción (3.808,42 msnm con frecuencia de aparición del 98% para extracción de 25 m<sup>3</sup>/s). No así los niveles mínimos, los cuales son inferiores a dicho nivel de referencia aun bajo condiciones naturales.

Además, las diferencias entre las distintas alternativas de extracción no son muy grandes (entre 5 y 16 cm para extracciones de 20 y 25 m<sup>3</sup>/s) por lo cual la decisión entre los posibles niveles de extracción debe considerar otras variables. Por ejemplo la extracción de 20 m<sup>3</sup>/s (con garantía del 82%) requeriría la confirmación de que la mayor parte de los aportes del Desaguadero entre Puente Internacional y Calacoto provienen de los tributarios en este sector; la extracción de 25 m<sup>3</sup>/s (con garantía del 75%) requeriría además la confirmación de que la precipitación no varía con los niveles, así como el afinamiento del balance hídrico del lago.

### Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

Lo anterior obliga a seleccionar cuidadosamente los proyectos a desarrollar, entre el gran abanico de posibilidades existentes, tarea que debe ser la prioridad de los dos gobiernos, por medio de sus equipos técnicos. Esta selección debe realizarse con base en análisis multicriterio, que tome en cuenta aspectos económicos, demográficos, sociales, de mercado, ambientales, de riesgo y otros.

#### • Cuenca del Desaguadero

La demanda total en la cuenca del Desaguadero se ha estimado en 29,74 m<sup>3</sup>/s, con un consumo neto de 22,53 m<sup>3</sup>/s. Dado que existen en la cuenca, aguas abajo de Aguallamaya, recursos adicionales no regulados significativos (51,9 m<sup>3</sup>/s en Calacoto, 77,1 m<sup>3</sup>/s en Ulloma y 89 m<sup>3</sup>/s en Chuquiña), su variabilidad anual y plurianual que tienen impide la satisfacción garantizada de las demandas sin regulación. Esta regulación deberá ser hecha a partir de los caudales extraídos del lago y a partir de posibles obras de regulación construidas en la propia cuenca del Desaguadero. Para ello existen varias alternativas, entre las cuales la del embalse de Sankata sobre el Río Blanco, afluente del sistema Achuta-Mauri, es una de las más indicadas. Este embalse podría regular hasta 3,75 m<sup>3</sup>/s con una capacidad de 165x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>.

Para satisfacer de las demandas consideradas en el eje Desaguadero (incluyendo la preservación de las lagunas Soledad y Uní Uru) con garantías aceptables y utilizando al máximo los recursos no regulables existentes, será necesario contar con un caudal nominal promedio del Lago Titicaca de 9 m<sup>3</sup>/s (sin Sankata) o de 8 m<sup>3</sup>/s (con Sankata).

En la ejecución de los proyectos de riego debe tenerse en cuenta los caudales necesarios para la conservación de los lagos, los cuales han sido definidos así:

*Lago Poopó:* Para mantener una explotación sostenible, como la lograda en los años 1987-1991, con niveles entre 3.686 y 3.687 msnm, se requeriría un caudal promedio anual de 68,5m<sup>3</sup>/s. El nivel mínimo de supervivencia del lago, en condiciones extremadamente precarias, se ha estimado en 3.684,5 msnm, para cuyo mantenimiento se requiere un caudal de 38 m<sup>3</sup>/s.

*Lago Uru Uru:* El nivel normal de explotación de este lago estaría entre las cotas 3.696,5 y 3.697,0 msnm, a las que correspondería un caudal de 4,4 m<sup>3</sup>/s, pues el nivel máximo está limitado por la presencia de la laguna de aguas negras de la ciudad de Oruro.

*Laguna Soledad:* el nivel mínimo de supervivencia (considerando 2 m de profundidad) sería de 3.710,30 msnm, el cual podría ser mantenido con un caudal de 3,65 m<sup>3</sup>/s. Los niveles de explotación normales estarían entre las cotas 3.710,5 y 3.711,0 msnm, a las que correspondería un caudal de 4,4 m<sup>3</sup>/s.

Sin embargo, en los casos de los lagos Uru Uru y Soledad es necesario aportar caudales suplementarios para mantener la calidad del agua; la sola compensación de los caudales de evaporación no garantiza el mantenimiento del grado de salinidad en ellos, pues, debido a la alta salinidad del Desaguadero (entre 1 y 2 g/l), la salinidad en los lagos se incrementaría significativamente con el correr de los años. En consecuencia, se considera necesario prever una renovación de las aguas de estos dos cuerpos de agua, para lo cual se requeriría doblar los caudales de mantenimiento. Esto implica aumentar los caudales de aporte a los lagos y construir o adecuar canales de salida con compuertas de maniobra para el drenaje de los mismos.

En el caso particular del Lago Uru Uru, se requerirá también atender el problema de la contaminación generada por las basuras y aguas negras de la ciudad de Oruro, descargadas en la laguna negra adyacente, así como el control de la contaminación de origen minero del sector (véase la sección 2.4, infra).

#### 2.3.2 La irregularidad hídrica: sequías e inundaciones

Este problema ya fue tratado desde el punto de vista hidrometeorológico en las secciones 7.2 y 7.3 del Capítulo 1. En esta sección se hará referencia las implicaciones económicas y sociales de dichos problemas.

#### [Figura 30](#)

#### • Sequías

Las sequías constituyen uno de los fenómenos hidrometeorológicos de mayor impacto en el área del Sistema TDPS. Una de sus características sequías es que, cuando ocurren, afectan a casi todo el altiplano.

Históricamente, hay registros de por lo menos 12 grandes sequías ocurridas en 1500, 1815, 1915, 1937, 1938, 1943, 1947, 1956-57, 1962, 1966-67, 1982-83 y 1988-89. A un mayor detalle, los niveles del Lago Titicaca entre 1914 y 1992 (Figura 18 del Capítulo 1) constituyen un buen registro de los períodos secos que han afectado al altiplano.

Los principales impactos de las sequías son sobre la agricultura y la ganadería, por pérdida de cultivos y pastos. También la pesca puede resultar afectada, pues los descensos acentuados en el nivel de los lagos reducen los sitios de desove y reproducción de varias especies icticas. En el decenio pasado ocurrieron dos grandes sequías, una en 1982-83 y otra en 1989-90, cuyas pérdidas agropecuarias estimadas fueron de US\$128 y US\$88,5 millones respectivamente (véase el Cuadro 36).

**Cuadro 36: ESTIMACIONES DE DAÑOS IMPUTABLES A EVENTOS EXTREMOS DEL DECENIO 1980-1990 EN EL SISTEMA TDPS (en millones de US\$)**

Actividad	Sequía 1982-83			Sequía 1986-87			Sequía 1989-90		
	Perú	Bolivia	Total	Perú	Bolivia	Total	Perú	Bolivia	Total
Agricultura	52,0	53,0	105,0	31,2	10,0	41,2	35,4	53,1	88,5
Ganadería	7,0	16,0	23,0						
Infraestructura				76,4	7,4	83,8			
Vivienda				63,0	7,0	70,0			
Educación				10,3		10,3			
Saneamiento				2,6		2,6			
Transporte vial				0,2	0,2	0,4			

### Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

Transporte férreo				0,3	0,2	0,5			
Total	59,0	69,0	128,0	107,6	17,4	125,0	35,4	53,1	88,5

Fuente: Plan Director Binacional.

#### • Inundaciones

Las inundaciones ocurren cuando períodos con precipitación relativamente prolongados, que originan grandes volúmenes de agua en los ríos y lagos, los cuales pueden llegar a cubrir extensas áreas de terreno. Los registros históricos muestran que en el presente siglo han ocurrido inundaciones relativamente fuertes por lo menos en los años 1921, 1930, 1931, 1932, 1933, 1934, 1963, 1964, 1984 y 1986-87. En el Sistema TDPS es posible distinguir dos tipos de inundaciones:

1. Inundaciones de *evolución lenta*, que resultan de la elevación del nivel del Lago Titicaca y, en ciertos casos, del Uru Uní y del Poopó. Afectan gravemente la actividad agropecuaria, que es la principal fuente de sustento para la mayoría de la población vecina a estos lagos.
2. Inundaciones de *evolución relativamente rápida*, que se presentan en las riberas de los ríos cuando hay desbordes, las cuales también afectan las actividades agropecuarias, aunque en forma más puntual. Los ríos con mayores problemas de inundaciones son el Desaguadero, el Ramis y el llave.

#### Figura 31

Las inundaciones de evolución lenta están asociadas a la ocurrencia de períodos muy húmedos y son las que mayores daños han originado en el pasado. Además de las pérdidas de cultivos, pastos y animales, las inundaciones también ocasionan generalmente deterioro o destrucción de infraestructuras (puentes, vías, edificaciones, viviendas, sistemas de saneamiento básico y otras). Como consecuencia de ella la mayor inundación del presente siglo, en 1986-87, pérdidas por un valor estimado de US\$125 millones (véase el Cuadro 36). La Figura 30 muestra el área máxima inundada alrededor del Lago Titicaca en abril de 1986, cuando tuvo lugar el máximo nivel alcanzado históricamente por el lago desde 1914. Se ha estimado, con base en las curvas de área-capacidad (véase la Figura 19, capítulo 1), que en ese mes existían 46.000 ha inundadas en las riberas del Titicaca.

En resumen, durante el decenio 1980-1990 las pérdidas totales del Sistema TDPS ocasionadas por las sequías y las inundaciones mayores fueron de US\$341,5 millones, lo que arroja un promedio de US\$34 millones por año. Esto sin contar las pérdidas de sequías menores.

Tanto las sequías como las inundaciones dependen de los regímenes naturales de lluvias y caudales de la región. No obstante, éstos están influenciados por el gran desequilibrio que han producido en la región la deforestación masiva, el sobrepastoreo de las praderas, la erosión, la sedimentación de los lechos de los ríos y otros fenómenos similares. Además, en el caso de las inundaciones sobre todo, gran parte de los daños se debe a la inadecuada localización de infraestructuras y actividades productivas y a la falta de modelos de predicción de niveles altos en los lagos, con sus correspondientes mecanismos de alerta.

#### 2.3.3 El problema de la degradación de los recursos hídricos

Como consecuencia de la actividad humana, especialmente urbana y minera, y de las condiciones geológicas propias de la cuenca, los ríos del Sistema TDPS presentan grados variables de contaminación orgánica, bacteriológica y físico-química.

#### • Contaminación orgánica y bacteriológica

Esta resulta básicamente de los vertimientos de aguas negras de los centros urbanos de la cuenca. Las áreas más contaminadas son las siguientes (Figura 31):

*La bahía interior de Puno*, donde se presentan concentraciones elevadas de materia orgánica y bacterias coliformes, derivadas de las descargas de las aguas negras de la ciudad. Esta contaminación ha generado un proceso de eutrofización en la bahía, manifestado en el crecimiento acelerado de lenteja acuática (*Lemna SP.*), la cual produce grandes manchas verdes en la superficie acuática. El tratamiento de una parte de las aguas negras de Puno en una laguna de oxidación no ha sido suficiente para controlar el problema. No obstante, las altas eficiencias de remoción de carga orgánica (60-84%) y de microorganismos patógenos (80-100%) obtenidas en dos pequeñas plantas experimentales a base de macrófitas, Chejoña y Chanu Chanu, abren posibilidades para mejorar el tratamiento y reducir la contaminación.

*El curso inferior del Río Coata*, a causa de las descargas de las aguas residuales de Juliaca.

*El Lago de Uru Uru*, a causa de las descargas de las aguas negras de Oruro y de la disposición de las basuras de esa ciudad en sus riberas.

#### Figura 32

#### • Contaminación físico-química general

Esta resulta de las descargas de aguas residuales urbanas e industriales, de los drenajes de las minas y de los relaves de los sistemas de procesamiento mineral. Las principales fuentes contaminadas son las siguientes (Figura 31):

*Los lagos Uru Uru y Poopó*, donde existe una deficiencia permanente de oxígeno disuelto (de hasta 1,7 y 3,5 mg/l en algunas épocas), la cual se está empeorando a causa de la disminución progresiva del espejo de agua.

*El Río Desaguadero* aguas arriba de la confluencia con el Mauri, donde hay una concentración elevada de sulfatos (de hasta 600 mg/l). Los valores más altos de sedimentos en suspensión aparecen entre el Puente Japonés y Chuquiña.

*El Río Mauri*, el principal portador de sílice disuelta en la cuenca del Desaguadero, con valores que alcanzan hasta 81 mg/l.



#### • Salinidad

Esta resulta de las condiciones propias de la cuenca. En el Lago Titicaca la salinidad es por lo general inferior a 1 g/l. Entre Puente Internacional y La Joya (al norte de Oruro), el Desaguadero presenta valores entre 1 y 2 g/l, pero aguas abajo superan los 2 g/l, lo que también hacen algunos de sus tributarios. En el Lago Poopó la salinidad puede superar los 100 g/l. Mediciones de conductividad eléctrica han permitido establecer los cuerpos de agua de mayor salinidad así:

*El Río Desaguadero* aguas abajo de la confluencia con el Mauri, donde se alcanzan valores de conductividad eléctrica entre 1.000 y 2.000 micromhos/cm, pero sobre todo aguas abajo de La Joya, donde la conductividad eléctrica supera los 2.000 micromhos/cm.

*El Río Mauri*, con conductividades comprendidas entre 1.000 y 2.000 micromhos/cm.

*El Lago Poopó*, con valores superiores a 2.000 micromhos/cm.

Aunque no hay datos disponibles, es de esperar *que los ríos Laca Jahuira, Bajo Barras y Bajo Lauca* presenten niveles muy altos de salinidad (véase la Figura 32).

#### [Figura 33](#)

#### • Contaminación por metales pesados

La actividad minera es la principal responsable de la contaminación por metales pesados. Las aguas de mina son muy ácidas y altamente cargadas de metales pesados. Además, los desmontes y colas o relaves de las minas dipuestos a lo largo de las laderas y en los lechos de los ríos son conspicuos en las zonas mineras, sobre todo de Oruro. Este material por lo general contiene grandes cantidades de pirita, la cual, al oxidarse y entrar en contacto con el agua, produce ácido sulfúrico. Este ácido lixivía los metales presentes, produciendo así un agua similar a la de las minas. El proceso continúa por lo general después del cierre de las minas, a veces en forma más intensa debido a la ausencia de manejo de las aguas de mina y de los relaves.

A lo anterior se debe agregar los efluentes de las plantas de concentración que emplean métodos de flotación, los cuales contienen metales pesados en solución, lodo suspendido con metales pesados y reactivos empleados en el proceso. El pH generalmente elevado en la parte final del proceso (10-12) limita la solubilidad de los metales, por lo cual éstos van al residuo sólido o al lodo suspendido, desde donde pueden ser lixiviados en forma natural. Las aguas de procesamiento son descargadas desde la planta con el desecho sólido como lodo, bien sea a una corriente cercana o bien a un dique de relaves. Una vez que el material suspendido se decanta, el agua puede ser descargada en la naturaleza o reutilizada. No obstante, la calidad de estas aguas puede ser muy mala, con altos contenidos de metales pesados y de sólidos en suspensión, sobre todo si el pH es bajo. Los reactivos normalmente utilizados incluyen cianuro de sodio, sulfato de cobre, sulfato de zinc, xantato, espumantes y otros, parte de los cuales podrá ir a las colas, sobre todo cuando se usan en exceso. Entre éstos, el cianuro y el xantato son especialmente tóxicos para la fauna y la flora, aunque pueden ser fácilmente degradados (por oxidación e hidrólisis respectivamente) si la descarga se mantiene por un tiempo adecuado en el dique de relaves, lo cual no es lo corriente en las minas del altiplano.

Las principales fuentes contaminadas son las siguientes (Figuras 33 y 34):

*Río Desaguadero entre La Joya y el Lago Uru Uru*, donde se observa una alta concentración de arsénico y, especialmente de cadmio, éste último por encima del nivel para consumo humano.

*Brazo izquierdo del Desaguadero*, el cual presenta contaminación por cadmio y cobalto.

*Lago Uru Uru*, contaminado por cadmio, plomo, níquel, cobalto y arsénico, en concentraciones por encima del nivel aceptable para consumo humano.

*Lago Poopó*, contaminado por manganeso, cromo, plomo, cadmio, níquel, arsénico y cobalto, en concentraciones por encima del nivel permisible para consumo humano.

El estaño está presente en todo el sistema hídrico principal, en concentraciones por lo general superiores a la norma para consumo humano (0,002 mg/l), aunque los valores más altos se encuentran en el Río Ilave, en el Río Desaguadero aguas arriba de Calacoto y en los lagos Uru Uru y Poopó. Además, la concentración de metales pesados en sedimentos indica que también hay problemas de contaminación en el curso bajo del Río Coata y de su afluente el Cabanillas.

#### [Figura 34](#)

#### [Figura 35](#)

Quizá el problema más grave de contaminación de origen minero es el generado por la mina San José, localizada en una montaña aledaña a Oruro. El agua de la mina es bombeada sobre la ladera que da sobre la ciudad, desde donde es llevada por un canal hacia el extremo norte de la ciudad, donde se mezcla con aguas servidas y desechos en canales estrechos y luego fluye en la dirección de los lagos Uru Uru y Poopó. Una parte del agua se filtra en el suelo, causando corrosión en las redes de acueducto y alcantarillado de la ciudad. Esto hace que a veces el agua ácida de la mina (pH entre 1,2 y 1,7) se mezcle con el agua potable y/o con las aguas servidas, causando problemas sanitarios graves. Aun en el caso de cerrar la mina este problema no se resolvería, ya que el agua ácida emergería por flujo natural.

Por otra parte, aunque en la actualidad no es un problema significativo, los derrames naturales de petróleo y de aguas de formación (salobres) existentes en la península de Capachica, más específicamente en la zona de Pirim-Pusi, al noroeste del Titicaca, pueden convertirse en un problema más serio hacia el futuro, si no se toman las precauciones debidas. Lo mismo debe decirse en tomo a la potencial explotación de petróleo en la misma zona.

La contaminación de las aguas ha afectado evidentemente las cadenas tróficas del Sistema TDPS. Aunque los datos no son muy abundantes, algunas concentraciones de arsénico y mercurio encontradas en pejerrey capturado en la Bahía de Puno son muy altas (0,4 ppm de Hg), superiores a la norma para consumo humano. Asimismo, las concentraciones de metales pesados encontradas en el mismo pez en el Lago Poopó son muy altas, especialmente de plomo, cobre, cromo, estroncio, zinc y estaño (véase la Figura 35).

En la Figura 36 se sintetizan las diferentes fuentes de contaminación de los recursos hídricos, vale decir doméstica, minera e industrial.

## 2.4 Aguas subterráneas: presiones de uso y conflictos

### 2.4.1 Situación actual

Los inventarios llevados a cabo hasta el presente han identificado 822 explotaciones de aguas subterráneas (fuentes de agua) en todo el Sistema TDPS, distribuidos como se muestra en el Cuadro 37.

Las perforaciones o pozos profundos incluyen tanto pozos exploratorios como pozos de producción de agua para distintos fines. Los primeros alcanzan profundidades de hasta 201 m, mientras que los segundos escasamente superan los 110 m, con rendimientos de 3,6 a 100 l/s en el sector peruano y de 2 a 75 l/s en el lado boliviano. Algunos pozos presentan surgencias naturales, con alturas piezométricas mayores de 2,6 m sobre la superficie del suelo, por estar emplazados en acuíferos bajo presión, especialmente en el sector boliviano.

En la actualidad los mayores volúmenes de explotación de agua subterránea corresponden a los pozos profundos. Del total de pozos profundos inventariados, los que se encuentran funcionando con regímenes de bombeo intensivo son de uso doméstico-poblacional e industrial del sector boliviano (abastecimiento de ciudades como El Alto y Oruro). En el sector peruano la explotación del agua subterránea con este tipo de captación no es importante en la actualidad, por cuanto la mayoría de los pozos existentes con fines de riego se encuentran inactivos, debido a que el 80% aproximadamente de los mismos no disponen de equipos de bombeo y el resto se usa sólo ocasionalmente.

**Cuadro 37: RESUMEN DEL INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA EN EL SISTEMA TDPS**

Tipo	Número	%
Perforaciones	324	39,4
Pozos someros	411	50,0
Manantiales	83	10,1
Manifestaciones termales	4	0,5
Total	822	100,0

*Fuente:* Plan Director Binacional.

Los pozos someros a tajo abierto, revestidos con anillos de concreto y/o mampostería en piedra, atraviesan los primeros metros de los acuíferos superficiales con profundidades no mayores de 10 m y con diámetros de 1 a 2 m. En su gran mayoría estos pozos se utilizan para consumo doméstico comunal o familiar, extrayéndose el agua subterránea manualmente o con bombas manuales.

Los manantiales inventariados generalmente se encuentran ubicados en las partes altas de las colinas y montañas y están relacionados especialmente con napas, que conforman lentes, originadas en las condiciones geológicas y estructurales.

La extracción actual de aguas subterráneas se estima en 997 l/s, de los cuales 912 son para consumo doméstico y 85 para riego (véase su distribución en el Cuadro 30). Este caudal representa apenas el 33% del potencial estimado.

### 2.4.2 Perspectivas

Las áreas más interesantes para la explotación de los recursos subterráneos se encuentran a lo largo de las cordilleras y a distancia reducida de éstas, en las zonas pedemontanas donde hay recarga, evaporación mínima y sedimentos de granulometría gruesa. De gran interés son las napas artesianas que, según las investigaciones realizadas, resultan separadas de las napas freáticas, no contaminadas y alimentadas por las morrenas pedemontanas. Una ulterior explotación de estas napas podría disminuir el escurrimiento superficial, aumentar la infiltración (recarga forzada) y reducir la evaporación.

Un limitante que puede encontrarse en algunos sectores es la salinidad del agua subterránea. Los estudios existentes han puesto en evidencia conductividades eléctricas por encima de 2.000 micromhos/cm en algunos pozos de la llanura entre los ríos Coata e Hipa, en Perú, así como en el Bajo Desaguadero, al noroeste y sur de Oruro (véase la Figura 32). No obstante, tanto en estos sectores como en el resto de la región también se encuentran pozos con agua de mejor calidad.

### Figura 36

La posibilidad de uso del agua desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo es muy amplia, pero una concentración de las explotaciones, como por ejemplo en El Alto o en Oruro, puede ser muy peligrosa y debe efectuarse bajo un control continuo, pues se considera que en estas zonas los bombeos actuales ya pueden estar superando la cantidad de recarga y explotando recursos geológicos no renovables. En la zona noroeste, las aguas subterráneas podrían ser utilizadas como reserva para complementar las demandas hídricas para riego o para abastecimiento de ciudades como Juliaca y Puno.

Considerando que el consumo per cápita de la población diseminada en el altiplano es muy bajo, el problema del aprovechamiento hídrico se puede resolver con pozos someros de tipo moderno y protegidos contra la contaminación, mejor que con pozos profundos perforados de diámetro reducido y bomba manual. Una sobreexplotación de aguas subterráneas en zonas próximas al Lago Titicaca, donde los acuíferos son muy someros, es aceptable porque reduciría las pérdidas por evaporación y aumentaría la recarga de los acuíferos por aguas lluvias al no estar aquellos saturados.

En las zonas altas del Sistema TDPS se encuentran numerosas zonas húmedas o depresiones de diversos tamaños - bofedales -, las cuales son ocupadas frecuentemente por turberas de gran importancia florística, faunística e hidrológica, puesto que son áreas de regulación natural de la escorrentía. Desde el punto de vista económico, estas zonas húmedas constituyen zonas de pastos muy ricos explotados por el ganado vacuno, ovino y, principalmente, camélido. Una sobreexplotación de las aguas subterráneas en sectores cercanos podría llevar a un drenaje incontrolado de los bofedales, con los consiguientes impactos negativos sobre los ecosistemas y la economía local.

Aunque en la actualidad la relación explotación/recursos no es crítica en la mayoría de las zonas (salvo quizá en El Alto y Oruro), cuando entren en funcionamiento los pozos inactivos, ubicados generalmente en las partes medias y bajas de las cuencas, dicha relación tenderá a ser crítica si la explotación no se hace con buen criterio, lo que exigirá un control de los acuíferos. Sin embargo, como factor compensatorio de esta

### Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

relación se podría considerar que el mayor gradiente de escurrimiento induciría una mayor recarga de los acuíferos ubicados en las partes bajas de las cuencas y además se reducirían las pérdidas por evaporación que ocurren al estar los niveles freáticos muy cerca de la superficie del suelo. En consecuencia, cada proyecto específico y puntual de explotación de agua subterránea debe ser evaluado tomando como referencia el marco general y evaluando para cada zona los recursos, las utilidades en curso y las reales posibilidades de obtener los caudales deseados.

## 3. Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica no es un problema importante a nivel de toda la región. No obstante, localmente puede llegar a tener una significación alta, de manera especial en las zonas mineras y de procesamiento metalúrgico.

### 3.1 Contaminación minera e industrial

El principal impacto de la minería propiamente dicha sobre la calidad del aire es la emisión de importantes cantidades de polvo, ligadas a la operación de la maquinaria pesada. Este impacto es especialmente notorio en estación seca, durante la cual tienen lugar también los vientos mpas fuertes. No obstante, los impactos más severos en las zonas mineras son producidos por las instalaciones de fundición de metales. Tal es el caso en la zona de Oruro, donde en años pasados las importantes fundiciones Vinto, EMO y Fundición Pero emitieron varios miles de toneladas anuales de SO<sub>2</sub> cerca de 250 t de arsénico, y grandes cantidades de polvo de plomo, amenazando seriamente la salud de la población y la calidad de los suelos, (Ministerio de Minas y Metalurgia, 1993). Estos niveles se han reducido recientemente, debido fundamentalmente a la declinante producción de estas fundiciones. Problemas similares, aunque en menor proporción, se dan en las fundiciones del sector peruano. De otro lado, el creciente parque automotor de Puno, Juliaca, Oruro y especialmente El Alto también contribuye al deterioro de la calidad del aire en las zonas urbanas, de manera especial en las primeras horas de la mañana, cuando los fenómenos de inversión térmica se hacen sentir con mayor intensidad. Un informe del Hospital de Gineco-Obstetricia de la CNSS de Oruro indica que de cada 1.000 nacimientos, 9,5 presentan malformaciones.

En otras zonas del altiplano la industria existente es muy reducida. Sin embargo, conviene mencionar las plantas de cemento, las cuales constituyen una importante fuente de contaminación por polvo. Así por ejemplo, la planta de Viacha emite actualmente entre 9.000 y 10.000 toneladas anuales de polvo, a pesar de que cuenta con precipitador electrostático (Ministerio de Minas y Metalurgia, 1993). Una situación similar puede presentar la planta de Cementos Rumi de Juliaca.

### 3.2 Eventual contaminación transfronteriza

Dadas las características de distribución y tamaño de las zonas minero-industriales, en el área del altiplano no hay condiciones para una eventual contaminación atmosférica transfronteriza. Los problemas internacionales en relación con el manejo de los recursos y valores ambientales pueden darse fundamentalmente alrededor del uso del agua. En efecto, las presiones existentes por el uso de este recurso tanto en Perú como en Bolivia exigen una distribución técnica y equitativa del recurso. Además, aunque en la actualidad la contaminación del Lago Titicaca, el principal recurso hídrico compartido, es un problema restringido prácticamente a la bahía interior de Puno y a las desembocaduras de los ríos Coata (receptor de las aguas residuales de Juliaca) y Seco (receptor de parte de las aguas residuales de El Alto), un mayor desarrollo agrícola y minero-industrial en la cuenca del Titicaca podría incrementar en el futuro los problemas de contaminación del lago, lo que afectaría los usos potenciales del agua en el sector boliviano. Esto hace ver la necesidad de aplicar mecanismos adecuados de control ambiental de las actividades productivas dentro de la región.

## 4. Recursos vegetales

### 4.1 Bosques implantados y naturales

#### 4.1.1 Plantaciones forestales

Debido a las fuertes condiciones limitantes del clima de la región, las plantaciones forestales realizadas hasta el presente son muy escasas. En general, se trata de árboles o pequeños conjuntos de árboles de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y/o ciprés (*Cupressus lusitanica*), plantados por lo general cerca a las viviendas y sobre todo en la zona circumlacustre. En las zonas alejadas del lago, la mortalidad es muy alta. También se han hecho ensayos de reforestación con especies nativas tales como queñoales y collis.

Las zonas con mejores resultados en reforestación están localizadas en los distritos de Moho, Conima, Chucuito y la península de Capachica, en el sector peruano, donde se ha identificado un total de 128 ha plantadas con especies exóticas, así como también en la península de Taraco, en el sector boliviano.

#### 4.1.2 Bosques naturales

La vegetación leñosa nativa del Sistema TDPS está constituida principalmente por bosques de queñoa (o qinua) y por matorrales arbustivos (tolares y otros).

Los *bosques de queñoa* (género *Polylepis*) ocupan una extensión total de 97.738 ha, la mayor parte de las cuales se encuentran en la cuenca del Poopó-Jalalles (67%) y en la del Mauri (31,2%). Estos bosques, de porte bajo, están conformados por dos especies principales: *Polylepis incana*, la cual se ubica generalmente en terrenos pedregosos con pendientes de hasta el 70%, y *P. tomentella*, con alturas entre 1 y 1,5 m, por lo que se le considera en algunos casos como arbusto.

Los *matorrales arbustivos* están constituidos principalmente por los tolares (*Baccharis tricuneata*, *Parastrephia lepidophilla*), los cuales se encuentran en muchos casos formando asociaciones con el ichu y la festuca. Esta vegetación arbustiva se encuentra en las laderas y recodos y en las grandes pampas alejadas de la zona circumlacustre (especialmente la última especie, que es más rústica y soporta temperaturas más bajas y menor humedad). La superficie total ocupada por estos matorrales se estima en 327.196 ha, de las cuales la mayor parte se encuentra en las cuencas del Poopó-Jalalles (35,8%), Desaguadero Medio (26%), Mauri (23,7%) y Alto Desaguadero (12,4%).

El *arbolito colli* o *kiswar* (*Buddleia sp.*) se observa formando pequeños bosques residuales, así como arborizaciones ornamentales en cercos o en algunos caminos principales; el colli negro se desarrolla con predominancia en un sólo tronco y el colli blanco en varias ramificaciones. Asimismo, el *kiswara* (*Chuquiraga sp.*) es un arbusto de más de 1 m de altura que se encuentra a veces formando asociaciones con la

### Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

queñoa, en terrenos con pendientes mayores del 25% y suelos de textura gruesa.

En total, la superficie cubierta por formaciones leñosas dentro del Sistema TDPS se estima en 424.934 ha (el 3,0% de la región), el 77% en matorrales arbustivos y el 23% en bosques de queñoa. Asimismo, el 43,1% de esta vegetación se encuentra en la cuenca del Poopó-Jalalles, el 25,4% en la del Mauri, el 20% en la del Desaguadero Medio y el 9,6% en la del Alto Desaguadero (Cuadro 38).

**Cuadro 38: DISTRIBUCION DE LA VEGETACION LEÑOSA NATIVA EN EL SISTEMA TDPS (en ha)**

Cuenca y Subcuenca	Tolar			Queñoal	Total
	Denso	Bajo	Total		
<i>Titicaca</i>					
Ramis				1.480	1.480
Huancané					
Suchez					
Coata					
llave	3.125	2.344	5.469		5.469
Titicaca		1.227	1.227		1.227
<i>Desaguadero</i>					
Alto Desaguadero	40.645				40.645
Mauri	23.565	53.863	40.645	30.458	107.886
Medio Desaguadero	85.171		77.428		85.171
Poopó-Jalalles	106.029	11.227	85.171	65.800	183.056
			117.256		
Total	258.535	68.661	327.196	97.738	424.934

Fuente: Plan Director Binacional

#### 4.1.3 Uso de los recursos forestales

Los *quinuales* o *queñoales* o *lampayo*, muy utilizados durante la época colonial para la construcción y como leña, continúan siendo utilizados en la actualidad, especialmente para este último fin. Los troncos y ramas de los queñoales son empleados en techos y cercos. Este árbol, de porte pequeño y muy ramificado, tiene una alta resistencia a la sequía y a las heladas (mínimo promedio anual de -22 °C y periodo libre de heladas de 30 días). Es una especie palatable para el ganado, por lo cual su expansión requiere una adecuada protección.

Los *tolares* son muy utilizadas por los campesinos como fuentes de energía, ya que producen una leña de alta calidad que arde aún estando fresca y produce abundante calor. Su productividad primaria se estima en alrededor de 405-460 kg de materia seca por ha, pero su productividad forrajera es baja (150-170 kg materia seca/ha). Por su fácil acceso y mayor distribución, estas especies vienen sufriendo una saca intensiva indiscriminada, tanto para uso doméstico como para panaderías, por lo cual ha desaparecido en ciertas zonas.

Existe una cantidad menor de *especies arbustivas* que crecen en áreas abrigadas y húmedas, especialmente de los géneros Cassia, Grindelle, Senecio, Solanum, Astrogolus y Frankrenia, las cuales son aprovechadas por los campesinos por sus propiedades tintóreas, energéticas y medicinales, así como en usos agroforestales y silvopastoriles.

Las *especies exóticas* son utilizadas especialmente para madera para construcción y muebles y para leña (especialmente las ramas de pinos y eucaliptos). No obstante, estos usos no son significativos a nivel de la región, debido a la poca superficie plantada.

#### 4.1.4 Desarrollo forestal previsto

Por sus características climáticas, el altiplano difícilmente podrá ser un área de desarrollo forestal importante. No obstante, los estudios realizados dentro del marco del Plan Director han identificado algunas áreas de posible aptitud para reforestación, entre ellas la Zona de Huancané (16.000 ha), la Zona de llave (5.500 ha), la Zona de Chucuito-Yunguyo (9.700 ha), y las Islas del Lago Titicaca.

Para la producción de plantones se han instalado varios viveros en el área del Sistema TDPS, destacándose el de Moho (Centro Forestal de Puno, CENFOR), uno de los mejores del Perú, así como el vivero forestal de Potojani en Chucuito, Puno. El Proyecto FAO-Holanda ha recomendado establecer mecanismos y programas para que sean las propias comunidades las que adelanten estos tipos de programas, desarrollando en ellas la capacidad de producir plantones (viveros comunales), establecer plantaciones, hacerles el mantenimiento y aprovecharlas debidamente.

Por otra parte, se han identificado zonas potencialmente aptas para la implantación de sistemas agrosilvopastoriles, entre las cuales se destacan la zona de Chucuito-Yunguyo (10.496 ha) para *reforestación*, mediante el establecimiento de cercos vivos en la zona circumlacustre para protección contra vientos fuertes y heladas, cortinas rompevientos y barreras vivas para la formación de terrazas de uso agrícola; y la zona de Chucuito-Yunguyo (1.556 ha) para *silvopasturas*, mediante el establecimiento de plantaciones forestales en áreas de pasturas.

#### 4.2 Vegetación acuática

La vegetación acuática litoral conforma un biotopo de gran importancia en el ecosistema lacustre, ya que proporciona: a) abrigo, nutrición y sitios de reproducción para las especies ícticas, especialmente nativas; b)

### Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

sitios de nidificación para numerosas especies de la avifauna; y c) forraje para animales domésticos y posibilidades de caza para la población ribereña. Además, constituye un filtro natural de los aportes bioquímicos al lago.

Tal como se explicó en la sección 4.3 del Capítulo 1, las macrófitas acuáticas viven en asociación, siendo la totora una de sus principales especies. En general, las mayores poblaciones de macrófitas están localizadas cerca a las desembocaduras de los principales ríos, ya que estos llevan gran cantidad de nutrientes. En particular, la totora reparte su biomasa en función de la profundidad, con una profundidad máxima de colonización hasta 3.805 m en el Lago Mayor y hasta 3.807 en el Lago Menor. Con base en estos datos se estima que la superficie potencial máxima de macrófitas en el Titicaca es de 70.000 ha. La Figura 37 muestra la variación de la densidad de la totora con la profundidad. Se observa que el total denso se encuentra por lo general en las orillas, excepto en la bahía de Puno. El total ralo se ubica en las zonas de mayor profundidad (3-5 m), donde entra directamente en competencia con la chara.

#### [Figura 37](#)

#### [Figura 38](#)

#### [Figura 39](#)

Estimaciones realizadas a partir de fotografías aéreas en el marco del Plan Director Binacional muestran que entre 1950 y 1992 la superficie de totorales (única asociación visible en las fotos) en el sector peruano pasó de 52.885 ha a 24.667 ha, una disminución del 53%. En todo el lago, se estima que entre 1970 y 1992 los totorales pasaron de 59.132 ha a 40.056 ha, lo que representa una disminución del 32% en sólo 22 años. La Figura 38 muestra la variación de las superficies de totorales en los diferentes sectores del lago en el período mencionado. El Cuadro 39 resume esta variación.

**Cuadro 39: VARIACION DE LA TOTORA ENTRE 1950 Y 1992 (en ha)**

Años	Perú	Bolivia	Total
1950	56.526		-
1970	53.599	(3.493)	-
1985	44.092	13.306	57.398
1992	24.626	12.800	37.426

Fuente: Figura 38.

La fuerte disminución del total en el lado peruano se debe en su mayor parte a sobreexplotación, en particular después de 1986. En el lado boliviano, la biomasa del total ha permanecido más o menos estable.

Un factor de gran importancia en el avance o retroceso de los totorales es el nivel del lago. De una manera general, los niveles altos aumentan la superficie vegetal, aunque se requeriría una crecida de una duración de 2 a 3 años para mostrar cambios significativos. Una subida demasiado rápida podría afectar a la totora por sumersión.

Los niveles bajos traen perjuicios a la vegetación. Así, se estima que el descenso de 1943, que alcanzó 3.806,15 msnm originó una desaparición casi total del llachu en el Lago Mayor, mientras que los totorales se habrían reducido a un 20%. No obstante, la recuperación de los niveles trajo consigo la recuperación de la vegetación, gracias a la conservación de los rizomas de la totora en los sedimentos húmedos. Algunas evaluaciones realizadas permiten estimar la supervivencia de los diversos tipos de asociaciones vegetales acuáticas a diferentes niveles del Lago Titicaca como se muestra en el Cuadro 40.

En consecuencia es necesario adoptar medidas de preservación y tener cuidado durante los descensos notables del lago, a fin de adelantar acciones que mitiguen el impacto de tales descensos. Asimismo, dado el fuerte descenso que ha tenido la superficie de totorales, particularmente en el sector peruano, se hace necesario adelantar programas específicos de repoblamiento (véase la Figura 39).

**Cuadro 40**

**SUPERVIVENCIA DE LA VEGETACION ACUATICA A DIFERENTES NIVELES DEL LAGO TITICACA (en %)**

Cota (msnm)	Llachu	Totora	Chara
<i>Lago Mayor</i>			
3.808,50	20	70	100
3.808,25	10	65	90
3.808,00	0	55	80
3.807,00	0	40	60
<i>Lago Menor</i>			
3.808,50	20	90	100
3.808,25	10	75	100
3.808,00	5	55	90
3.807,00	0		90

Fuente: Plan Director Binacional.

### 4.3 Praderas naturales

Las formaciones vegetales características del altiplano son praderas naturales compuestas por gramíneas y arbustos de porte bajo, cuyas características varían con las facies climáticas y de suelos (véase la sección 4 del Capítulo I). De acuerdo con su fisionomía y composición florística, es posible diferenciar praderas con dominancia de pastos, bofedales, praderas con dominancia de arbustos y praderas de pastos y arbustos indiferenciados.

Dentro de las praderas con dominancia de pastos es posible distinguir los *chillihuares*, cuya especie dominante es *Festuca dolichophylla*, ubicados en áreas poco extensas de suelos no muy profundos y buena humedad, con productividad forrajera estimada en 1.000 a 1.500 kg de materia seca (ms) por hectárea; los *pajonales de ladera*, con una productividad forrajera de 1.600 kg de ms/ha; y los *pajonales de ichu e iru*, con una productividad forrajera de 210 y 130 kg de ms/ha respectivamente.

Los bofedales son asociaciones propias de terrenos húmedos y muy húmedos, con presencia de agua permanente y gran riqueza en plantas que sirven de alimento a la alpaca y a aves como la huallata, el suri y la parihuana. Su productividad forrajera se estima en 2.540 kg ms/ha.

Las praderas con dominancia de arbustos son características de la puna seca, árida y semiárida, en las que predomina la tola, con una productividad primaria neta estimada entre 405 y 459 kg ms/ha y una producción forrajera de 150 a 170 kg ms/ha.

Las praderas de arbustos y pastos indiferenciados de tola y gramíneas tienen una productividad primaria neta estimada de 567 kg ms/ha y una producción forrajera de 210 kg ms/ha.

En todas estas praderas la cobertura rala ocupa por lo general el doble de la superficie de las coberturas densas, debido en parte al pastoreo y en parte a las condiciones climáticas (en la puna árida y semiárida sobre todo). Los principales problemas de las praderas naturales pueden sintetizarse así:

1. Existe una excesiva carga por hectárea, manifestada en un sobrepastoreo de ganado introducido (ovino y vacuno), el cual produce el desgaste energético de las especies nativas, dado que se consumen cuando la planta aún no ha logrado el equilibrio entre la parte aérea y radicular que le permita almacenar la energía necesaria para el rebrote sin provocar el degeneramiento genético de los pastos.
2. Especies nativas forrajeras como el *Penicetum clandestinum* y otras (a veces de menor calidad nutritiva y baja palatabilidad) han invadido extensas áreas, sobre todo en la zona circumlacustre, desplazando a las especies nativas.
3. El pastoreo de praderas degradadas se manifiesta en problemas tales como el mal estado de la vegetación forrajera (cambio de color y tamaño y cobertura escasa), menor producción de biomasa durante el año y, en consecuencia, bajo peso y tamaño de los animales (muy característico del altiplano).
4. Las praderas de arbustos se han degradado por la extracción excesiva de tola para leña y en algunos sectores han desaparecido, dejando al suelo desprotegido frente a los procesos de erosión.
5. La práctica de la quema de pastos y arbustos para mejorar su palatabilidad en estado tierno agrava el problema, ya que incrementa la pérdida de nutrientes, sobre todo de nitrógeno en sitios de cobertura vegetal rala.
6. Los problemas de erosión, salinización y compactación del suelo tratados en la sección 1 de este capítulo completan el cuadro general de degradación de las praderas del altiplano.

## 5. Los recursos pesqueros

### 5.1 Potencial y aprovechamiento pesquero

La cuenca endorréica del altiplano contiene recursos pesqueros considerables, distribuidos en sus distintas unidades hidrológicas: el Lago Titicaca; el Río Desaguadero y los lagos Uru Uru, Soledad y Poopó; y las lagunas y ríos menores del Sistema.

La mayor concentración de recursos se encuentra en los lagos Titicaca y Poopó, cuyas principales especies comerciales son el karache negro, el karache amarillo, el ispi, el mauri y el boga, entre las nativas; y el pejerrey y trucha, entre las introducidas. De éstas, el karache, el ispi y el mauri representaron tradicionalmente la producción local hasta que la trucha y el pejerrey asumieron una mayor importancia comercial.

Según el Plan Director Binacional, la biomasa existente a 1984-85 en el Lago Titicaca era de aproximadamente 91.000 toneladas, distribuidas así: ispi, 52.000 t; pejerrey, 20.000 t; trucha, 13.000 t; otras, 6.000 t. A su vez, la extracción se estimó en dicho año en 5.612 t en el lado peruano, correspondiendo el 52% al pejerrey, el 29% al karachi negro, el 8% al karache amarillo, el 5,8% al mauri, el 3% a la trucha, el 1,5% al karache enano y el 0,7% a otros; en resumen, 55% a las especies introducidas y 45% a las nativas. Según algunas estadísticas citadas en el Plan Director Binacional, la extracción de especies nativas parece haberse reducido sustancialmente hacia finales del decenio. Sin embargo, en 1992 la extracción total pesquera alcanzó 6.290 t en el sector peruano y en 1993 bajó a 4.043 t: 2.627 de especies nativas (65%) y 1.416 de especies introducidas (35%). En este último año, entre las especies nativas el karache fue la más importante (54% de la extracción total), seguida por el ispi (11 %). Entre las introducidas, el pejerrey fue la especie casi única (34,96%), pues la trucha continuó su descenso a menos del 0,1% de la extracción total. No obstante, preocupa el descenso de algunas especies nativas, como el mauri y otras (menos del 0,2% del total).

En Bolivia no se cuenta con estadísticas recientes sobre extracción pesquera, aunque los datos sobre consumo de pescado en La Paz para especies del altiplano indican que entre 1986 y 1991 las nativas pasaron del 29,6% al 16,1%, la trucha del 8,3% al 2,6% y el pejerrey del 62,1% al 81,3%.

En el caso del Lago Poopó, la extracción llegó en 1990 a 3.108 t, en su mayor parte de pejerrey. Esta altísima producción, que triplicó a la del Titicaca boliviano, es parcialmente responsable de que en Bolivia no se hubiera observado la misma declinación observada en el sector peruano en 1990, pero ella es producto de una situación hidrológica atípica del lago. En efecto, en los últimos 14 años (1979 y 1993) el Lago Poopó llegó a niveles extraordinariamente altos (especialmente entre 1987-91), como resultado de una secuencia de años húmedos en toda la región. La producción pesquera de este lago alcanzó valores muy altos entre 1988 y 1991, que representaron en 1990 el 43% de la producción pesquera de Bolivia. Sin embargo, estos niveles están bajando aceleradamente, como consecuencia del descenso en los niveles del lago a sus valores normales, los cuales acarrearán un incremento en la salinidad a niveles superiores a los límites de tolerancia del pejerrey.

## Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

Hacia el futuro, es necesario definir el rumbo que deberá tomar el desarrollo piscícola del Lago Titicaca. Los recursos pelágicos son los más importantes pero están inexplorados, especialmente en el Lago Mayor, mientras que los recursos litorales acusan una sobreexplotación. Las especies nativas constituyen la principal fuente de proteína animal de la población campesina, por lo cual su extinción sería altamente perjudicial no sólo desde el punto de vista de la bioecología del lago sino también desde el punto de vista social. Entre las acciones a emprender en el inmediato futuro, se considera que las más prioritarias son las siguientes:

- Evaluación del potencial pesquero en aguas pelágicas y litorales, con el fin de planificar el desarrollo pesquero del Titicaca.
- Intensificación de los programas de repoblamiento del lago con especies nativas. Según informaciones del PELT-Puno, entre 1993 y en 1994 se sembraron 1'972.000 alevines entre suche, ispi, mauri, karache y boga. No obstante, estos volúmenes de repoblamiento son insuficientes frente al tamaño del lago y a la presión de pesca litoral existente.
- Uniformización de programas entre Perú y Bolivia, puesto que mientras la tendencia en el lado peruano es hacia el fomento de las especies nativas, en el lado boliviano el fomento parece estar dirigido hacia la trucha y el pejerrey.
- En relación con la trucha, es necesario establecer vedas entre mayo y julio, época de subienda, puesto que en esos meses los ríos prácticamente son cerrados con mallas para capturar toda la trucha que sale a desovar (de ahí su rápida disminución).

### 5.2 La actividad pesquera

Tanto en el Titicaca como en el Poopó la pesca se practica en forma artesanal. En el Titicaca es posible distinguir cuatro tipos de pesquerías: la tradicional ribereña de carachis (o karaches); la de carachis con red agallera de nylon y mallas finas; la de profundidad, con redes agalleras de mallas superiores a 6,4 cm para el pejerrey y la trucha, y la de ispis.

Gran parte de las capturas se efectúan con redes agalleras. La importancia de cada pesquería varía cada año, en función principalmente de la relación de la pesca con la agricultura y otras actividades económicas de la población.

En el caso de Perú, la flota pesquera alcanzó en 1988 un número de 2.651 embarcaciones, con una captura media de 0,5 t y un total de 5.454 pescadores, entre permanentes y eventuales. Existían 46 cooperativas pesqueras a nivel comunal, localizadas tanto en el Titicaca como en las lagunas de Saracocha, Arapa, Umayo y Lagunillas. En el sector boliviano del lago, la flota pesquera alcanza unas 400 embarcaciones, con 800 pescadores profesionales, 60 ocasionales y unos 2.000 de subsistencia, para un total de 2.860.

En el Lago Poopó, la pesca era a comienzos del siglo una actividad de los Urus-Muratos, quienes vivían dentro del lago de la pesca y de la caza. En los años 30 una gran sequía que secó prácticamente el lago los obligó a trasladarse a tierra firme, donde construyeron sus viviendas pero continuaron dependiendo de la pesca para sobrevivir. Con el desarrollo del pejerrey, los aymarás también se dedicaron a la pesca y hoy en día existen varias comunidades y cooperativas pesqueras, de las cuales 14 están reunidas en una asociación con un total de 414 botes, mientras que otras dos comunidades por fuera de la asociación tienen 57 botes más. En total, los pescadores del lago se estiman en unos 650, de los cuales 450 son permanentes y 200 de subsistencia.

En el resto del altiplano boliviano, los pescadores se estiman en unos 1.860, de los cuales 200 son permanentes, 160 ocasionales y 1.500 de subsistencia. En total, en el sector boliviano existen unos 5.370 pescadores, de los cuales 1.450 son permanentes, 220 ocasionales y 3.700 de subsistencia.

También se practica la producción artificial de trucha en jaulas dentro del Lago Titicaca. En el sector boliviano el número de jaulas se estima en unas 215, de las cuales 100 son de la Empresa Pesquera Titicaca S.A., 93 del Centro Piscícola de Tiquina y 15 de pequeñas cooperativas. En el sector peruano también existe una activa explotación de trucha en jaula y el PELT viene trabajando en su promoción.

Un problema que incide en la actividad pesquera es la deficiente comercialización. En el caso del Titicaca esta función es asumida directamente por el pescador o su esposa, o entregada a intermediarios, quienes llevan el producto a La Paz. En el caso del Poopó, está controlada en su mayor parte por las cooperativas, las cuales contratan camiones para llevarlo a La Paz. Otra parte es comercializada por los intermediarios. Estudios existentes estiman en 384 los acopiadores, intermediarios y comerciantes al detal de la producción del Poopó, y en 321 los del Titicaca.

En todo el proceso de extracción y comercialización del pescado no existen instalaciones adecuadas de desembarque y acopio, ni equipos adecuados de transporte y conservación, por lo cual las pérdidas pueden llegar a ser muy altas. En el caso del Poopó se han estimado pérdidas del orden del 25% entre el lugar de desembarque y la llegada al mercado de La Paz, en el cual podría darse otra pérdida del 10 al 12%. En otros sitios las pérdidas se han estimado en hasta el 70%.

## 6. Los recursos mineros

### 6.1 Potencial minero del altiplano

Como consecuencia de su gran diversidad geológica y de la génesis de sus relieves, la región del TDPS es rica en recursos minerales de diverso tipo. Los depósitos existentes pueden ser agrupados en depósitos minerales metálicos y depósitos de minerales industriales no metálicos.

#### 6.1.1 Depósitos minerales metálicos

Entre los depósitos minerales metálicos se pueden distinguir aquellos relacionados con la actividad ígnea y aquellos no relacionados con ella.

Los yacimientos de minerales metálicos asociados con la actividad ígnea corresponden en general a depósitos polimetálicos, entre los cuales los más importantes son los siguientes:

*Depósitos argento-estañíferos de San José*, en la zona de Oruro, explotados a través de minas tan importantes como San José, Santa Fe, Bolívar y otras, algunas de ellas cerradas en la actualidad por bajos precios del estaño.

*Depósitos de metales preciosos de gran tonelaje*, de los cuales los más importantes están en el Distrito de La Joya, a 40 km al noroeste de Oruro, donde las rocas mineralizadas ocurren en cuatro cerros

### Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

que sobresalen sobre la planicie fluvio-lacustre: el Kori-Kollo, el Llallagua, La Barca (Quiviri) y La Joya. De especial interés es el yacimiento de Kori-Kollo, cuyas reservas de oro se estiman actualmente en 6 millones de onzas, explotadas por la Empresa Inti Raymi S.A. mediante lixiviación con cianuro. Otros yacimientos de oro y plata han sido identificados en la Cordillera Oriental, relacionados con pizarras y metacuarcitas paleozoicas.

*Depósitos de estaño*, los más importantes de los cuales están en Llallagua y Huanuni, en la misma región de Oruro, explotados por varias compañías mineras, si bien, como se anotó arriba, la actividad se encuentra en recesión por los bajos precios del mineral. Otros yacimientos de estaño han sido identificados en la Cordillera Oriental, al este del Lago Titicaca.

*Depósitos de wólfram*, localizados especialmente en la Cordillera Oriental, a veces en asociación con estaño. Las minas existentes están en su mayor parte paralizadas, debido a la fuerte declinación de los precios del mineral.

*Depósitos de bismuto y vetas polimetálicas de zinc, plomo y plata*, localizados en las Cordilleras Oriental y Occidental y en los cerros volcánicos de Oruro, en asociación con estaño y otros metales.

Los yacimientos de minerales metálicos no relacionados con actividad ígnea están emplazados por lo general en rocas sedimentarias, aunque no necesariamente son singenéticos con ellas. Entre los más importantes vale la pena destacar:

*Depósitos de cobre en rocas sedimentarias y en basaltos*, localizados especialmente en la Cordillera Oriental. En su mayor parte, los depósitos de cobre de este tipo en el altiplano son pequeños (de menos de 10.000 t), pero se conocen distritos como Chacarilla y Corocoro que juntos contienen más de 1 millón de toneladas. Existe también un importante depósito de cobre basáltico al oeste de Oruro, en el llamado distrito cuprífero de Turco.

*Depósitos de antimonio y oro sintectónicos*, ubicados en particular a lo largo de la Cordillera Oriental, donde se conocen más de 500 depósitos de este tipo. Bolivia es uno de los mayores productores mundiales de antimonio, con una producción de más de 10.000 t/año.

#### 6.1.2 Depósitos de minerales no metálicos

Los más importantes de estos depósitos son los siguientes:

*Depósitos asociados a lagunas alcalinas y salares*, en especial sales, salmueras y borateras. La sal más abundante es el cloruro de sodio. Los salares consisten en intercalaciones de capas de arcillas y sal, cuyos poros contienen importantes concentraciones de litio, potasio, boro, magnesio y sodio. Otras sales cuya ocurrencia depende de la composición de las salmueras de las cuales precipitan son yeso, sales de potasio, carbonato de sodio y sulfato de sodio. Las borateras son concentraciones de boratos, originados en la actividad volcánica ácida neoterciaria-cuaternaria y en las aguas termales.

*Depósitos fumarólicos de azufre*, existentes a todo lo largo de la Cordillera Occidental, en las zonas de volcanismo débilmente activo. Algunos de estos depósitos están en producción, operaciones semimecanizadas y sobre todo artesanales.

De acuerdo con la naturaleza de los distintos tipos de formaciones sedimentarias de la cuenca, existen también *yacimientos de calizas, fosfatos, yeso, mármol y otros minerales*, algunos de ellos en explotación, como es el caso de las calizas utilizadas en las plantas de cemento de Viacha (Bolivia) y Juliaca (Perú). También existe *oro detrítico de origen fluvio-glacial* en una franja de morrenas entre Puyo Puyo (Bolivia) y Patambuco (Perú), el cual en la actualidad está siendo explotado por Minero Perú S.A. en San Antonio de Poto.

#### 6.2 Los problemas ambientales de la minería

Lo expuesto permite concluir que la minería es quizá la actividad de mayor potencial económico en el área del Sistema TDPS, especialmente en las zonas occidental y sur. Algunos de los depósitos minerales existentes presentan enormes dimensiones. El cerro de Llallagua constituye el mayor yacimiento de estaño hidrotermal del mundo; el salar de Coipasa contiene las más grandes reservas evaporíticas de litio, boro, potasio, sodio, cloro y magnesio; el distrito aurífero de Kori-Kollo es una de las más grandes de Suramérica y muestra el gran potencial de metales preciosos. De hecho, la minería y la metalurgia en la zona, con sus impactos ambientales correspondientes, se practican desde la época incaica. Los españoles abrieron las primeras minas de plata en 1550. Siglos después la producción minera se orientó hacia el estaño y más tarde hacia el zinc, el plomo y la plata. Según un censo realizado en 1976, existían en el sector boliviano (incluida la zona de Potosí) unas 5.240 propiedades mineras, de las cuales entre 2.000 y 2.500 estaban en producción. En la actualidad esta cifra ha disminuido, debido a los bajos precios de los metales, pero indica la gran importancia de la actividad en la región. En la zona de Oruro, la minería es hoy en día la principal fuente de la actividad económica.

Las actividades mineras de la zona generan impactos sobre el paisaje, los suelos, la vegetación y las aguas superficiales y subterráneas. Además, los procesos de concentración y metalurgia generan emisiones de gases y polvo, residuos líquidos y acumulaciones de desechos sólidos. De especial importancia son los desechos líquidos, los cuales pueden contener elevadas concentraciones de materiales en solución y en suspensión. Algunos elementos traza, especialmente metales pesados, pueden no estar en forma soluble por largos períodos de tiempo, pero ellos están presentes como coloides suspendidos o son fijados por las sustancias orgánicas y minerales. Por lo tanto, sus crecientes concentraciones en los sedimentos de fondo o en la biota acuática indican el nivel de polución alcanzado.

El agua contaminada se puede tomar así peligrosa para la salud humana, bien sea si se consume directamente o a través de productos agropecuarios irrigados con ella. Además, a través de los sistemas hídricos, los efectos sobre la salud pueden alcanzar áreas y poblaciones localizadas mucho más allá de los centros minero-metalúrgicos.

Un reciente estudio de Swedish Geological llevado a cabo para el Ministerio de Minería y Metalurgia de Bolivia (1992) establece la situación que se describe a continuación.

##### 6.2.1 Área urbana de Oruro

La mina San José y la fundición Itos están localizadas prácticamente en el centro de la ciudad. En la mina San José se utiliza procesamiento por flotación, el cual produce un concentrado de plata, plomo y antimonio. El yacimiento está conformado por sulfuros y sulfatos de Pb, Ag, Sb, Cu, Sn y As y la producción diaria de la fundición es de 400 t. Los reactivos empleados incluyen xantatos, ácido crecílico, cianuro de sodio (186 g/l), limo y Aerofloat<sup>®</sup>. No hay reciclaje del agua de planta, la cual es tomada del Río Desaguadero (28 l/s) y descargada junto con los relaves ricos en sulfuros. El área de disposición es deficiente y la descarga final se hace en una pequeña corriente (Canal Itos). El agua de este canal es muy ácida (pH 3,3) y contiene altas cantidades de sólidos disueltos, sulfatos, Cu, Pb, Cd y cerca de 7 g/l de cloruros de



### Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

proceso.

Por otra parte, el agua de mina (12-17 l/s) es muy ácida y tiene altas concentraciones de muchos elementos (1,7 de pH, 86 g/l de sólidos solubles, 47 ppm de Cu, 16 ppm de Pb, 12 ppm de As, 4,3 ppm de Cd y 6,2 g/l de sulfatos), lo cual le da un carácter extremo y altamente corrosivo. Esta agua de mina es descargada directamente en el sistema de alcantarillado urbano (canal cerrado de Santa Rita), con el propósito de lograr su infiltración en la pampa, a unos 2 km de distancia. No obstante, el curso de las aguas residuales continúa por el canal Copagira y llega hasta el Lago Uní Uru. Hay alguna evidencia de que el canal Santa Rita es algo permeable, lo que estaría incidiendo en el incremento del carácter corrosivo del suelo urbano, al cual se debe el cambio que en la actualidad se hace de las tuberías de hierro y asbesto cemento por tubería de PVC.

En relación con la calidad del agua, los sedimentos fluviales y lacustres presentan altas concentraciones de elementos tóxicos. Tal es el caso del Canal Copagira, cuyos contenidos de Pb y As en la capa superficial llegan a 760 y 910 ppm, respectivamente, a 3 km del inicio del canal.

Estos datos muestran que tanto el efluente de proceso como las aguas de mina deben ser tratados antes de su descarga en el sistema hídrico local.

#### 6.2.2 Area de las Fundiciones Vinto

Las Fundiciones Vinto, localizadas cerca a la localidad de Vinto (3.000 hab), producen actualmente unas 10.000 t/año de estaño, con base en concentrados de estaño de alto grado. Los concentrados (25.000 t/año) contenían en 1988 un promedio del 40% de Sn, 9% de S, 0,5% de As, 0,5% de Pb, 0,45% de Zn, 0,2% de Bi y 0,007% de Cd. Las emisiones gaseosas, sin duda el principal problema ambiental de estas industrias, alcanzan 2.025 t/año de sulfuros y 94 t/año de arsénico. Se estima que las emisiones de As exceden en cerca de 1.000 veces la norma de la Environmental Protection Agency de Estados Unidos (EPA). Las aguas de proceso son muy ácidas (pH 3,1), con 1.400 mg/l de SO<sub>4</sub>, y son descargadas en la pampa. Como consecuencia de las emisiones atmosféricas y de las descargas líquidas, los suelos de los alrededores de la planta muestran muy altos contenidos de arsénico (de hasta 0,116%), los cuales exceden en cerca de 40 veces los límites establecidos por la FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Además, el contenido de plomo es inaceptablemente alto (300 ppm) aun a distancias de 5 km de la chimenea de la planta.

Esta situación implica serios riesgos para la salud de la población que vive en los alrededores, bien sea por inhalación del aire altamente contaminado o a través del consumo de productos agrícolas locales. Además, las descargas de los desechos líquidos pueden haber contaminado no sólo los recursos hídricos subterráneos aprovechados localmente, sino también el acuífero regional de Oruro-Vinto.

#### 6.2.3 Area de Llallagua

En esta zona, localizada al noreste del Lago Poopó, donde habitan unas 30.000 personas, hay explotaciones importantes como la mina Siglo XXI y la planta Catavi de COMIBOL, junto con innumerables pequeñas minas y plantas de concentración de cooperativas y productores individuales. La mina Siglo XXI explota uno de los más grandes yacimientos de minerales de estaño del mundo, constituido principalmente por casiterita, pirita y cuarzo, junto con sulfuros de As, Zn y Bi y algunos fosfatos. Aunque no se dispone de datos recientes sobre procesos de concentración, áreas de disposición o volúmenes de descargas, la larga tradición minera ha dejado gigantescas pilas de desechos rocosos y relaves en el área de Llallagua-Catavi. Como resultado, el Río Andavique, en el cual son descargadas las aguas de mina, de proceso y de las colas, presenta aguas ácidas (pH 3,3) y con altas concentraciones de sólidos totales, zinc y cobre solubles, además de altos contenidos de todos los metales pesados y arsénico en suspensión. Parte de esta contaminación proviene de fuentes naturales, pero la mayor parte es generada en las actividades minero-metalúrgicas.

#### 6.2.4 Areas de Huanuni, Sora Sora y Machacamarca

Una situación similar se observa en los ríos Huanuni, Sora Sora y Machacamarca, situados entre los lagos Uru Uru y Poopó, al este del Desaguadero, los cuales reciben los efluentes de las minas y plantas de concentración localizadas en la zona. El Río Huanuni presenta pH ácido (3,0) y concentraciones altas de sólidos totales (2,4 g/l), sólidos en solución (0,7 g/l), Zn (15 ppm) y Cu (1,2 ppm).

El Río Sora Sora tiene asimismo un pH ácido (2,9) y concentraciones muy altas de sólidos totales (5,6 g/l), sólidos solubles (3,1 g/l), Zn (105 ppm), Cu (2 ppm), Pb (1 ppm) y Mn (11,7 ppm), aunque el As está por debajo del límite permisible. El Río Machacamarca tiene contaminación ligeramente creciente hacia aguas abajo, y unos 2 km antes de su desembocadura en el Desaguadero presenta concentraciones muy altas de Zn (49 ppm), Cu (1,6 ppm), Pb (1 ppm) y Mn (20 ppm), con un pH ácido (3,0). El canal de descarga de la planta de Machacamarca (de COMIBOL) tiene la concentración más alta de arsénico hallada en las aguas superficiales del área (0,7 ppm), aunque en los demás aspectos su calidad es similar a la mencionada para el río.

#### 6.2.5 Las descargas de las plantas de Poopó

Estas plantas, localizadas en el extremo noroeste del Lago Poopó, 10 km al sur de Machacamarca, procesan diferentes minerales de estaño y sulfuros de las minas de los alrededores. Aunque no se dispone de información detallada sobre procesos, colas y descargas, los muestreos han indicado que las aguas del dique de descarga son alcalinas (pH 9,8), bajas en metales pesados y ricas en sólidos suspendidos, calcio, carbonatos y cloruros y, en menor grado, en sulfatos. Además, los sólidos en suspensión contienen altas cantidades de plomo (0,4%), cadmio (0,064%), antimonio (0,25%) y plata (100 g/t).

#### 6.2.6 Los ríos Desaguadero, Huari, Sevaruyo y Márquez

En el Desaguadero, principal afluente del Lago Poopó, los valores de pH, sales disueltas, dureza total, estaño, cadmio, arsénico y cobalto - éste último sobre todo en el brazo izquierdo, como ya se anotó - son relativamente altos. Los ríos Huari, Sevaruyo y Márquez, afluentes del Lago Poopó por su costado sur, tienen una composición típica de corrientes naturales, con concentraciones de metales pesados por debajo de los límites de detección.

#### 6.2.9 Departamento de La Paz: Mina Matilde

Esta mina y su planta de concentración, localizadas en Puerto Carabuco en la ribera oriental del Lago Titicaca, produjo hasta 1987 concentrados de zinc-plata-plomo a partir de esfalerita, galena, pirita, marcasita y bulangerita. Su sistema de disposición de relaves está mejor construido que en otras minas de Bolivia y ha sido transformado en una presa parcialmente revestida de concreto. Las aguas del efluente 1 km antes de su desembocadura en el Titicaca son de buena calidad.

En conclusión, se puede decir que, con contadas excepciones, todos los ríos que drenan zonas mineras están químicamente contaminados. En algunos casos las concentraciones de metales pesados y arsénico

### Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

presentan valores 10 y 100 veces superiores a los niveles aceptados internacionalmente. Las causas de esta situación son la falta de sistemas adecuados de disposición de los desechos de las minas y plantas de concentración, la descarga de aguas de mina y aguas de proceso sin tratar, las fallas de los sistemas de disposición de colas y relaves, la falta de mantenimiento general (aspersiones intencionales de desechos pulvúgenos, derrames de lubricantes y otros líquidos y deterioro in situ de construcciones y maquinaria abandonadas) y deficiente recalificación de ríos en las proximidades de las minas. En algunos casos los desechos líquidos son vertidos en sistemas de alcantarillado municipal, lo cual incide en un rápido deterioro de los mismos. En el extremo norte del TDPS, los lodos del Río Coata indican también una contaminación por metales pesados, posiblemente generada por la minería. Aunque no hay datos disponibles, es posible que las aguas subterráneas de la zona de Oruro, especialmente las del acuífero superficial más explotado (2-5m) estén químicamente contaminadas.

Asimismo, las fundiciones existentes producen importantes emisiones de arsénico y sulfuros. Una muestra de suelo a 1,5 km de Fundiciones Vinto arrojó 1.160 ppm de ácido arsénico y 1.420 ppm de plomo, respectivamente 400 y 15 veces los límites establecidos por la FAO y la OMS. La minería propiamente dicha produce a su vez importantes cantidades de polvo, especialmente en épocas de invierno, cuando la sequía y los vientos son más fuertes. Frente a esta situación, el control ambiental ha sido muy pobre, motivo por el cual muy pocas minas y fundiciones aplican sistemas de manejo ambiental de sus operaciones y residuos, en particular en el sector boliviano. Dada la gravedad de las conclusiones que se sacan de los contados estudios existentes, es necesario desarrollar un monitoreo más intensivo y periódico, que abarque la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, del suelo, de los peces, así como del aire ambiente en las zonas mineras y urbanas, que permita tomar decisiones acordes a los problemas (ver los cuadros 41 y 42).

**Cuadro 41: CONCENTRACIONES DE ALGUNOS CATIONES Y ANIONES Y DE SÓLIDOS DISUELTOS EN ALGUNAS CORRIENTES DE LAS ZONAS MINERAS DE ORURO Y LA PAZ**

Punto	pH	ST g/l	SD g/l	S04= mg/l	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Mn ppm	As ppm	Cd ppm
Agua de mina, mina San José	1,7	nd (a)	85,6	6216	31	47,3	15,5	21,5	12,2	4,3
Descarga planta Itos	3,3	nd	6,5	1986	16	3,6	3,5	4,2	4,2	0,5
Descargas Fundiciones Vinto:										
a) Río Sepultura (aguas de suministro)	6,3	nd	nd	339	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	
b) Descarga Planta	4,1	nd	nd	418	0,3	0,4	0,1	0,1	0,1	
c) Entrada dársena	2,7	nd	nd	1442	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	
d) Salida dársena	3,1	nd	nd	1401	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	
Río Andavique	3,3	3,4	1,1	510	18	2,0	<0,1	3,6	tr (a)	
Río Huanuni, abajo de la mina	3,0	2,4	0,7	380	15	1,2	<0,1	3,6	<0,01	
Río Sora Sora, carretera a Huanuni	2,9	5,6	3,1	1766	105	2,0	1,0	11,7	<0,01	1,7
Río Machacamra, Sora Sora, puente carretera ppal. a Potosí	3,0	2,0	1,4	817	32	1,2	0,3	12,6	0,07	0,6
Canal descarga planta de Mach										
acam	3,1	nd	1,9	1117	48	1,6	1,1	18,0	0,05	0,8
arca	3,0	nd	1,9	1196	49	1,6	1,0	20,0	tr	
Río Machacamarca, capilla Caravi	9,8	nd	4,1	633	<10	<1,0	<0,1	<0,1	nd	
Canal descarga planta conc. Poopó	6,0	nd	0,1	10	<10	<1,0	<0,1	<0,1	nd	
Río Huari, en Huari										
Río Sevaruyo, puente ferrocarril a	6,7	nd	0,2	20	<10	<1,0	<0,1	<0,1	nd	
Sevaruyo										
Río Márquez, Est. Pichi Tankha,	6,6	nd	0,3	22	<10	<1,0	<0,1	<0,1	nd	
carretera a Uyuni										
Río Calvario, Mina Matilde, puente Carabuco (en Dpto. de La Paz)	7,5	nd	0,3	288	5,6	<1,0	<0,1	0,6	<0,01	<0,1
ES (2)					5,0	0,05	0,1	0,05	0,05	0,01

(a) nd = No disponible, tr = trazas.

Fuente: SGAB. 1992.

**Cuadro 42: CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN SEDIMENTOS Y SUELOS DEL AREA DE ORURO (%)**

PUNTO (1)	Zn	Cu	Pb	Mn	As
101 Fundiciones Vinto, muestra de suelo	0,020	0,004	0,021	0,040	0,010
101 Fundiciones Vinto fracción < 2 mm 102 F.	0,182	0,050	0,142	0,020	0,116
Vinto, 5 km, muestra de suelo	0,017	0,004	0,030	0,032	0,006
103 Canal Copagira, Iquitaya sedimentos:					

### Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

Superficie	0,050	0,026	0,076	0,028	0,091
A 5 cm	0,069	0,010	0,010	0,050	0,004
A 15 cm	0,012	0,004	0,015	0,056	0,001
104 Canal Copagira, L. Uru Uru, sedimentos					
Superficie	1,540	0,013	0,010	0,100	0,008
A 5 cm	0,044	0,009	0,012	0,100	0,004
A 15 cm	0,007	0,002	0,005	0,013	0,007
A 30 cm	0,010	0,003	0,039	0,046	0,004
105 Río Machacamarca, puente ferroviario					
Lago Uru Uru, sedimentos	0,022	0,005	0,027	0,010	0,029
Norma FAO/OMS	0,03	0,01	0,01	0,15-0,30	0,003

Fuente: Swedish Geological, 1992.

## 7. Turismo ecológico y sus recursos

### 7.1 El paisaje fisiográfico y los relictos de áreas silvestres

El altiplano se caracteriza por una topografía plana a ligeramente inclinada, al interior de la cual emergen algunos sistemas de colinas generalmente alargadas en forma de serranías. Este paisaje está bordeado por las Cordilleras Occidental y Oriental, las cuales se juntan hacia el norte, en la parte peruana, haciendo que al altiplano se estreche y quede limitado allí prácticamente al Lago Titicaca. Hacia el centro y sobre todo hacia el sur de la región, el altiplano alcanza su mayor amplitud.

En el norte del Sistema TDPS, el principal elemento del paisaje es el Lago Titicaca, a cuyo alrededor se ha desarrollado históricamente la cultura y la economía de los pueblos de la región. En sus bordes se encuentran las mayores densidades de población rural del altiplano y se ubica uno de los centros urbanos más grandes de la cuenca (Puno), además de varias aldeas y pueblos dedicados a la agricultura y/o al turismo (Copacabana, Tiquina y otros). El paisaje de las llanuras ribereñas se caracteriza por una sucesión de pequeñas parcelas dedicadas a diferentes cultivos, lo que le da una tonalidad multicolor, con numerosas casas campesinas en su interior.

#### 7.1.1 Relictos de áreas silvestres

Además de este paisaje cultural, la cuenca es rica en diversos tipos de áreas naturales, las cuales han logrado conservarse gracias a sus difíciles condiciones climáticas, hidrológicas o topográficas, o a que su uso ha estado centrado en la explotación de especies de la fauna nativa (camélidos). De esta manera, a pesar de su ocupación tan antigua, la cuenca del TDPS presenta una alta diversidad, tanto paisajística como florística y faunística. Las áreas con mayores valores ecológicos aparecen en el Cuadro 43 y en la Figura 40.

#### Cuadro 43: MEDIOS NATURALES DE INTERES ECOLOGICO

Zona	Tipo de Medio	Características
1	Cuerpos de agua, lagos y lagunas	Macrófitas, peces, avifauna, sitios de reproducción.
2	Pradera, bofedales y ladera de cerros	Vegetación y fauna sil-vestre (vicuña, viscacha, aves, etc).
3	Pradera, bofedales y ladera de cerros	Vegetación y fauna sil-vestre (vicuña, viscacha, aves, etc).
4	Pradera, bosque, ladera de cerros	Arbustos nativos, fauna silvestre (vicuña, cóndor, suri, etc).
5	Llanura, pradera	Vicuña.
6	Pajonales y bosque	Arbustos nativos, pajo-nales, fauna silvestre (vicuña, suri, etc).
7	Orillas del Poopó	Avifauna (flamencos).

Fuente: Plan Director Binacional.

#### 2.1.2 Sistema de áreas protegidas

Para la protección de estos valores se ha creado un sistema de áreas protegidas, el cual abarca en la actualidad 6 reservas, con un total de 92.154 hectáreas, o sea 0,6% de la región.

#### [Figura 40](#)

Estas reservas, con sus objetivos, aparecen en el Cuadro 44 y en el mapa de la Figura 41. De ellas, la Reserva Nacional del Titicaca, localizada en Puno (Perú) es la única destinada a preservar una muestra del ecosistema lacustre del Titicaca y de su sistema de explotación por los indígenas uros (totoraes).

**Cuadro 44: AREAS PROTEGIDAS DEL SISTEMA TDPS (PERU-BOLIVIA)**

Zona	Area	Ubicación	Superficie (ha)	Objetivos
<i>Perú</i>				
1	Reserva Nacional del Titicaca	Puno	36.180	Flora, fauna acuática, tradiciones culturales
		Huancané		
<i>Bolivia</i>				
2	Reserva Nacional de Ulla Ulla	Camacho (La Paz)	15.000	Vicuña, mamíferos, aves
3	Parque Nacional Sajama	Carangas (Oruro)	29.900	Flora, vicuña, cóndor, suri
4	Parque Nacional Miriki	Pacajes (La Paz)		Puna
5	Santuario Cerro Comanche	Pacajes (La Paz)	74	Pajonales, Puya raimondii
6	Refugio de vida	Cercado (Oruro)	11.000	Vicuña

*Fuente:* Plan Director Binacional.

En todo caso, estas reservas son aún insuficientes para lograr la preservación de los mayores valores naturales y culturales de la cuenca, motivo por el cual es necesario crear nuevas reservas. Por otra parte, ni Perú ni Bolivia cuentan con los instrumentos necesarios para la administración de sus áreas protegidas. Ninguna tiene plan de manejo; Sajama y Miriki no están delimitadas; y Miriki, Cerro Comanche y Refugio de Cercado (Oruro) no cuentan con reconocimiento legal. La reserva en mejores condiciones es la de Ulla Ulla. Pero quizá lo más grave es la falta de recursos económicos y humanos suficientes para la vigilancia, la investigación y el desarrollo de estas áreas, por lo cual están sujetas a usos incompatibles con la preservación, tales como la sobreexplotación de totorales (en la Reserva Nacional del Titicaca) y quemadas, deforestación, agricultura y pastoreo en las otras áreas. En consecuencia, una de las prioridades de la administración debe ser la búsqueda de recursos económicos para garantizar la preservación, tanto de las existentes como de las nuevas áreas que se declaren.

## 7.2 Atractivos culturales

Los principales recursos culturales del altiplano son de cuatro tipos: arqueológicos, agrícolas, folclóricos y religiosos.

### [Figura 41](#)

#### • Valores arqueológicos

Los recursos arqueológicos se destacan en todo el altiplano, ya que (véase sección 1.1 del Capítulo 2), la región fue escenario del desarrollo de los diferentes períodos de la cultura Tiwanacu y de la posterior dominación inca. En consecuencia, en cada pueblo es posible encontrar huellas de este rico pasado precolombino. No obstante, algunas regiones son

157 especialmente ricas en valores arqueológicos, entre las cuales las más destacadas son las siguientes:

- *Zona de Tiwanacu*, en Bolivia, donde se encuentra el templo de Kalasasaya con su famosa Puerta del Sol, el templo de Pumapunku y la pirámide escalonada de Akapana. Estas grandes obras arquitectónicas encierran además grabados, cerámicas y otras muestras culturales.
- *Zona de Puno*, en Perú, en cuyas cercanías se encuentra una serie de vestigios arqueológicos tales como las tumbas de Sillustani, el monumento a la virilidad de Chucuito, los monolitos de Taraco y las chulpas de Vilquechico (Huancané), y otros muchos. Asimismo existen zonas con restos arqueológicos a los cuales no se les da la debida protección y mantenimiento y que son utilizados con fines diferentes a los culturales y turísticos (Ayaviri, Laraqueri y la zona norte y occidental del Sistema TDPS).
- *Zona arqueológica de Pucará y Kaluyo* (Perú).
- *Zonas de Copacabana (calendario solar), Oruro y otros sitios del altiplano central* de Bolivia, donde se encuentran tumbas y otras construcciones en barro y piedra.

#### 7.2.2 Valores agrícolas

Se trata básicamente de restos de andenes, waru-warus y cochas, tres tecnologías agrícolas de gran desarrollo durante los períodos Tiwanacu e Inca, que no han sido identificados en su totalidad y cuyas áreas son utilizadas en forma equivocada para potenciar su desarrollo agropecuario, destruyendo con ello la posibilidad de recuperar y actualizar el establecimiento de estas tecnologías ancestrales y aprovechar su real potencial de producción. Los andenes o terrazas de cultivo aparecen sobre todo en las colinas alrededor del Lago Titicaca, en el sector peruano. Una tradición dice que los españoles llamaron a esta cordillera la "cordillera de los andenes" (que posteriormente derivó en "los Andes"), debido precisamente a la abundancia de estas obras de cultivo en las montañas peruanas y bolivianas.

Los waru-warus o suka-kollos son cultivos en camellones utilizados al parecer masivamente en las zonas planas, con el fin de lograr un óptimo aprovechamiento del agua y defenderse contra las heladas. En la actualidad hay varios equipos dedicados a investigar los diferentes tipos de waru-warus y sus condiciones de producción. Experiencias llevadas a cabo recientemente muestran que, bajo las demás condiciones iguales, los rendimientos de la papa se multiplican hasta por cinco en los waru-warus.

Las cochas son depresiones circulares destinadas a almacenar agua lluvia para el riego de cultivos en camellones.

La agroforestería fue empleada también ancestralmente y en la actualidad se practica en ciertas zonas circumlacustres e islas del Titicaca. Esta actividad consiste en plantar, en áreas perimetrales a los cultivos, árboles y arbustos nativos que proporcionan nutrientes al suelo, brindan abrigo a especies animales y suministran productos de uso medicinal.

### Capítulo III. Recursos naturales: Uso, situación y perspectivas

También se puede incluir en esta categoría de valores las actividades de pesca y construcción de balsas de totora llevadas a cabo por los indios Unís en las islas flotantes de la Reserva Nacional del Titicaca (Perú) y en el Lago Poopó (Bolivia), así como la explotación de camélidos en la puna y en alta montaña andina.

#### 7.3.3 Valores folclóricos

La mayor parte de la población rural del altiplano es originaria o indígena, lo cual ha permitido que tanto la lengua (el aymara y el quechua) como muchas tradiciones y costumbres se hayan conservado. Las expresiones musicales autóctonas y las danzas populares son valores dignos de conocer. Los carnavales de Oruro, que cada año se celebran en el mes de febrero, están reputados entre los más importantes del mundo, por su interés folclórico. Pequeñas poblaciones de islas del Titicaca, como las de Taquile, Surique y Amantani, han logrado conservar intactas muchas de sus tradiciones y costumbres. En Puno es famosa la Fiesta de La Candelaria, así como las fiestas y ritos culturales de los pueblos de la región.

#### 7.2.4 Valores religiosos

Los templos constituyen la herencia física más importante dejada por la época colonial española. Muchos pequeños pueblos del altiplano tienen extraordinarias iglesias, dignas de conocer y admirar no sólo por su valor arquitectónico sino por su artesonado y por las numerosas pinturas religiosas que adornan sus muros. Por ejemplo, en Juli (Perú), hay cuatro imponentes iglesias dedicadas a distintos santos. También es importante la catedral de Puno. Muchos de estos valores no son conocidos y por tanto no son visitados por los turistas. En Copacabana (Bolivia) existe además un imponente santuario dedicada a la Virgen Morena de Copacabana, el cual es muy frecuentado por turistas religiosos de Bolivia y Perú.

#### 7.3 El Titicaca: un atractivo turístico

El principal recurso paisajístico del altiplano es, sin lugar a dudas, el Lago Titicaca, con su gran extensión y profundidad. Sus recursos pesqueros, tanto litorales como pelágicos, lo hacen especialmente apto para actividades de pesca no sólo comercial sino deportiva. Tiene islas de su riqueza cultural y paisajística (de especial interés son las islas del Sol, Taquile, Surique y Amantani, así como las islas flotantes de los Uros en Puno) y numerosas bahías, penínsulas y otros accidentes morfológicos de gran belleza escénica. Su paisaje general despierta sensaciones de grandiosidad y tranquilidad que atraen a grupos de turistas deseosos de establecer comunicaciones extrasensoriales. De especial valor son los paisajes de Juli, Pomata y Conima, las cataratas de Totorani y la formación de rocas sedimentarias de Ichu.

Algunos de estos valores son explotados en la actualidad para fines turísticos. Las infraestructuras más importantes están localizadas en Puno (Perú), donde hay un hotel de cinco estrellas y numerosos hoteles de diferente categoría; en Copacabana (Bolivia), donde además existe un santuario religioso muy frecuentado; en el estrecho de Tiquina, famoso por la forma en que numerosos botes transportan a los vehículos de un extremo a otro del estrecho; y en el costado suroccidental del Lago, cerca a La Paz, donde hay numerosos establecimientos hoteleros de diferente categoría.

#### 7.4 Especies en peligro de extinción

La biodiversidad del altiplano tiene un carácter endémico que resulta de la evolución de la región altiplánica, única por su extensión y gran altitud. No obstante, los problemas de deforestación, quema de formaciones arbustivas y herbáceas, caza e introducción de especies exóticas en los lagos, han afectado severamente dicha biodiversidad, hasta el punto de poner en peligro de extinción a varias especies del altiplano. El Cuadro 45 muestra las especies de la fauna identificadas hasta el presente en vía de extinción o en situación vulnerable.

#### Cuadro 45: ESPECIES EN PELIGRO

Nombre Vulgar	Nombre Científico	Localización
<i>En vía de extinción</i>		
Chinchilla	Chinchilla brevicaudata	
Flamenco jamesi	Phoenicopterus jamesi	Sector Poopó
Flamenco andino	Phoenicopterus andinus	Sector Poopó
Suri	Pterocnemia andinus	Suroeste TDPS
Karache	Orestias cuvieri	Titicaca
<i>En situación vulnerable</i>		
Zorro colorado	Ducicyon culpaeus	Norte TDPS
Taruka	Hyppocamelus antisensis	
Vicuña	Vicugna vicugna	Todo TDPS
Guanaco	Lama guanicoe	
Cóndor andino	Vultur gryphus	Sajama
Ajojoy	Fulica americana peruviana	Titicaca
Rana del lago	Telmatobius culeus	Titicaca
Karache	Orestias olivaceus	Titicaca
Karache	Orestias mullen	Titicaca
Boga	Orestias pentlandii	Titicaca
Mauri	Trichomycterus rivulatus	Lagos, ríos

Suche	Trichomycterus dispar	Lagos, ríos
-------	-----------------------	-------------

En cuanto a la vegetación, hoy en día sólo quedan relictos de especies que en el pasado eran abundantes. Tal es el caso en particular del roque (*Colletia spinosissima*), colla colla (*Archyroclina vauthioriana*), carihua (*Senecio sp.*), Sta Mari (*Tanacetum parthenium*), garbancillo (*Astragalus garbancillo*), sallihua (*Cassia sp.*), cantuta (*Cantuta buxifolia*), altamisa (*Ambrosia arborescens*), chilca (*Baccharis sp.*), así como de la queñoa (*Polylepis sp.*), las cactáceas (*Opuntia sp.*), Q'olli (*Buddleja sp.*) y puya (*Puya raimondii*).

La protección de estas especies requiere la conformación de un Sistema de Areas Protegidas del Altiplano. Para el efecto, la Figura 42 muestra una propuestas de áreas a proteger o a estudiar, debido a los valores especiales que encierran.

[Figura 42](#)





---

# Capítulo IV. Manejo de la calidad ambiental

---

- [1. Instituciones y gestión ambiental](#)
  - [2. Marco jurídico para la gestión ambiental](#)
  - [3. Educación y medio ambiente](#)
  - [4. Evaluación económica del medio ambiente](#)
  - [5. Perspectivas de cooperación entre los países en el área fronteriza](#)
- 

## 1. Instituciones y gestión ambiental

### 1.1 Competencias genéricas de los tres poderes

Las competencias jurídicas de los tres poderes son similares en Bolivia y Perú. El poder ejecutivo es ejercido por el Presidente de la República, elegido por votación popular. Tiene a su cargo las tareas de gobierno y defensa de la Nación, la administración pública de los diferentes sectores económicos y sociales, la prestación de los servicios públicos básicos y la promoción del desarrollo, entre otras, de acuerdo con la Constitución y las leyes. En este sentido, es al poder ejecutivo al que compete la función de administrar los recursos naturales renovables y proteger el medio ambiente. A nivel municipal, el poder ejecutivo es ejercido por los alcaldes, elegidos también por voto popular.

El poder legislativo está en manos del Congreso Nacional. Tiene a su cargo la elaboración de la leyes y la fiscalización del Gobierno. Cada municipio o municipalidad tiene a su vez un Consejo Municipal, encargado de dictar las normas a este nivel y de fiscalizar a la administración municipal.

El poder judicial es ejercido por el Consejo Nacional de la Magistratura (Perú) o la Corte Superior de Justicia (Bolivia). Tiene a su cargo la administración de justicia en todo el territorio nacional.

Los tres poderes son independientes y cuentan con mecanismos políticos y administrativos de coordinación, para facilitar las tareas de gobierno y administración del Estado.

### 1.2 Rangos ministeriales para la gestión ambiental

En Bolivia, la gestión ambiental está a cargo directamente del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, dependiente directamente del Presidente de la República. Este ministerio tiene tres funciones básicas: a) la planificación del desarrollo nacional y el ordenamiento territorial, b) la protección de los recursos naturales y del medio ambiente y c) la organización y fomento de la participación popular. La segunda función está a cargo de la Secretaría Nacional de Recursos Naturales y

Medio Ambiente, la cual se creó mediante la Ley 1493 de 1993 a fin de dar un manejo suprasectorial a la administración ambiental del país. Cuenta con tres subsecretarías: la de Medio Ambiente, encargada del control de las actividades productivas y sociales susceptibles de contaminar el medio ambiente (agua, aire, suelo, paisaje, medio sonoro, manejo de residuos sólidos y otros); la de Recursos Naturales, encargada de las actividades de conservación de tierras, control del aprovechamiento forestal, conservación y manejo de cuencas hidrográficas y de riesgos naturales y conservación de la biodiversidad; y la de Promoción, encargada de las tareas de educación ambiental y promoción del desarrollo sostenible.

En Perú, el modelo vigente de administración ambiental tiene un esquema sectorial, si bien las acciones de los diferentes sectores deben ser coordinadas por el Consejo Nacional Ambiental (CONAM) creado en diciembre de 1994. La Constitución Nacional expedida en 1993 establece en sus artículos 67 a 69 la obligación del Estado de determinar la política ambiental, promover el uso sostenible de los recursos naturales, promover la conservación de la biodiversidad y de las áreas protegidas, así como el desarrollo sostenible de la Amazonia. En la actualidad la administración ambiental se realiza de la siguiente manera:

CONAM es el organismo rector de la política nacional ambiental; depende del Presidente del Consejo de Ministros y es responsable de planificar, promover coordinar, controlar y velar por el ambiente y el patrimonio natural de la Nación. En relación con los ministerios, el CONAM concerta acciones entre los diferentes sectores o organismos del gobierno central, regional y local en materia ambiental, a fin de que éstas guarden armonía con las políticas establecidas.

Cada ministerio es responsable de la administración ambiental de su respectivo sector. Así, el Ministerio de Minas debe dictar las normas y reglamentos de protección ambiental minera y controlar su aplicación en las diferentes minas del país; el Ministerio de Industria y Comercio debe hacer lo propio con las industrias; el Ministerio de la Pesquería debe no sólo fomentar sino controlar el aprovechamiento pesquero, con el objeto de conservar las especies ícticas; el Ministerio de Salud debe dictar normas y controlar el uso del agua, las emisiones atmosféricas y el manejo de residuos sólidos desde el punto de vista de la salud humana; y así sucesivamente.

Dentro de este esquema, el Ministerio de Agricultura debe controlar los problemas de degradación de tierras y aguas ligados al desarrollo de actividades agropecuarias, controlar el aprovechamiento forestal y proteger la biodiversidad; y también en el Ministerio está el Instituto Nacional de los Recursos Naturales (INRENA), a cuyo cargo está la administración del Sistema Nacional de Areas Protegidas (SNAP), el control del aprovechamiento forestal y faunístico, la conservación y recuperación de suelos y el manejo de cuencas hidrográficas.

### **1.3 Vacíos de la cobertura institucional**

En el caso de Bolivia, el esquema institucional vigente es muy reciente y a nivel nacional parece el más indicado, no sólo por el rango ministerial que tiene la gestión ambiental sino porque está estrechamente ligada al sistema de planificación nacional. Sin embargo, no se observa un proceso reorganizativo paralelo en los niveles regional y municipal, que son los niveles donde se sienten los problemas ambientales y donde, en consecuencia, debe haber niveles correspondientes de administración, dentro de un esquema que coordine e integre adecuadamente los niveles local, regional y nacional.

En el caso de Perú, aunque el esquema sectorial vigente ha mostrado pocos resultados en otros países



latinoamericanos que lo han ensayado, es de esperar que la acción del Consejo Nacional Ambiental permita que cada ministerio otorgue la prioridad que merece la problemática ambiental.

## 2. Marco jurídico para la gestión ambiental

### 2.1 Normas sobre el suelo y su uso

No hay reglamentos específicos sobre uso del suelo ni en Bolivia ni en Perú, salvo las normas que establecen reservas de dominio o de uso del suelo y del subsuelo.

La Constitución peruana de 1993 establece en su artículo 66 que los recursos naturales renovables y no renovables son patrimonio de la Nación y que el Estado es soberano en su aprovechamiento. Las condiciones de utilización y de otorgamiento a particulares son fijadas por ley orgánica y la concesión otorga a su titular un derecho real sujeto a la norma legal. De otro lado, el artículo 70 establece que la propiedad es un derecho inviolable y que la privación de la misma sólo podrá hacerse por seguridad nacional o necesidad pública, previo pago de su valor. El artículo 73 determina igualmente que los bienes de dominio público son inalienables e imprescriptibles y que los bienes de uso público pueden ser concedidos a particulares conforme a la ley, para su aprovechamiento económico.

La Constitución de Bolivia, expedida en 1967 y reformada en algunos aspectos en 1994, señala por su parte que "son de dominio originario del Estado, además de los bienes a los que la ley les da esa calidad, el suelo y el subsuelo, con todas sus riquezas naturales, las aguas lacustres, fluviales y medicinales, así como los elementos y fuerzas físicas susceptibles de aprovechamiento" (artículo 136).

En seguimiento de las normas contenidas en la ley 1493 de 1993, el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de Bolivia está en proceso de elaborar una zonificación de las distintas regiones del país, con la finalidad de dictar normas específicas sobre uso del suelo, en función de sus capacidades y limitantes.

### 2.2 Normas sobre el agua y los lagos

En Bolivia la legislación de aguas vigente es relativamente dispersa y antigua. Entre las normas más importantes es posible citar las siguientes:

- Ley de 4 de noviembre de 1874 sobre servidumbre de tránsito de aguas en beneficio de predios situados en cotas inferiores.
- Decreto de 8 de septiembre de 1879 y Ley de Aguas de 1906, sobre dominio y aprovechamiento de aguas.
- Oposición a la adjudicación de aguas, circular de 27 de junio de 1913.
- Código Civil Boliviano: De las servidumbres derivadas.
- Ley de 27 de noviembre de 1945 sobre aprovechamiento de aguas sobrantes.
- Decreto Ley No 03464 del 2 de agosto de 1953 y Ley de 29 de octubre de 1956 sobre Reforma Agraria, en lo tocante a "Régimen de aguas".
- Código de Minería del 7 de mayo de 1965, en lo tocante a "Uso y aprovechamiento de

aguas".

En relación con la descarga de desechos industriales la normatividad es la siguiente:

- Decreto Supremo No 17815 del 27 de noviembre de 1980 y "Reglamento sobre lanzamiento de desechos industriales en los cuerpos de agua", aprobado por Resolución Ministerial No 010 de 24 de enero de 1985.
- Decreto Supremo No 14368 del 14 de febrero de 1977, "Reglamento general para el manejo de residuos sólidos".

En la actualidad existe un proyecto de Ley de Aguas está en curso de estudio por parte del Congreso de la República.

En Perú la legislación está conformada por:

- Decreto Ley N° 17752 de 1969 o "Ley General de Aguas", la cual norma todos los aspectos relativos a su aprovechamiento y conservación.
- Decretos Supremos N° 261-69-AP, 41-70-A, 274-69-AP, 923-73-AG, 473-75-AG, 930-73-AG y 495-71-AG, reglamentarios de los distintos títulos de la ley.
- Decreto Legislativo N° 17505 de 1969 o "Código Sanitario", el cual norma los aspectos relativos al saneamiento ambiental, entre ellos los relativos a la calidad del agua, el aire, el ruido y los desperdicios.
- Decreto Legislativo N° 611 de 1990 o "Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales", el cual establece en cabeza del Ministerio de Salud la responsabilidad de garantizar la calidad del agua para consumo humano y, en general, para las demás actividades en que su uso es necesario.

El tratamiento de los problemas de los lagos está incluido dentro de la legislación general de aguas. Estas normas están siendo objeto en la actualidad de una revisión, con el fin de adecuarlas a los cambios operados en el país en los últimos años y a las políticas de desarrollo vigentes.

### **2.3 Normas sobre forestación y bosque nativo**

En Bolivia la normatividad forestal está contenida en el Decreto Ley N° 11686 de 1976 o Ley General Forestal de la Nación, cuyo propósito es promover, regular y fiscalizar el aprovechamiento, comercialización e industrialización de los recursos forestales. Esta ley se encuentra desarrollada en el Decreto Supremo No 14459 de 1977, el cual la reglamenta en su totalidad, salvo en los aspectos de educación forestal.

En Perú rige la Ley Forestal y de Fauna Silvestre (Decreto Ley No 21147 de 1975), la cual norma la conservación de los recursos forestales y de la fauna silvestre y establece el régimen de uso, transformación y comercialización de los productos que se deriven de ellos.

Tanto en Bolivia como en Perú estas normas están en proceso de actualización.

### **2.4 Normas conservacionistas vinculadas a áreas de interés particular**

La Ley General Forestal de Bolivia establece, además del régimen de producción, un régimen de

protección, con vedas y zonas de protección clasificadas y normas específicas para la rehabilitación de tierras de dominio privado, control de incendios, plagas y enfermedades forestales, desmontes y chaqueos y cortinas rompevientos.

De igual manera, la Ley Forestal y de Fauna Silvestre de Perú contempla las definiciones y normas básicas sobre las llamadas Unidades de Conservación: parques nacionales, reservas nacionales, santuarios nacionales y santuarios históricos. El Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales establece las normas generales sobre patrimonio natural, diversidad genética y manejo de áreas protegidas. Asimismo determina las normas generales que deben ser tenidas en cuenta por las autoridades competentes para el manejo ambiental de la minería, la energía, la prevención de desastres, las infraestructuras, la salubridad pública, la limpieza pública, el agua potable y el alcantarillado, así como el sistema de sanciones.

## **2.5 Principales limitaciones del marco jurídico**

Las principales limitaciones de la legislación ambiental vigente son su dispersión y su antigüedad. En algunos casos se podría añadir su carácter eminentemente sectorial, por cuanto su objetivo principal es el desarrollo económico del sector y, secundariamente, su conservación.

La legislación más antigua y dispersa es la de aguas en Bolivia, si bien es cierto que existe un proyecto de ley aprobado por el Senado en enero de 1988, pero detenido en la Cámara de Diputados desde entonces. La expedición de un instrumento legal en materia de administración de aguas es muy necesaria dado que este es el recurso más importante para el desarrollo futuro del altiplano y, además, porque presenta los de conservación son críticos en algunos sectores, especialmente mineros.

En relación con los recursos biológicos, se considera necesario separar la legislación sobre desarrollo forestal de la concerniente a la conservación de la biodiversidad y de las áreas protegidas, puesto que conforman dos intereses antagónicos.

El Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales de Perú contiene un conjunto de disposiciones generales sobre protección de los recursos naturales renovables y manejo de elementos ambientales, pero deja bajo la responsabilidad de las autoridades competentes (nacionales, regionales, municipales o sectoriales) la responsabilidad de dictar los reglamentos y vigilar su cumplimiento.

# **3. Educación y medio ambiente**

El sistema educativo formal en general no dispone de una política expresa y estructurada para incorporar la dimensión ambiental en los programas de enseñanza. Por su parte, el sector no formal no desarrolla sus acciones en forma permanente y coordinada y sus actividades son aisladas y sectoriales. Lo anterior es tanto más preocupante en cuanto que es necesario cambiar ciertas actitudes culturales de la población para mejorar su nivel de vida y crear condiciones para el mejoramiento ambiental.

## **3.1 Educación formal**

### **3.1.1 Educación primaria**

En el nivel de la educación primaria, la formación ambiental se da como parte de las asignaturas de ciencias sociales y biológicas y, por lo general, es muy teórica y alejada de la realidad física, ecológica,

social, cultural y económica de los países y específicamente de la región del altiplano.

### **3.1.2 Educación secundaria**

La formación a nivel secundario adolece de las mismas limitaciones de la educación básica primaria, aunque, en este caso, el interés en el tema del profesor de ciencias sociales o de biología puede llegar a desempeñar un papel importante, mediante charlas o ejemplos que puede sacar de su propia experiencia.

No obstante, los docentes no disponen de herramientas adecuadas para la enseñanza de sus materias. Los textos, su principal instrumento, son por lo general muy teóricos y sus ejemplos e ilustraciones se refieren a realidades diferentes a las del altiplano y aun a las del país. Al parecer, esta es una de las causas de la deserción escolar en las zonas rurales del altiplano.

Por otra parte, la formación de los docentes, tanto a nivel primario como secundario, no es la más adecuada tanto en nivel como en contenidos, y no existen programas de capacitación en el área ambiental, ya sea de tipo permanente o esporádico.

### **3.2 Educación no formal**

La educación no formal es impartida de alguna manera por las organizaciones no gubernamentales (ONG), las instituciones oficiales y los medios masivos de comunicación.

#### **3.2.1 Las organizaciones no gubernamentales**

Las numerosas ONG que operan en el altiplano imparten en su mayor parte algún tipo de formación a la población local beneficiada, pero no sobre asuntos ambientales específicos. Dadas las condiciones de pobreza de la región, la mayoría de tales organizaciones, o por lo menos las más fuertes, se dedican a promover el desarrollo socioeconómico, en campos tales como la agricultura, la ganadería de camélidos, los caminos, la electrificación rural, el saneamiento ambiental (agua potable y disposición de excretas), el riego, la explotación de aguas subterráneas, el mejoramiento de la vivienda y otros similares.

Las organizaciones de corte ambientalista, aunque pueden llegar a ser numerosas, sobre todo el sector peruano, no disponen de los recursos necesarios para realizar una acción de promoción significativa. Quizá los esfuerzos más notables en esta área los realizan las ONG que trabajan en la revalorización y recuperación de waru warus y terrazas, dos tecnologías precolombinas de uso de la tierra altamente eficientes desde el punto de vista ambiental (y económico), caídas en desuso desde la época de la colonia. Las ONG dedicadas exclusivamente a la educación ambiental son muy pocas y con muy limitada capacidad operativa y financiera.

#### **3.2.2 Las instituciones oficiales**

Como se mencionó en la sección 1.9 del Capítulo 2, son realmente pocas las instituciones oficiales que actúan en el altiplano. Los programas de investigación, promoción y extensión agropecuaria llevados a cabo en los últimos años no han sido ejecutados en forma efectiva y permanente. Los departamentos técnicos del MACA (Bolivia) y del Ministerio de Agricultura en Perú prácticamente no están representados en el área rural del altiplano, y sólo actúan en forma muy puntual y específica entidades especializadas como IBTA, SEMTA, INIAA e INADE.

#### **3.2.3 Los medios de comunicación**

La preocupación de los medios de comunicación por el tema ambiental es fundamentalmente noticiosa y centra el interés sobre todo en los aspectos de tipo patológico que puedan llamar la atención del público. Además, a nivel del altiplano rural, donde la gente no ve televisión ni lee los diarios y apenas escucha radio, la influencia real de estos medios es muy limitada.

## 4. Evaluación económica del medio ambiente

### 4.1 Enfoque institucional

Tanto en Perú como en Bolivia, la administración del ambiente y de los recursos naturales sigue un enfoque esencialmente normativo y no promotor de usos y manejos deseables de los recursos y valores ambientales. Este enfoque normativo se basa esencialmente en las siguientes acciones:

- Dictado de leyes, decretos, resoluciones y reglamentos, generalmente de tipo restrictivo, sobre el uso y manejo de los recursos y valores ambientales.
- Creación de entidades de administración ambiental o adscripción de estas funciones a organismos de desarrollo sectorial, aunque en ambos casos la capacidad financiera y operativa de los entes u oficinas encargadas es muy baja.
- Gestión administrativa fundamentalmente documental, esto es, basada en exigencias de papeles, estudios, documentos de tipo notarial y otros, y en la concesión de licencias o permisos. Lo normal es que cada solicitud de permiso tenga un voluminoso expediente en los archivos del ente administrativo. La gran cantidad de exigencias hace que, normalmente, la mayoría de usuarios prefiera adelantar los aprovechamientos sin el permiso o licencia correspondiente, aunque ello les acarree una eventual sanción.
- Control o fiscalización débil o inexistente sobre el uso y manejo real de los recursos y valores ambientales, con permiso o sin él.

Por otro lado, la acción de promoción de usos y manejos ambientales deseables es muy débil o inexistente. No existe un sistema de incentivos, o cuando existe no se aplica. No hay inversiones en experimentación, demostración y promoción de sistemas o tecnologías de manejo ambientalmente aceptables. No hay crédito blando para reconversión industrial, sobre todo en el sector minero. Las entidades o empresas públicas son por lo general las primeras en incumplir las normas.

### 4.2 Análisis de causas

Las causas de la situación ambiental descrita y del manejo institucional de la misma son de tres tipos:

*De orden económico:* Las actividades productivas se basan en la idea del máximo beneficio económico al costo mínimo, lo que ha llevado a desconsiderar las variables ambientales y sociales en la planificación y ejecución de tales actividades, generando impactos negativos sobre los recursos naturales y el medio ambiente en general. Este concepto de desarrollo se basa además en las leyes de la oferta y la demanda, que hacen que los espacios y paisajes se arrienden ecológicamente para la producción de bienes de alta demanda en el mercado nacional e internacional, sin preocuparse por el cuidado de los recursos productivos.

*De orden socio-cultural:* El paisaje cultural actual es el resultado de la sobreimposición de

distintos sistemas sociales, económicos y tecnológicos, la cual se refleja en una gran desorganización estructural en la tenencia y uso de la tierra, con altos niveles de pobreza, sobreexplotación de recursos y baja movilidad social entre las clases estructurales, dando lugar a una diferenciación cultural intimamente ligada al proceso de transferencia tecnológica. Esto ha generado áreas culturales con distintos niveles de explotación de recursos, cuya presencia alimenta el caos ambiental.

*De orden político:* En general, las políticas de los gobiernos han sido fundamentalmente sectorialistas y monolíticas, orientadas hacia la producción y el consumo de bienes, lo que ha impedido tener una visión integral de los problemas del ambiente y ha restado a los gobiernos capacidad de respuesta a los cada vez más complejos problemas ambientales. Como consecuencia, la asignación de recursos para el sector ambiental es muy baja.

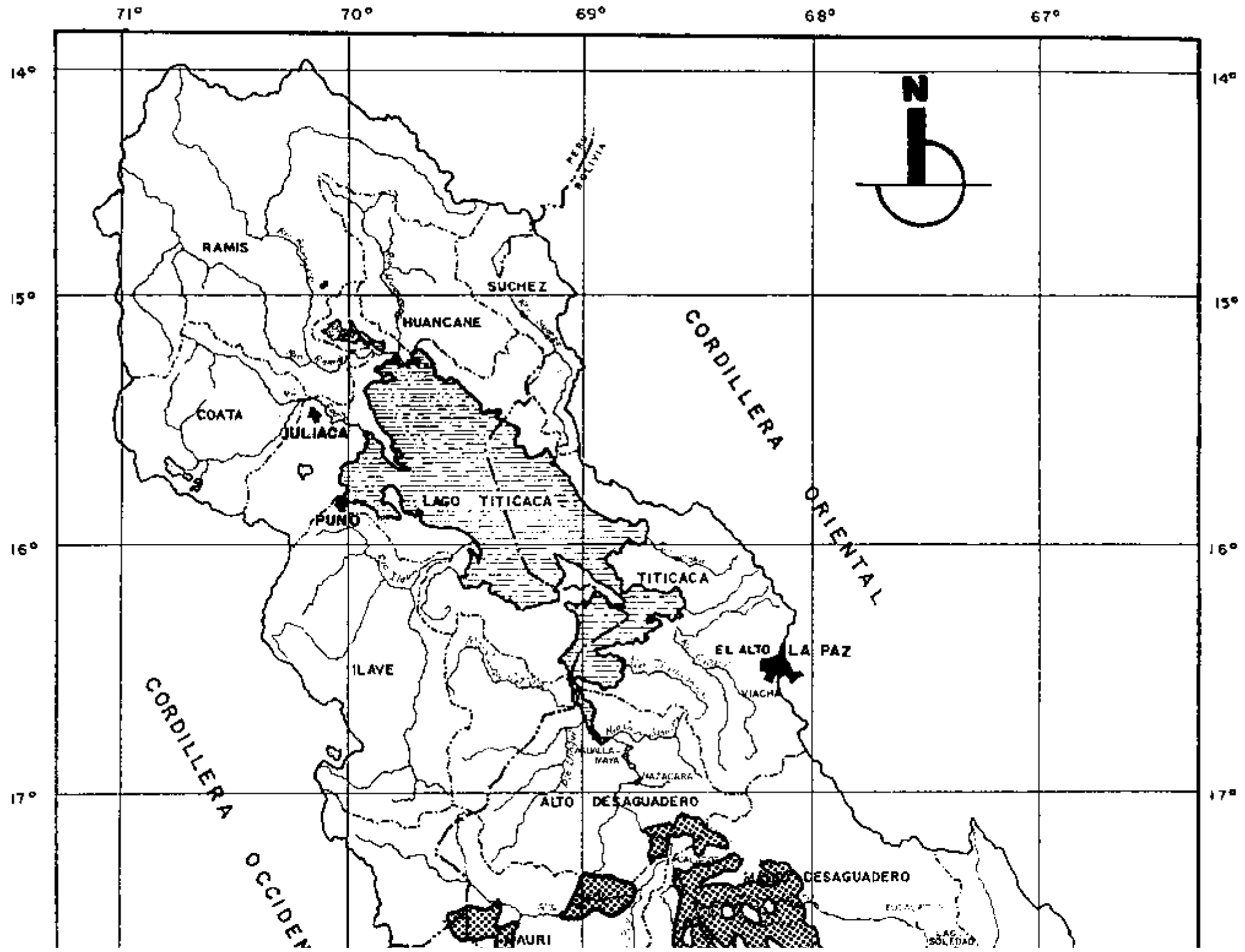
## 5. Perspectivas de cooperación entre los países en el área fronteriza

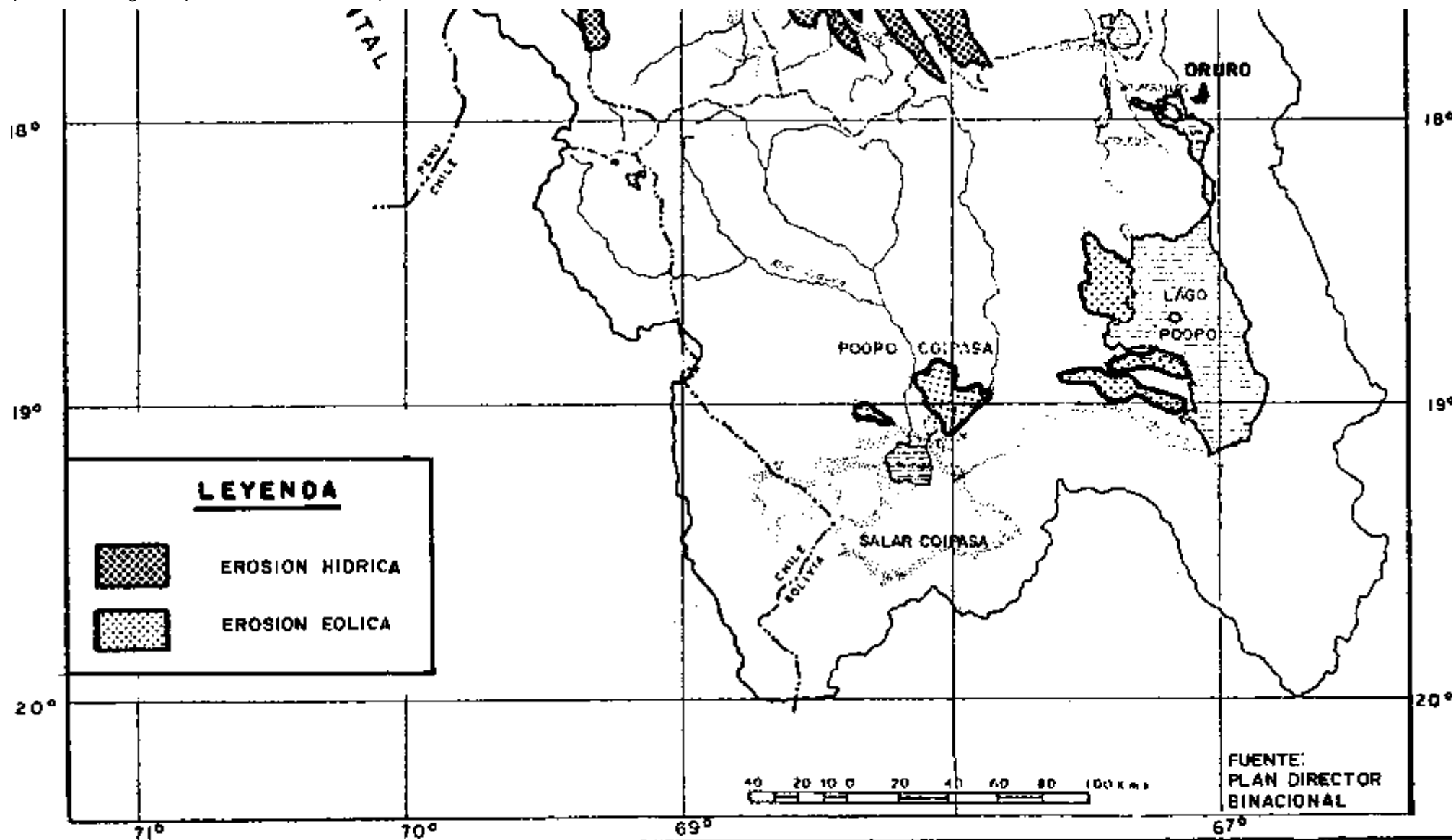
Los esfuerzos de cooperación entre Perú y Bolivia para el manejo de los recursos naturales, especialmente hídricos, del altiplano datan de algunos decenios. Una Convención Preliminar para el Estudio del Aprovechamiento de las Aguas del Lago Titicaca fue firmada en Lima el 30 de julio de 1955. El 19 de febrero de 1957 se aprobó un Plan Para el Estudio Económico Preliminar del Aprovechamiento Común de las Aguas del Lago, sin alterar sustancialmente las condiciones de uso por la otra parte y "tomando en consideración los índices económicos o valores intrínsecos del volumen del agua que se derive... para fines industriales, de riego u otros" (artículo 1). El mismo documento reconoce "el condominio indivisible y exclusivo que ambos países ejercen sobre las aguas del Lago Titicaca" y prevé la creación de una Subcomisión Mixta para llevar a cabo los estudios económicos preliminares y sometidos a consideración de la Comisión Mixta Peruano-Boliviana.

La ratificación de estos documentos sólo se llevó a cabo el 20 de febrero de 1987 y permitió el inicio de las actividades de la Subcomisión Mixta para el Desarrollo de la Zona de Integración del Lago Titicaca (SUBCOMILAGO). En desarrollo de estas actividades se han realizado y continúan realizando los estudios y planes para el manejo de la zona, ampliada por acuerdo a la totalidad de la cuenca endorréica del altiplano, dada su integración hidrológica natural (Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa "TDPS"). Dentro de este marco, cada país ha creado una unidad operativa para la ejecución de las tareas previstas en los estudios y planes (Proyecto Especial Lago Titicaca, PELT-Perú y Subcomilago-Bolivia).

El paso siguiente es la conformación formal de la Autoridad Autónoma del Lago Titicaca (ALT), como organismo supremo de administración conjunto del Sistema. En la actualidad existe el Comité de Transición a la Autoridad Autónoma del Lago Titicaca, el cual está a cargo de la coordinación entre los dos países y de la conformación de la ALT.







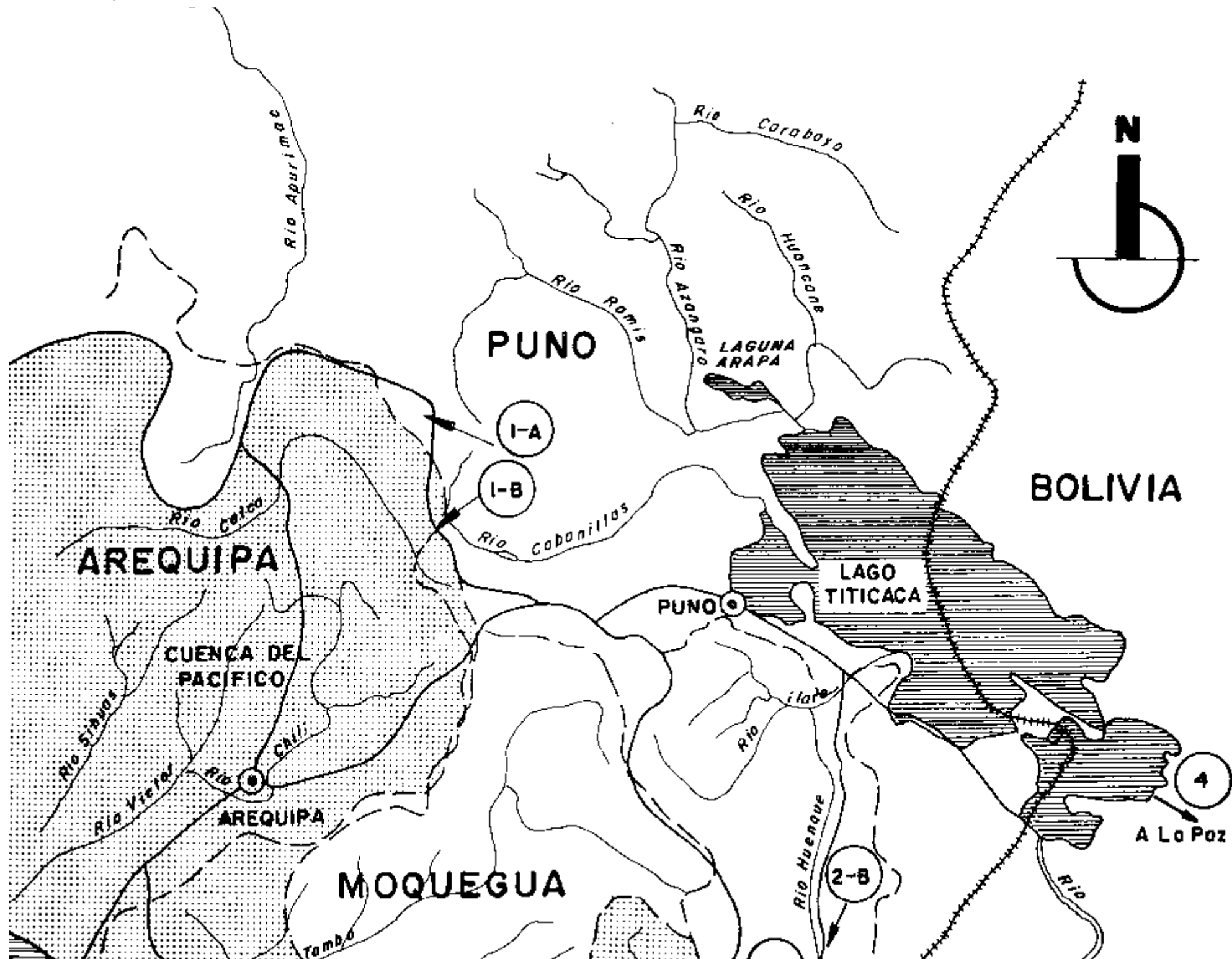
**ALT**  
**OEA-PNUMA**

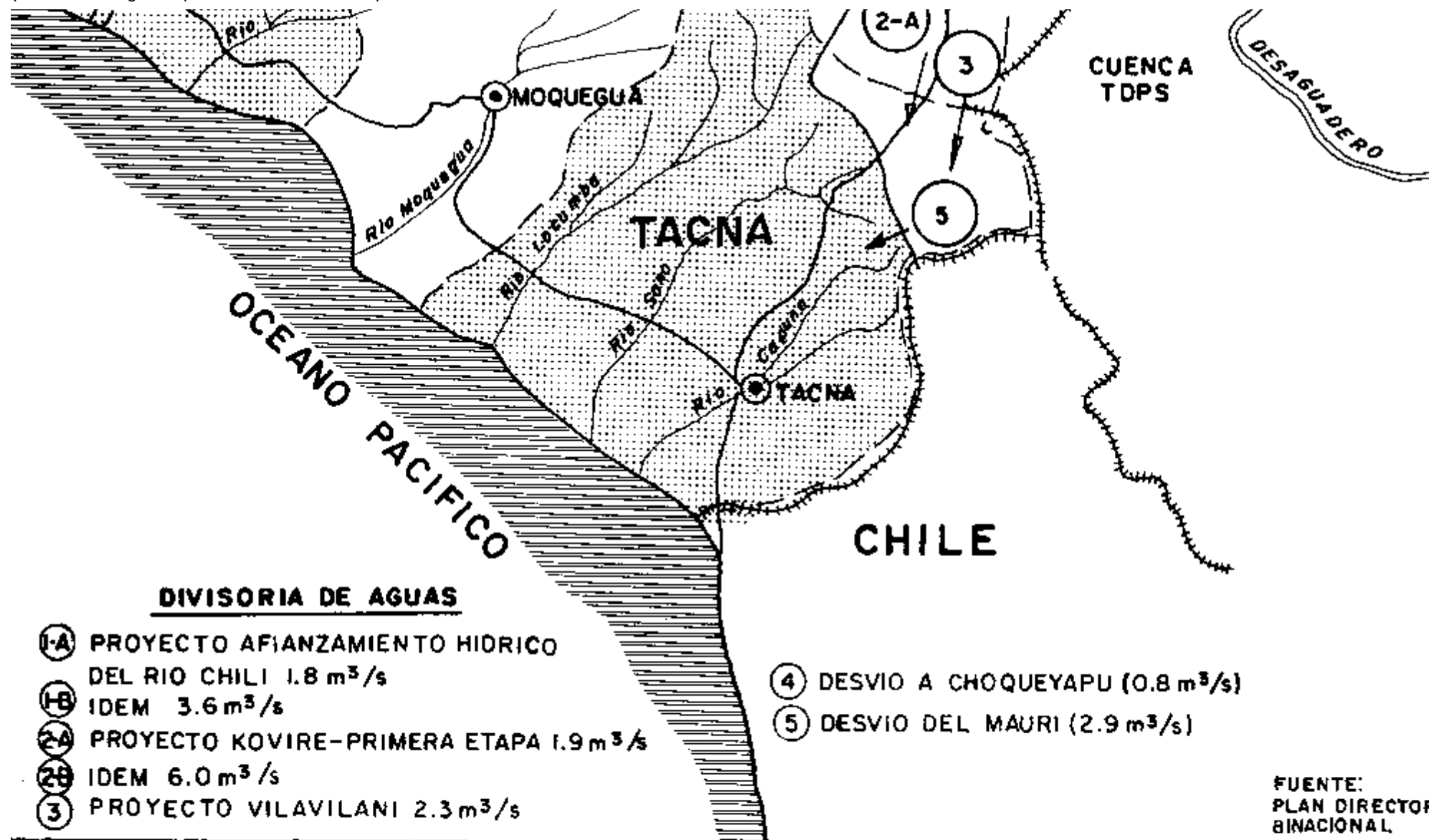
**SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-POOPO-SALAR DE COIPASA**  
**PRINCIPALES AREAS EROSIONADAS**

**FIGURA N°**

**26**







**DIVISORIA DE AGUAS**

- ①-A PROYECTO AFIANZAMIENTO HIDRICO DEL RIO CHILI 1.8 m<sup>3</sup>/s
- ①-B IDEM 3.6 m<sup>3</sup>/s
- ②-A PROYECTO KOVIRE-PRIMERA ETAPA 1.9 m<sup>3</sup>/s
- ②-B IDEM 6.0 m<sup>3</sup>/s
- ③ PROYECTO VILAVILANI 2.3 m<sup>3</sup>/s

- ④ DESVIO A CHOQUEYAPU (0.8 m<sup>3</sup>/s)
- ⑤ DESVIO DEL MAURI (2.9 m<sup>3</sup>/s)

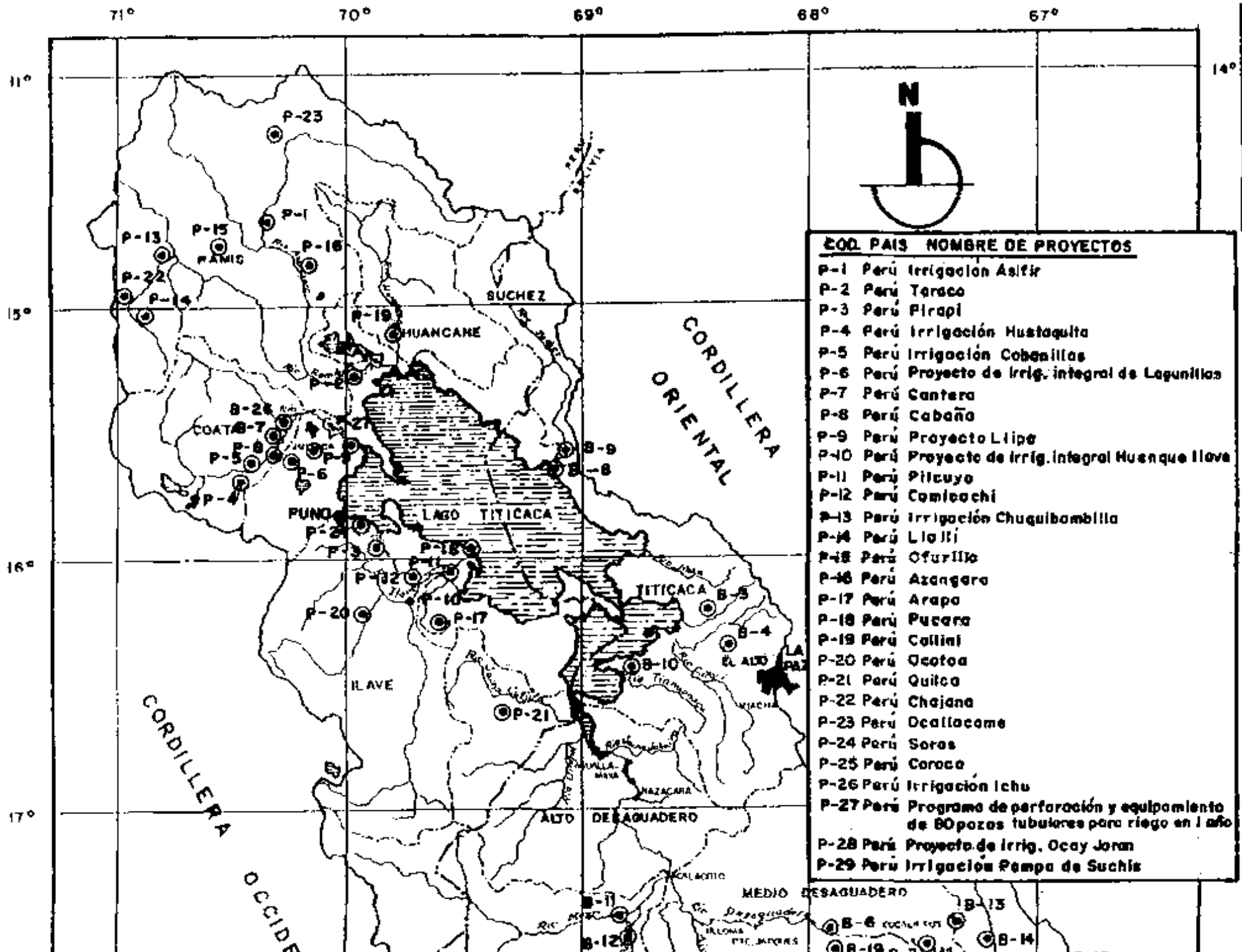
FUENTE:  
PLAN DIRECTOR  
BINACIONAL

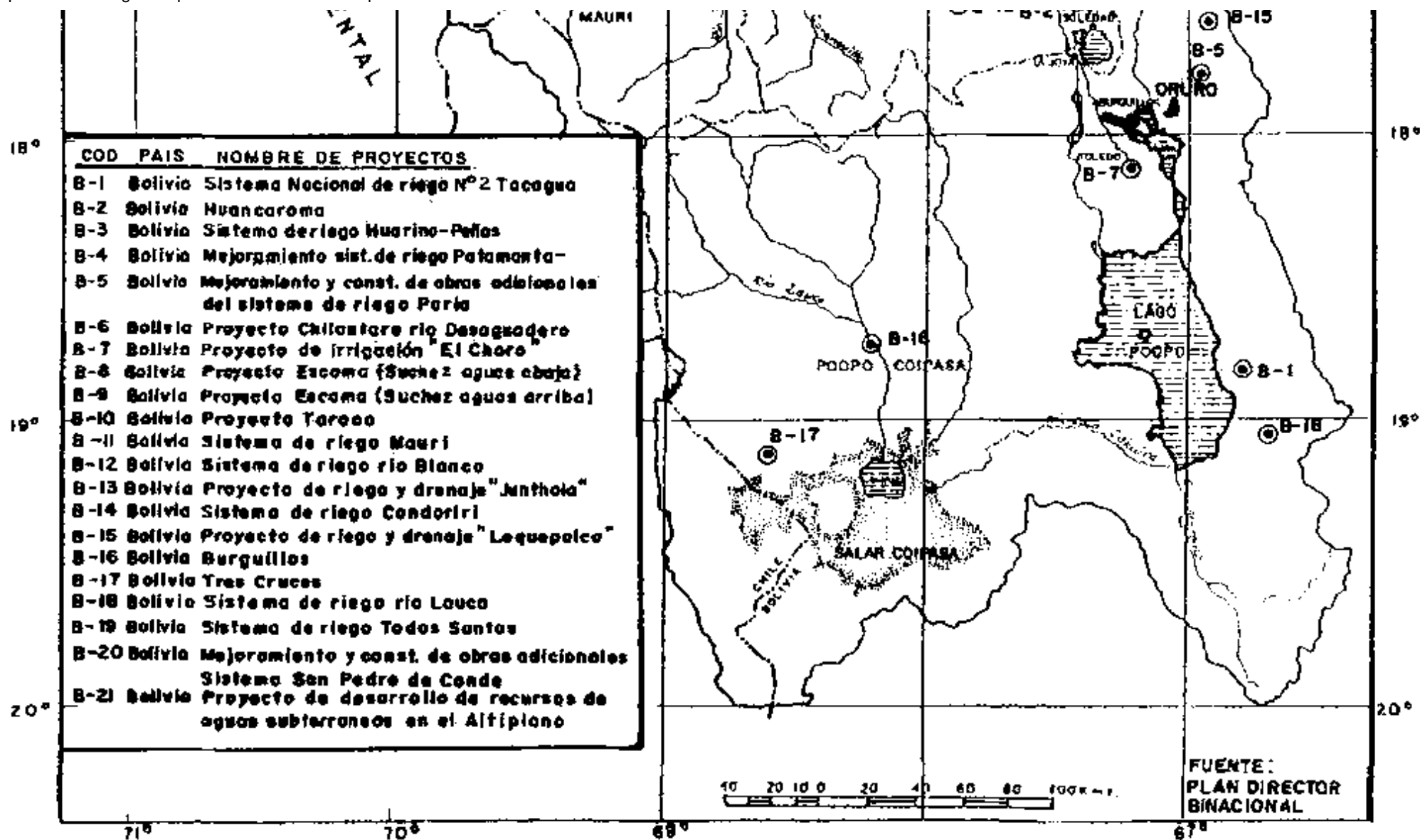
**ALT**  
OEA-PNUMA

**SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA**  
**POSIBLES TRASVASES HIDRICOS A LAS CUENCAS**  
**VERTIENTES AL PACIFICO**

**FIGURA N°**

**27**

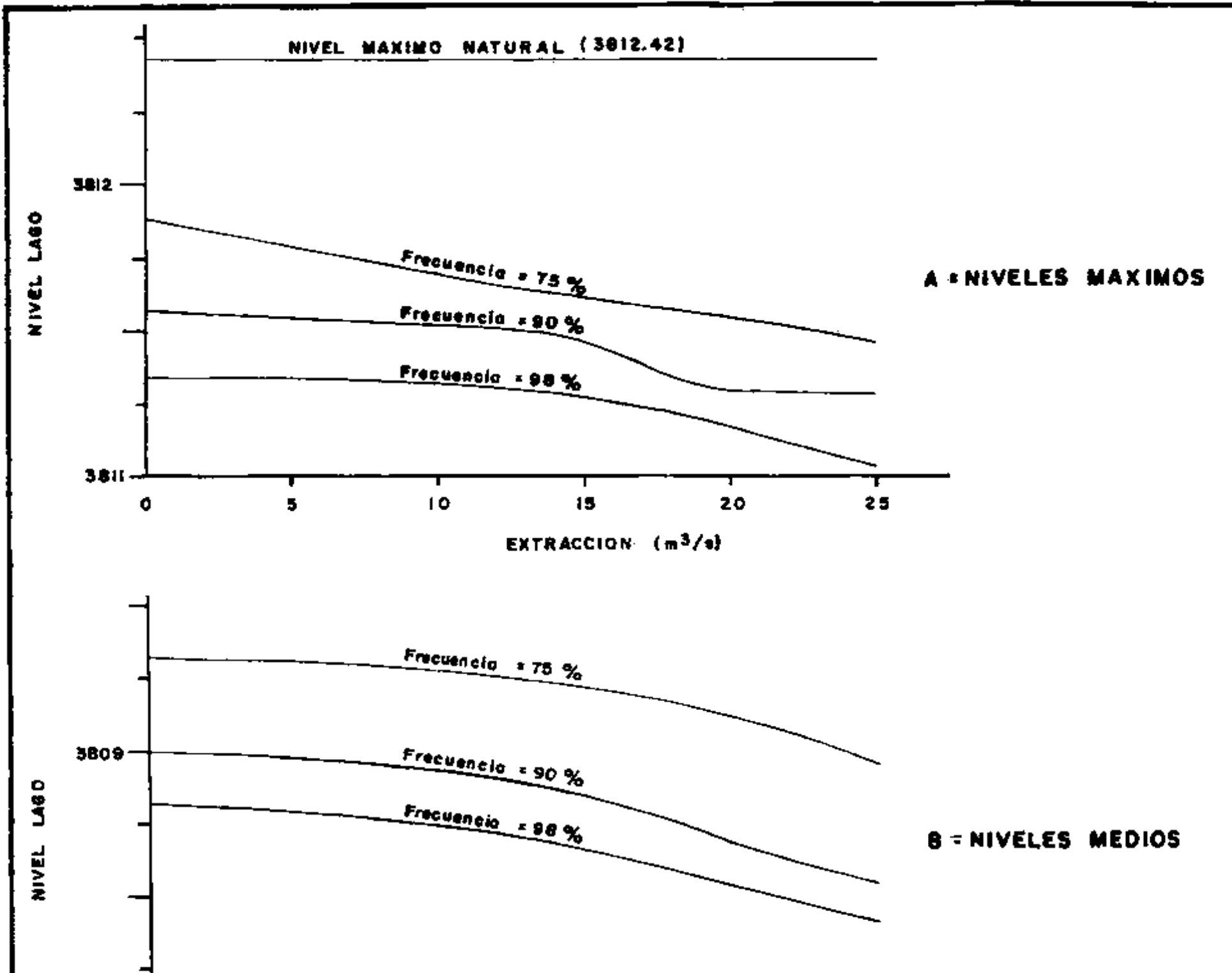


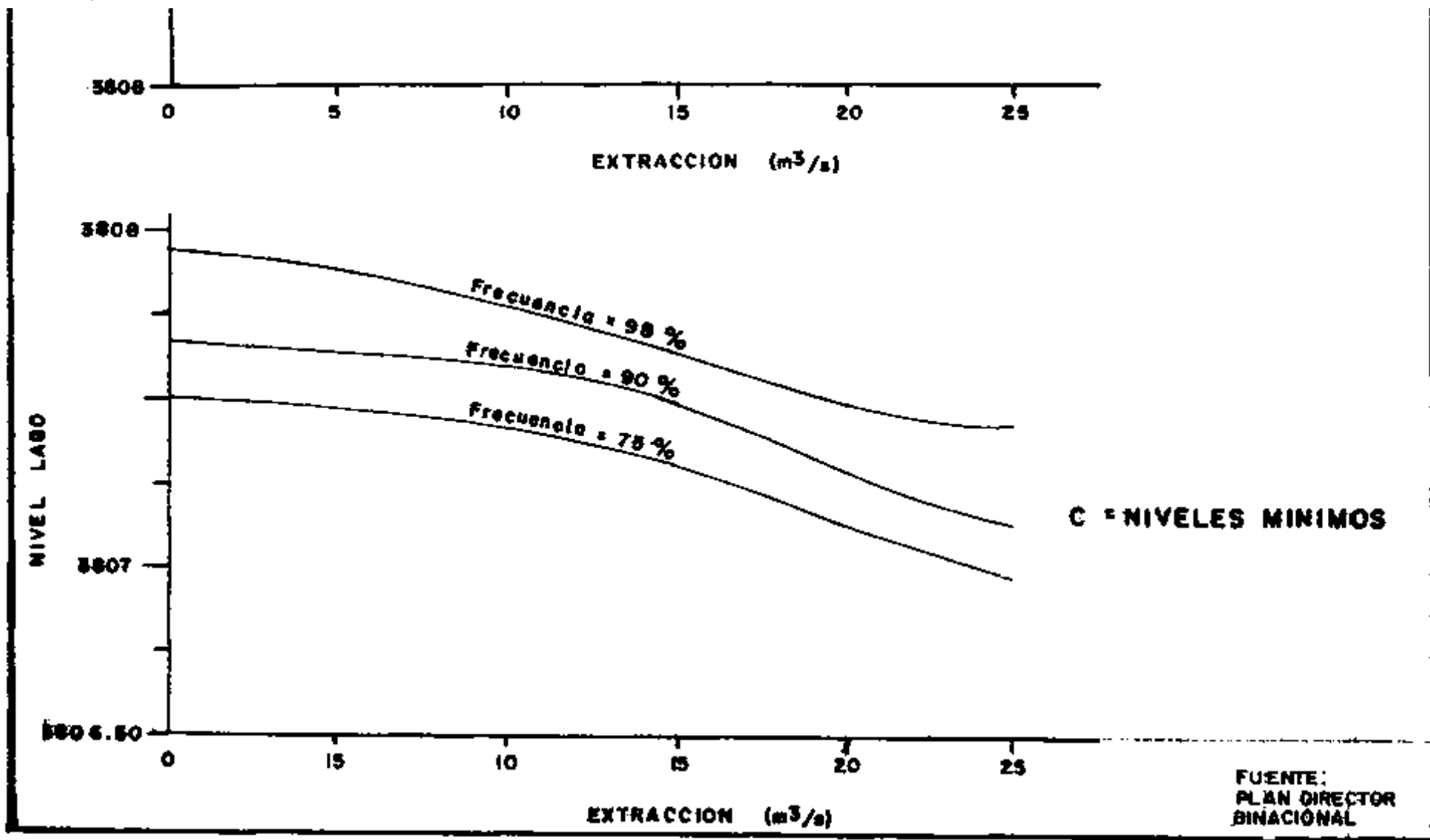


ALT  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA- DESAGUADERO - POOPO- SALAR DE COIPASA  
**PROYECTOS DE RIEGO INVENTARIADOS**

FIGURA N°  
28



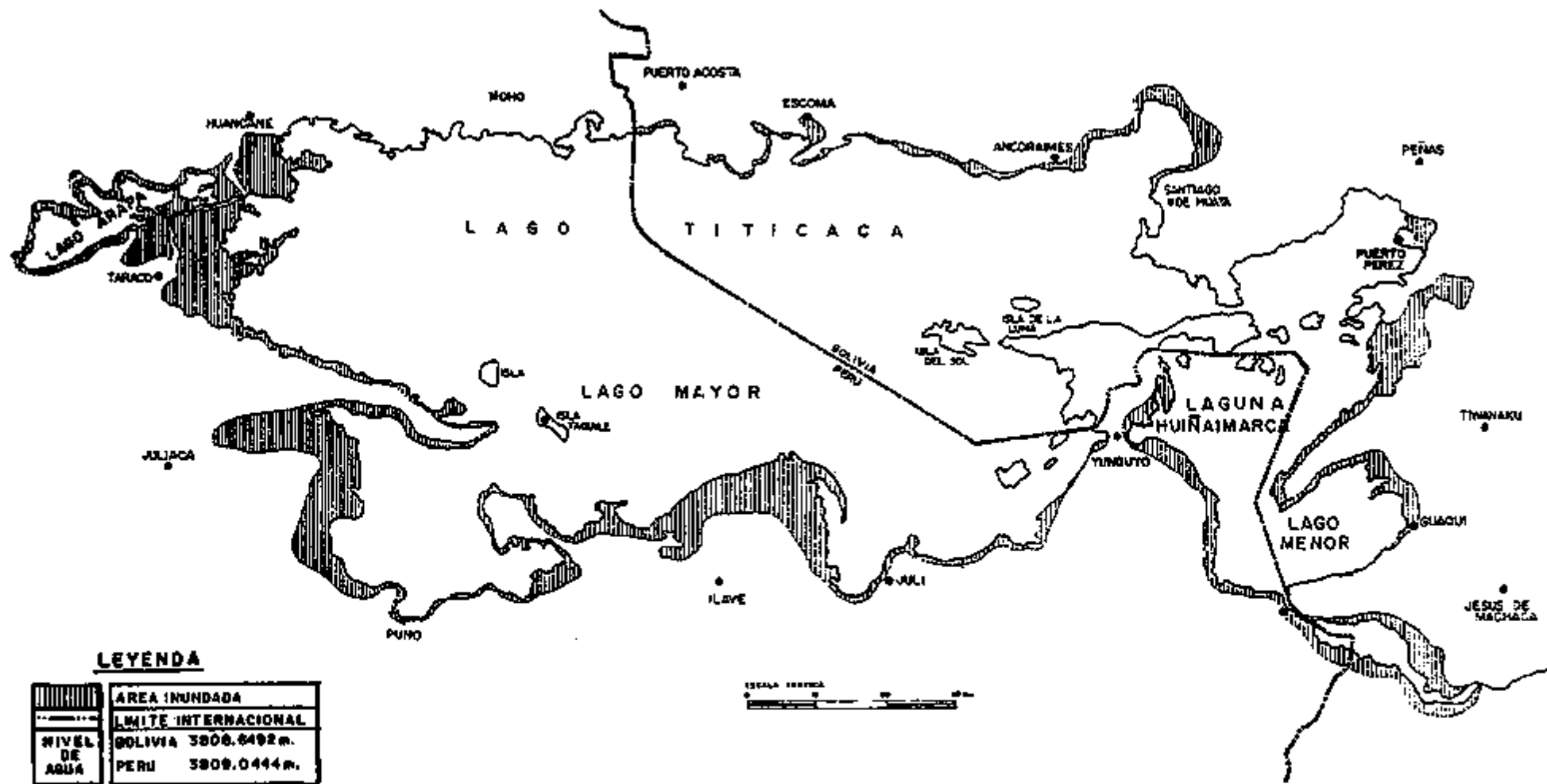


ALT  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA  
**COMPORTAMIENTO DE LOS NIVELES MAXIMOS,  
MEDIOS Y MINIMOS DEL LAGO TITICACA CON  
DIFERENTES EXTRACCIONES**

FIGURA N°

29



FUENTE:  
PLAN DIRECTOR  
BIMACIONAL

SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-POOPO-SALAR DE COIPASA

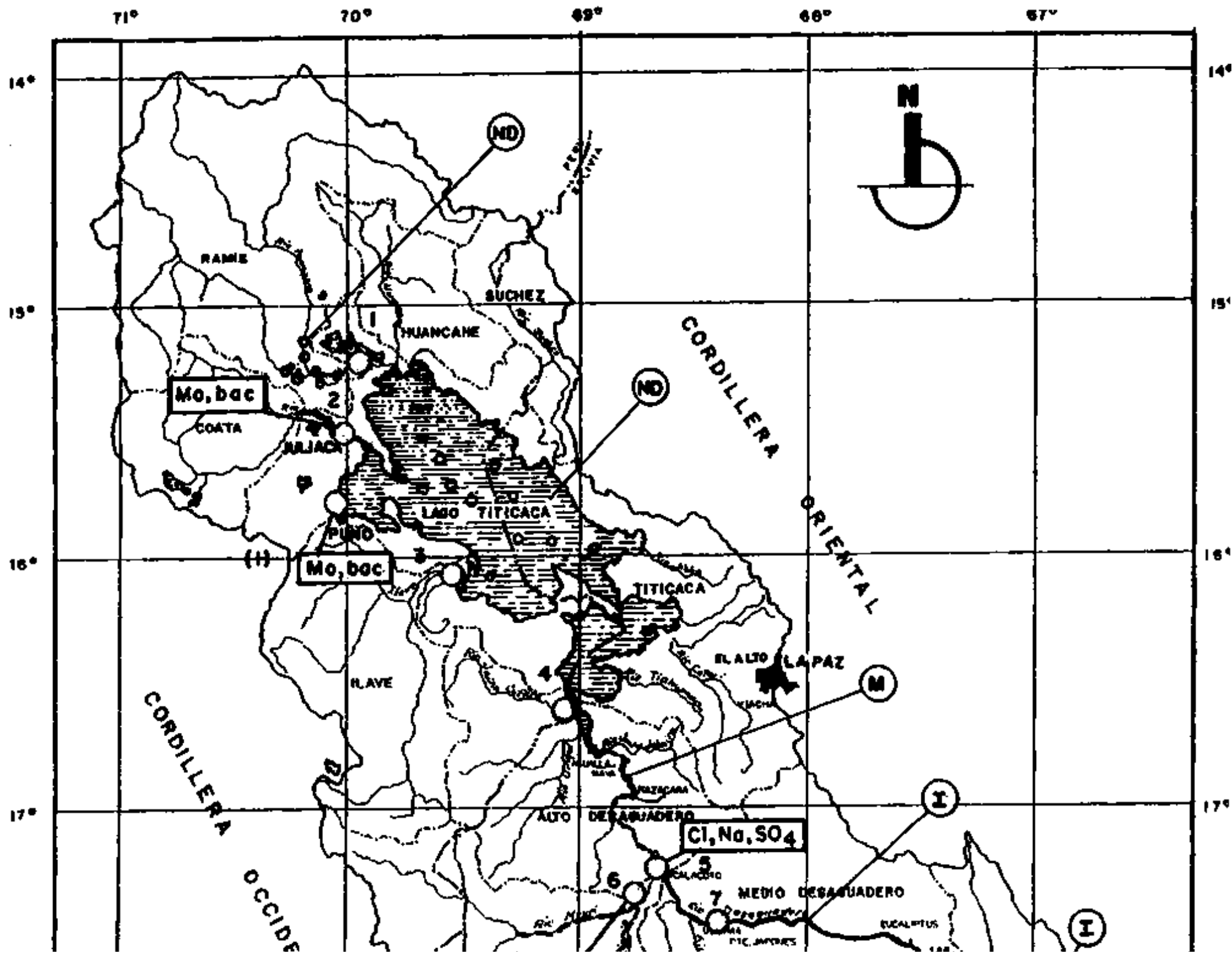
ALT  
GEA-PNUMA

AREAS INUNDADAS POR LA ELEVACION DEL NIVEL DEL LAGO TITICACA - 1986

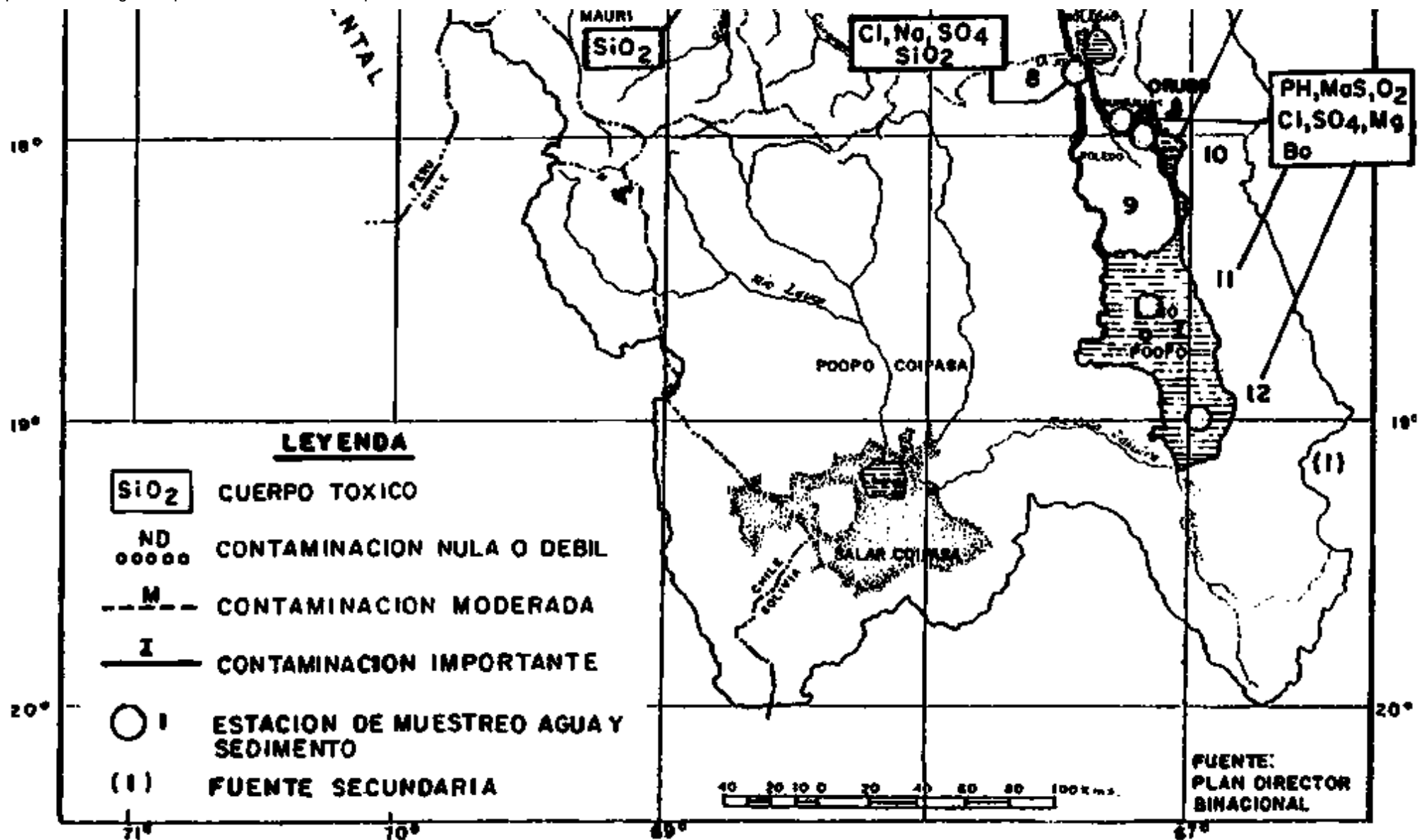
ABRIL

FIGURA N°

30





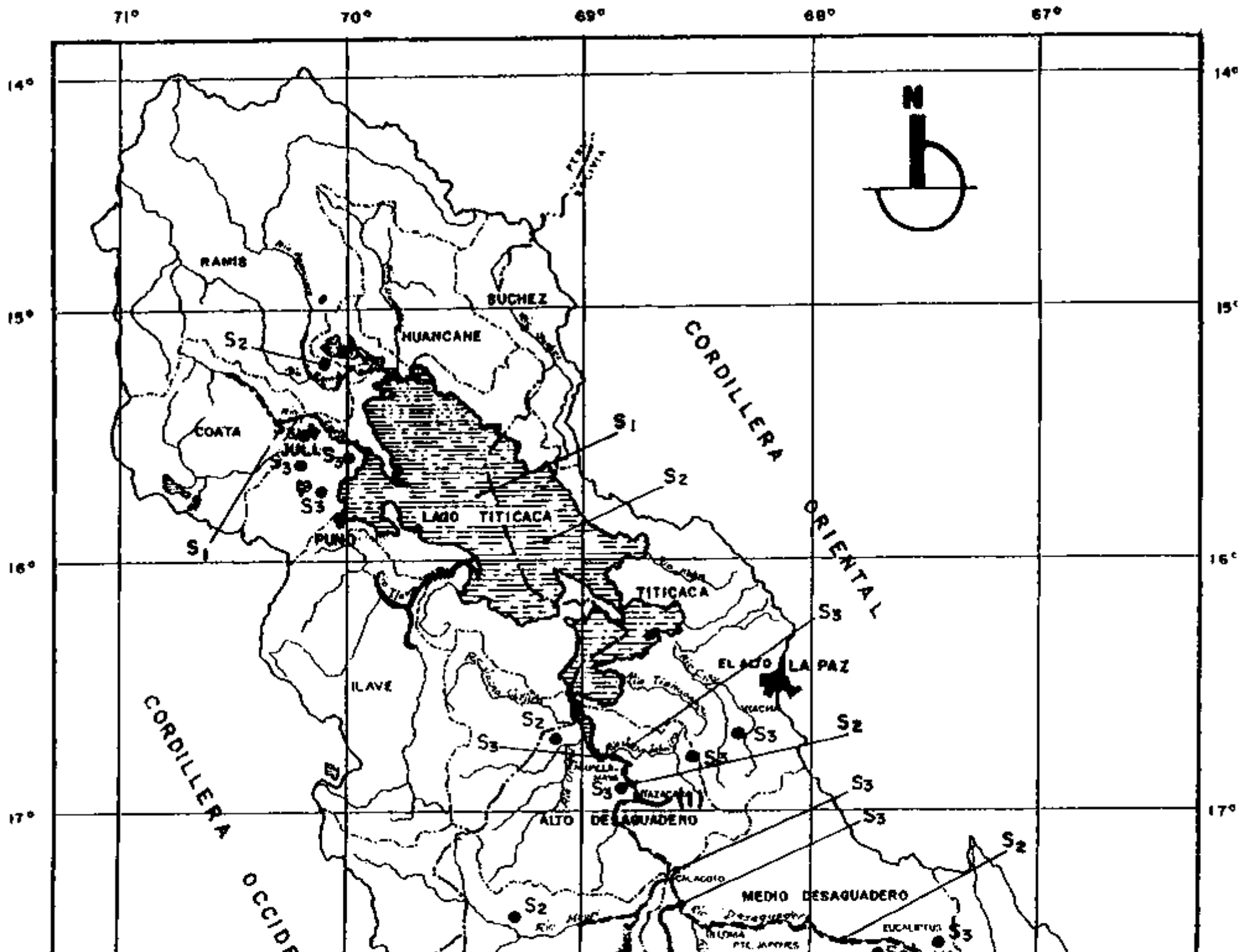


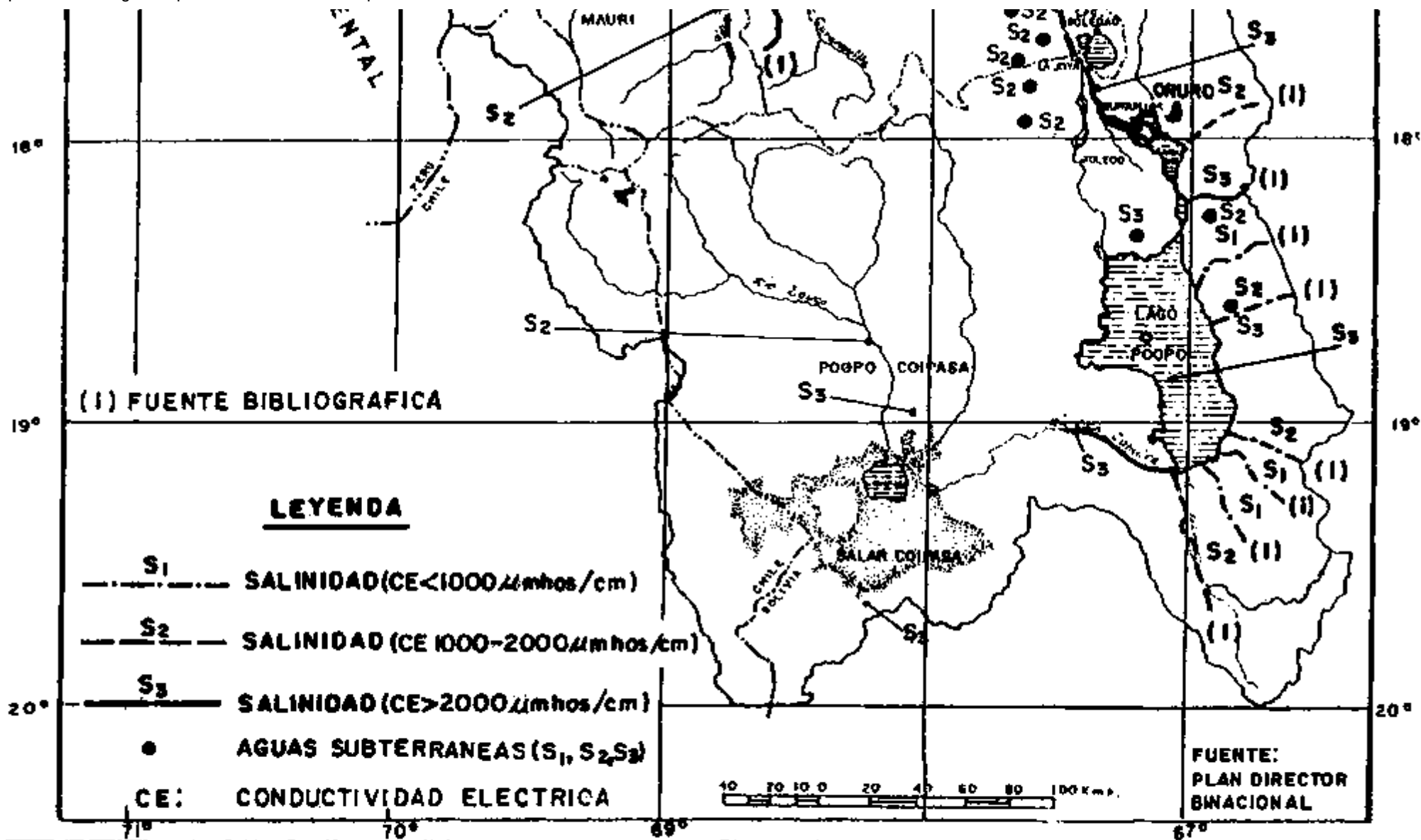
ALT  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-POOPO-SALAR DE COIPASA  
CONTAMINACION DEL AGUA  
PARAMETROS CLASICOS Y ESTACIONES DE MUESTREO

FIGURA N°

31





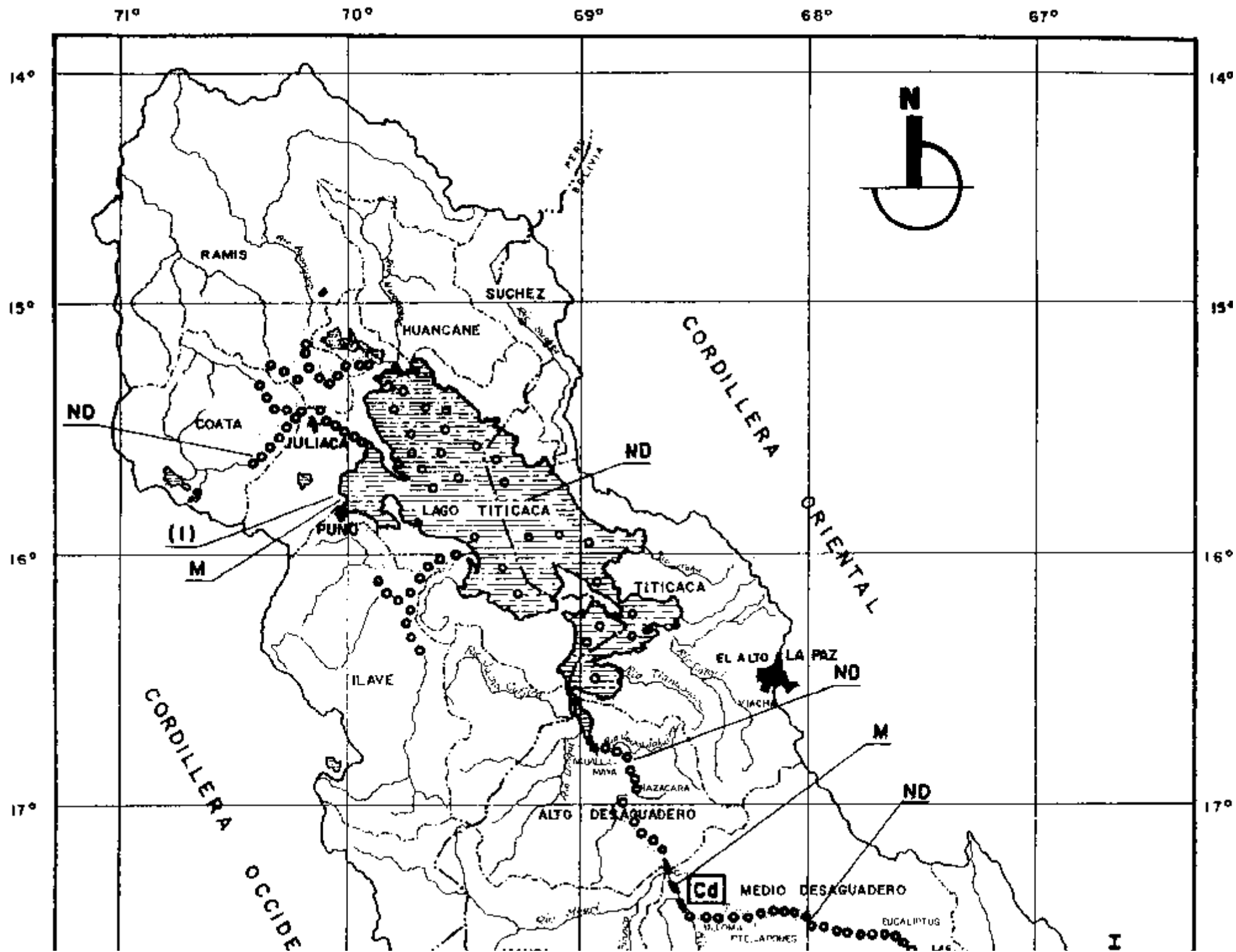
ALT  
OEA-PNUMA

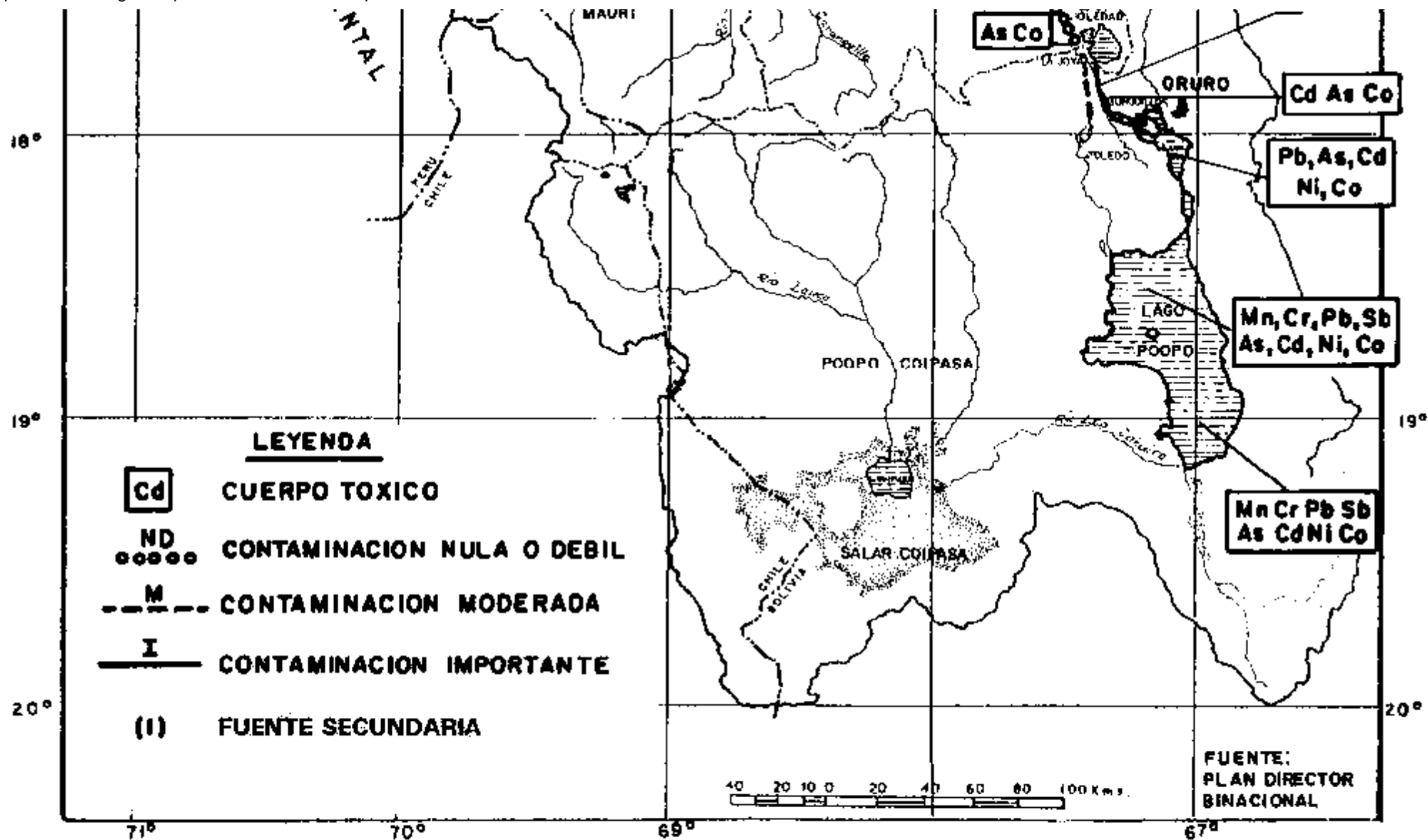
SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-POOPO-SALAR DE COIPASA

**SALINIDAD DEL AGUA**

FIGURA N°

32

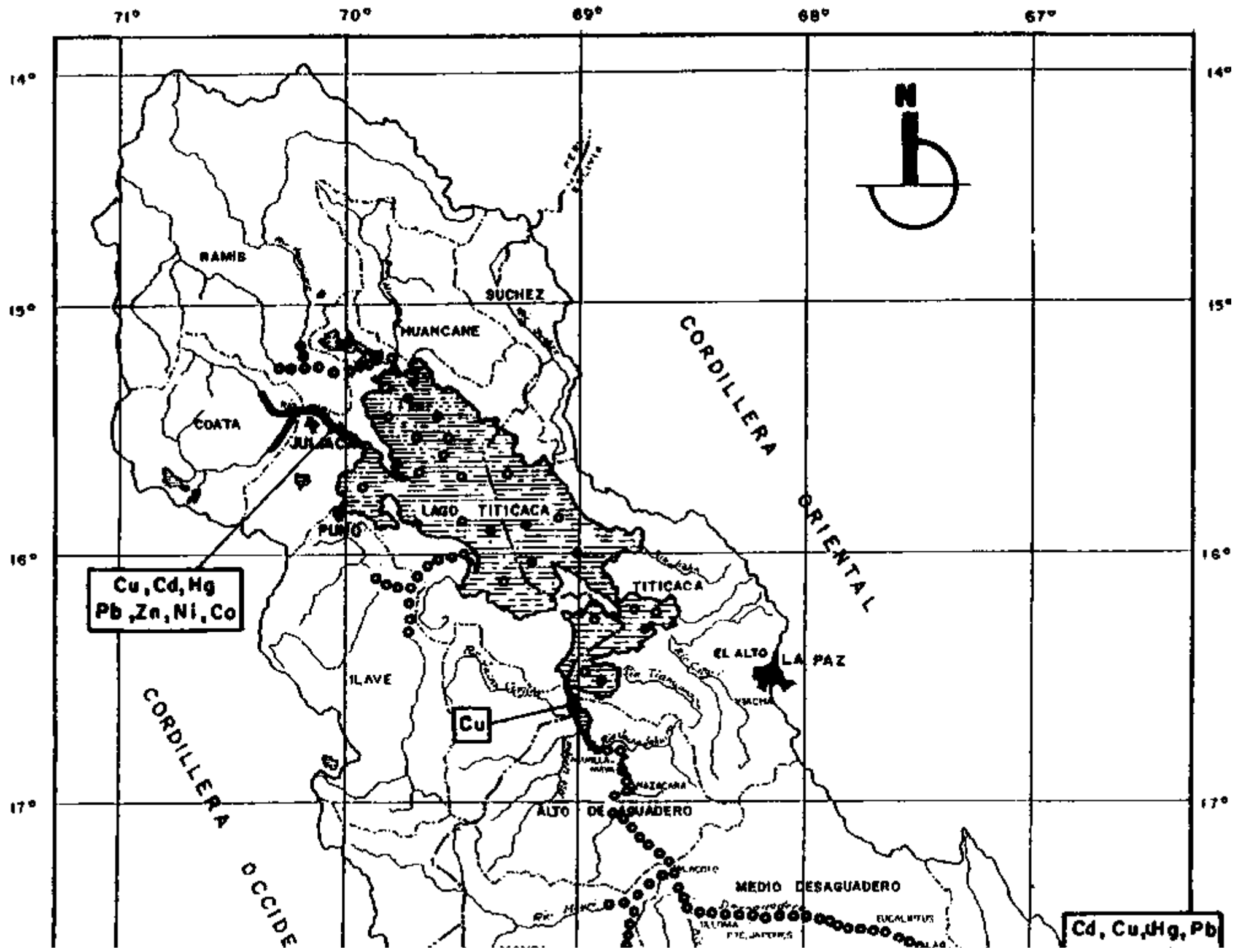


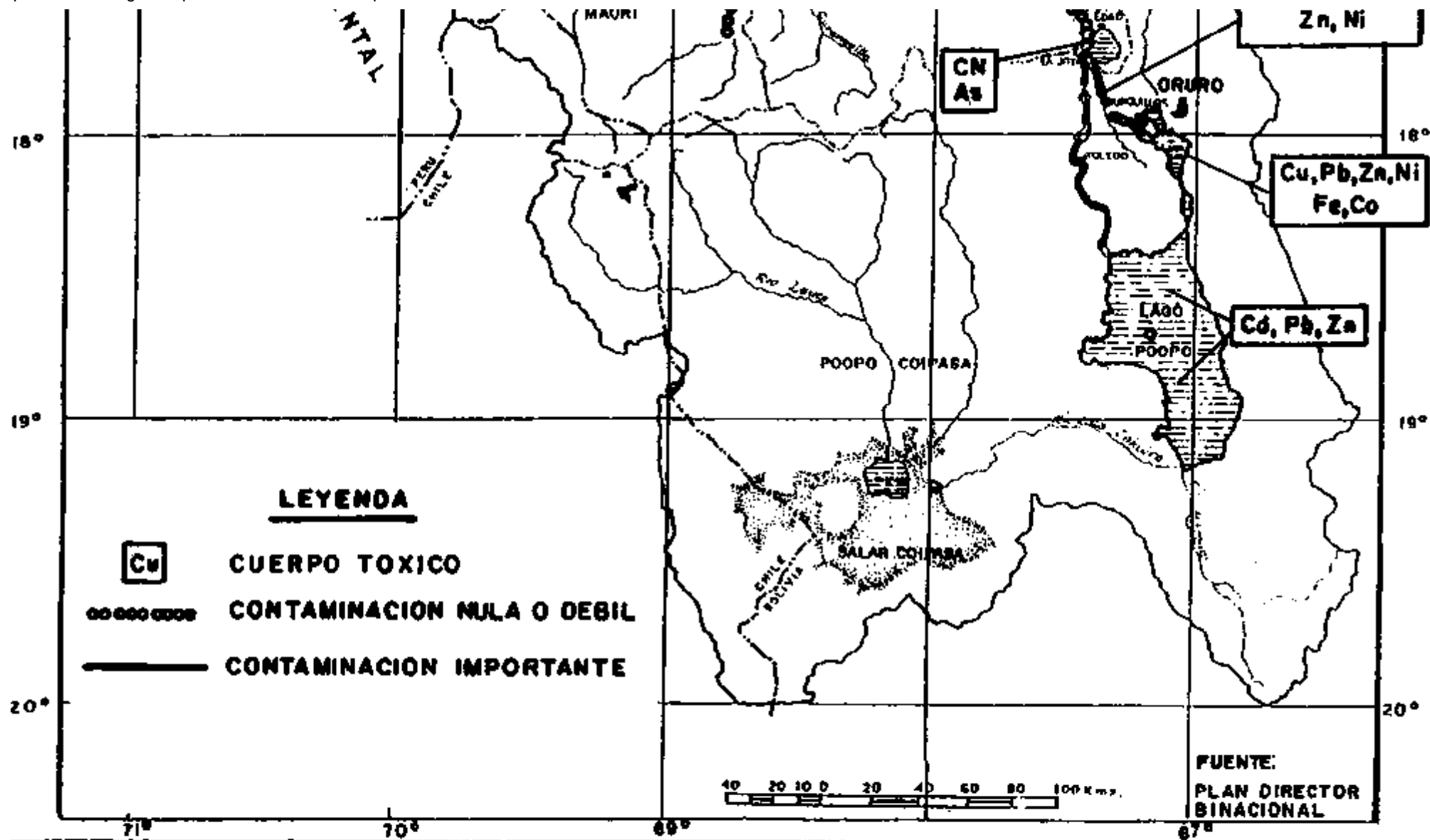


**ALT**  
OEA-PNUMA

**SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA**  
**CONTAMINACION DEL AGUA**  
**METALES PESADOS**

**FIGURA N°**  
**33**

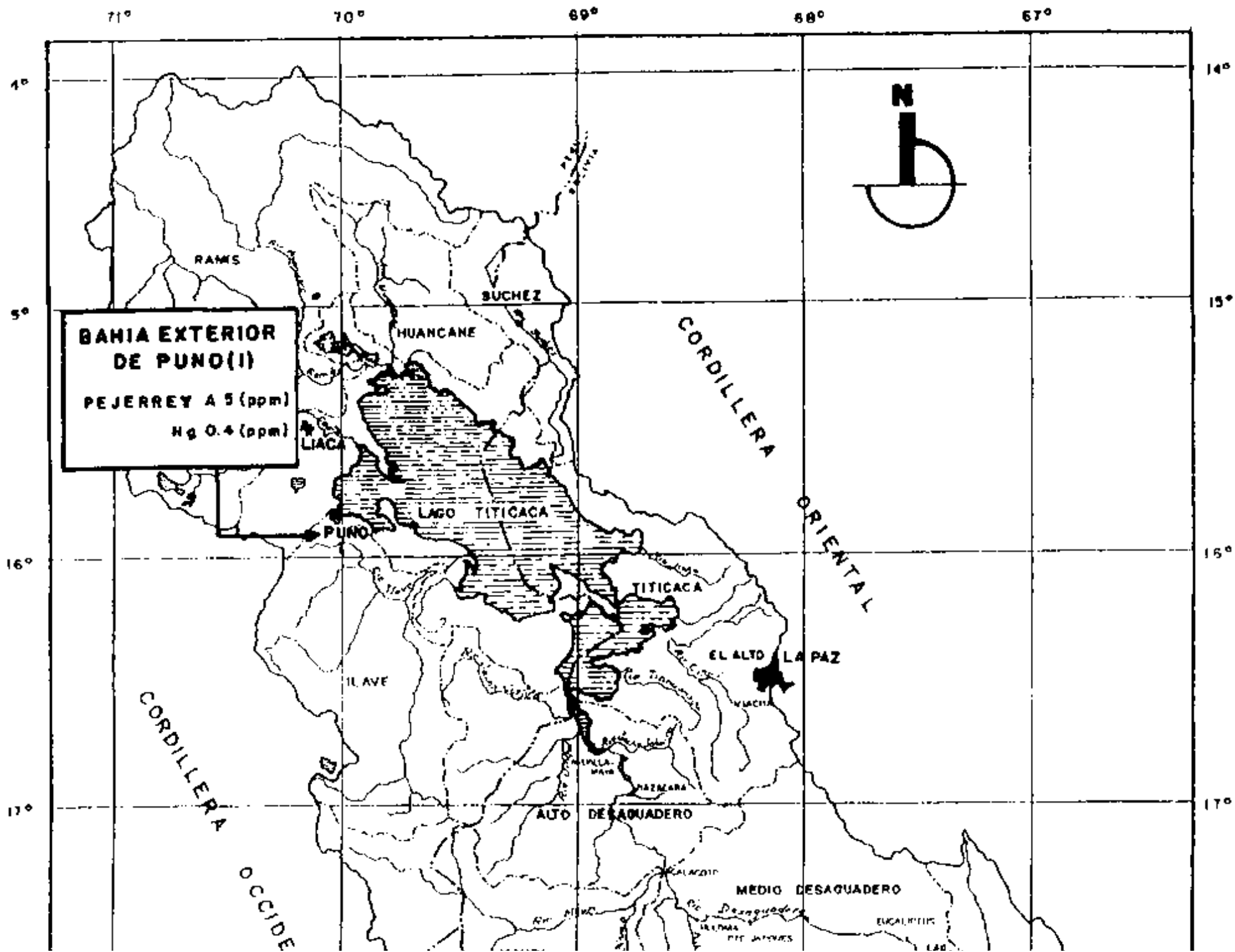




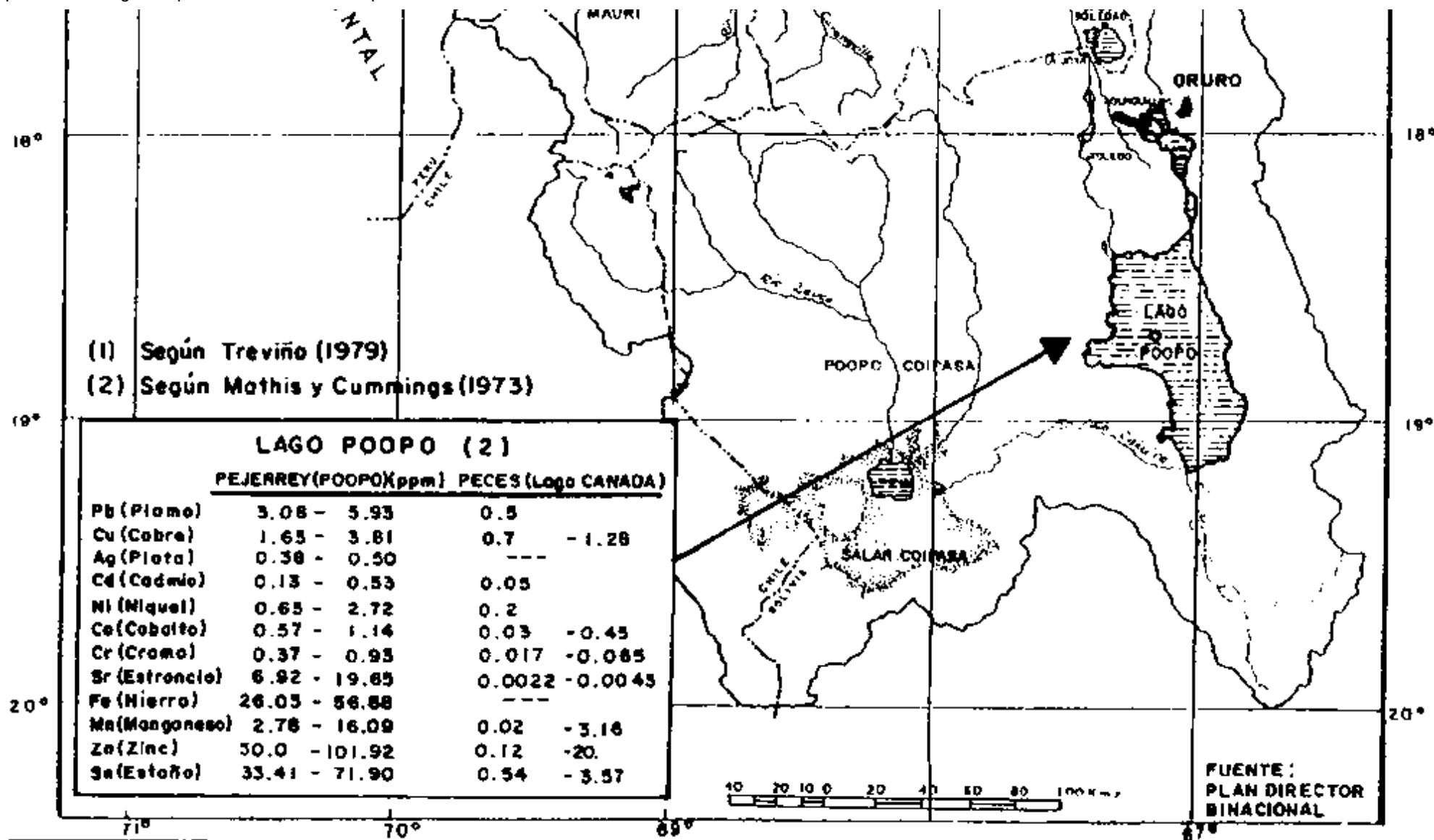
ALT  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-POOPO-SALAR DE COIPASA  
**CONTAMINACION DE LOS SEDIMENTOS  
METALES PESADOS**

FIGURA N°  
34







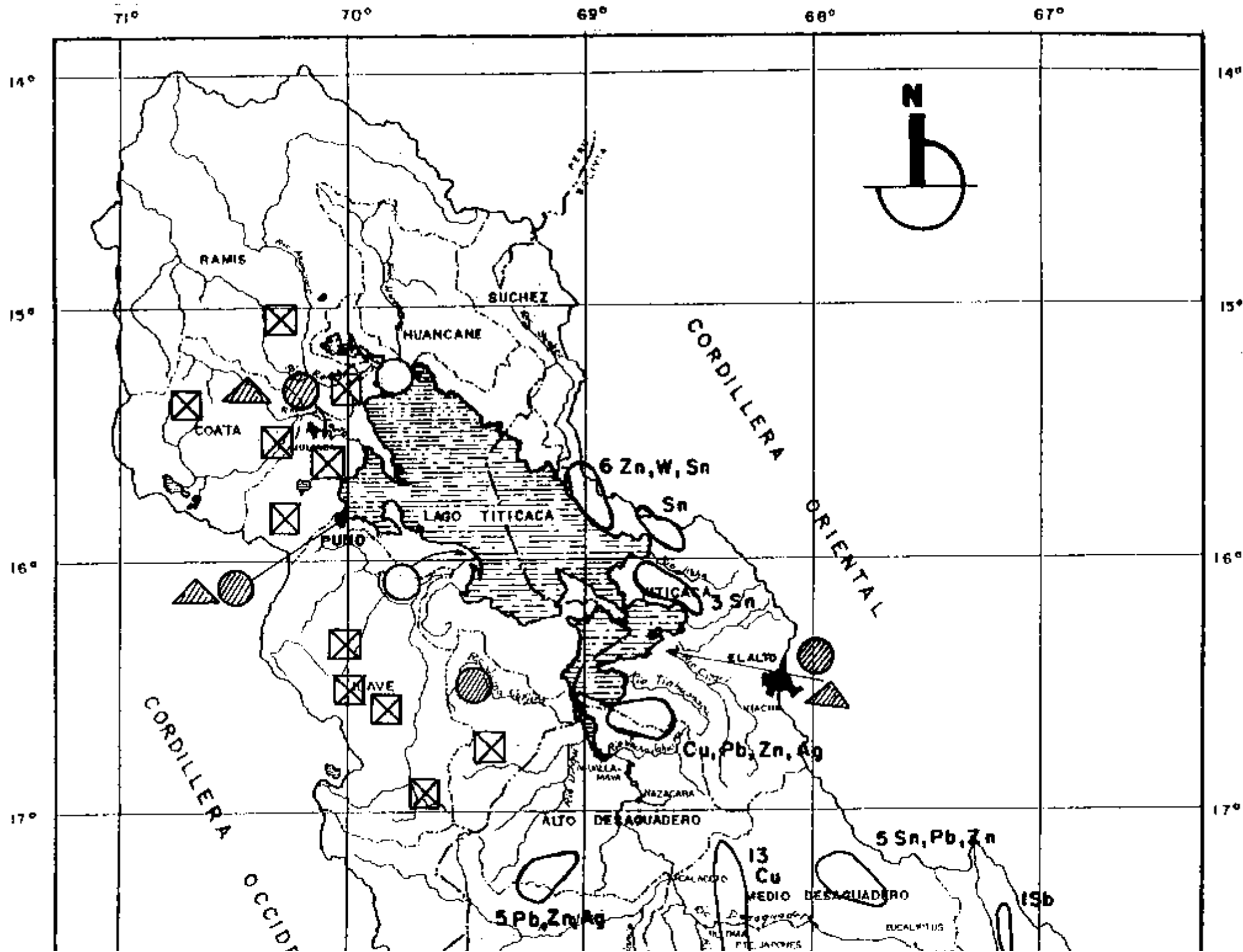
ALT  
OEA-PNUMA

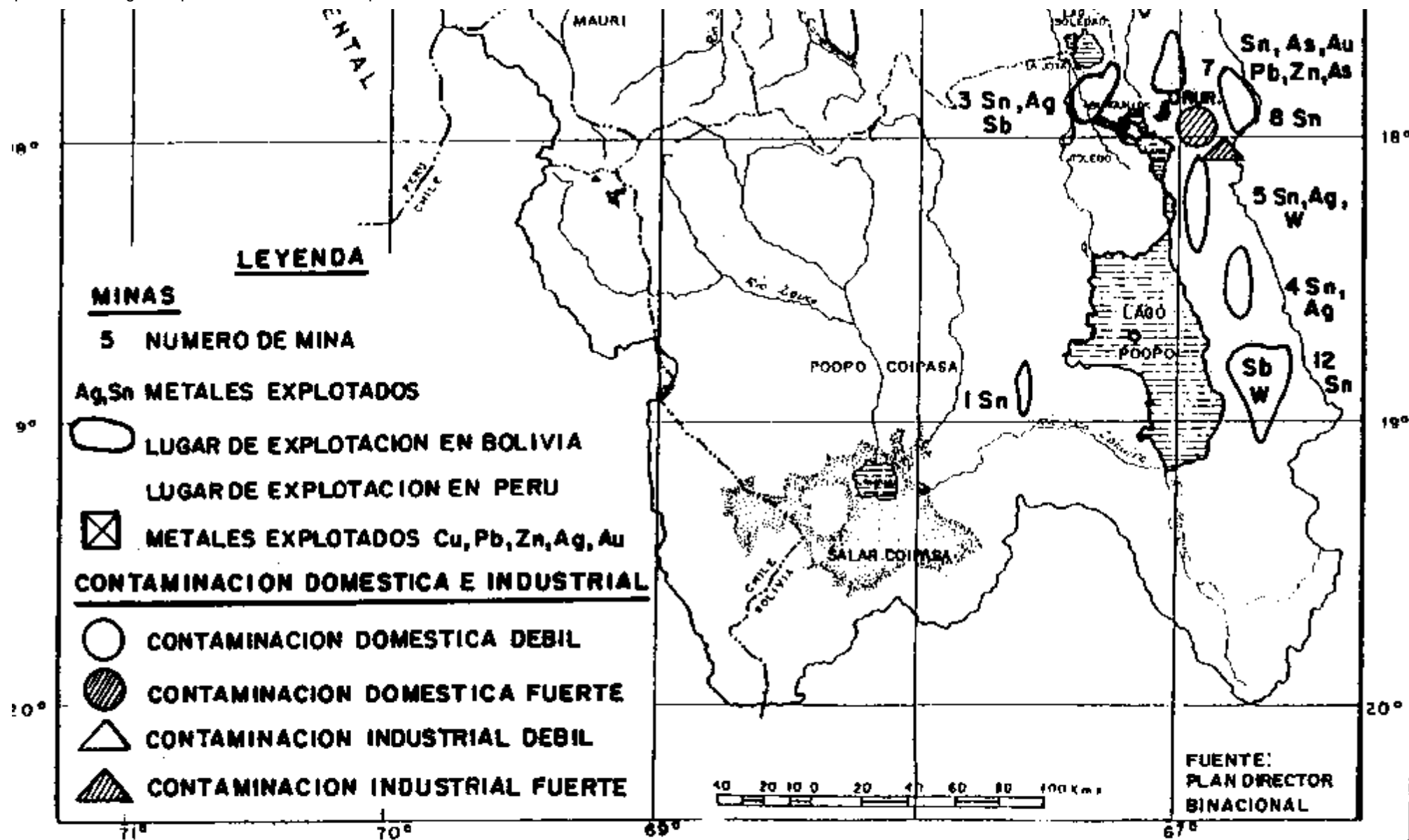
SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-POPO-SALAR DE COIPASA

# CONTAMINACION DEL PESCADO

FIGURA N°

35





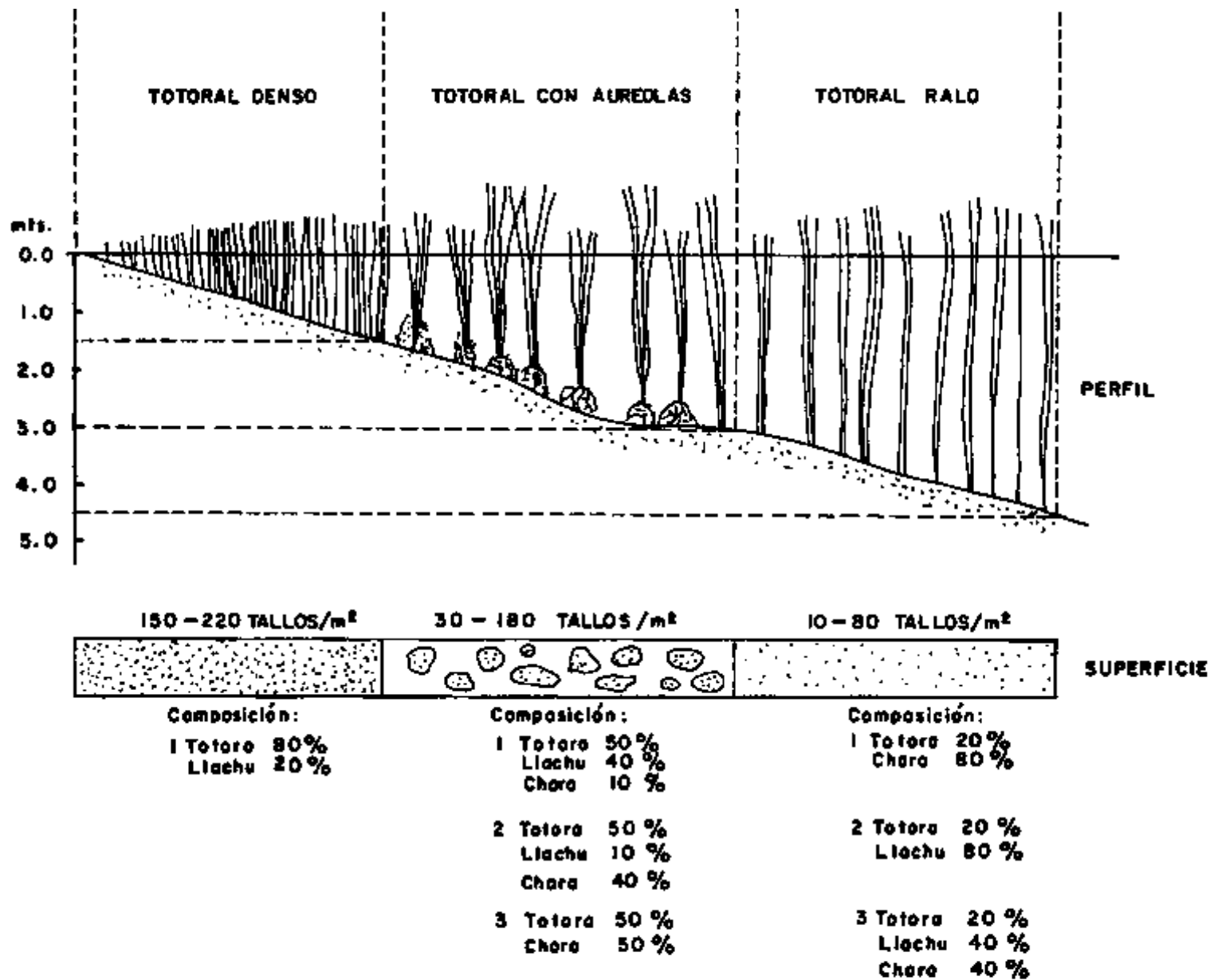
ALT  
 OEA-PNUMA

SISTEMA TITI CACA-DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA

## FUENTES DE CONTAMINACION

FIGURA N°

36



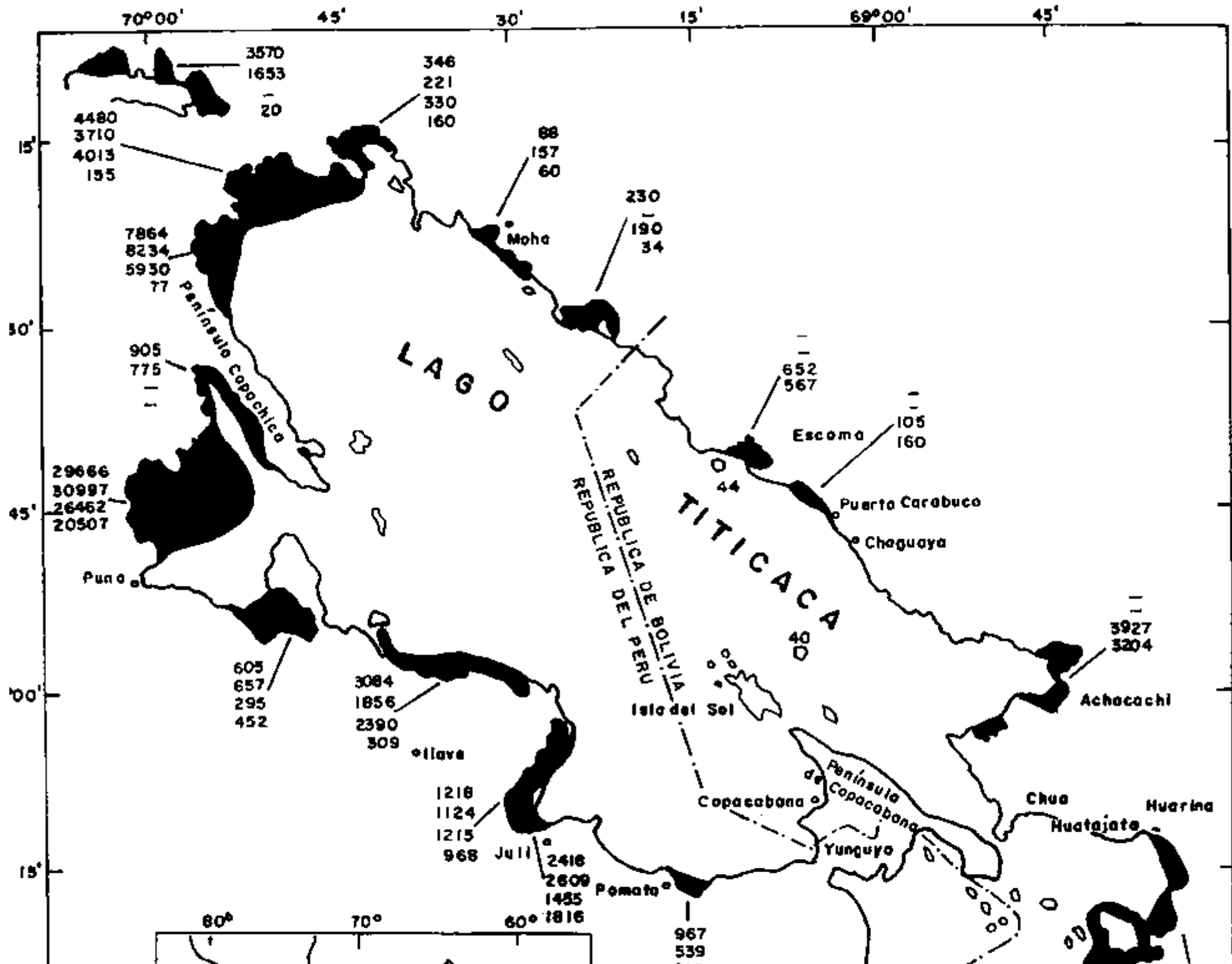
FUENTE:  
PLAN DIRECTOR  
BINACIONAL

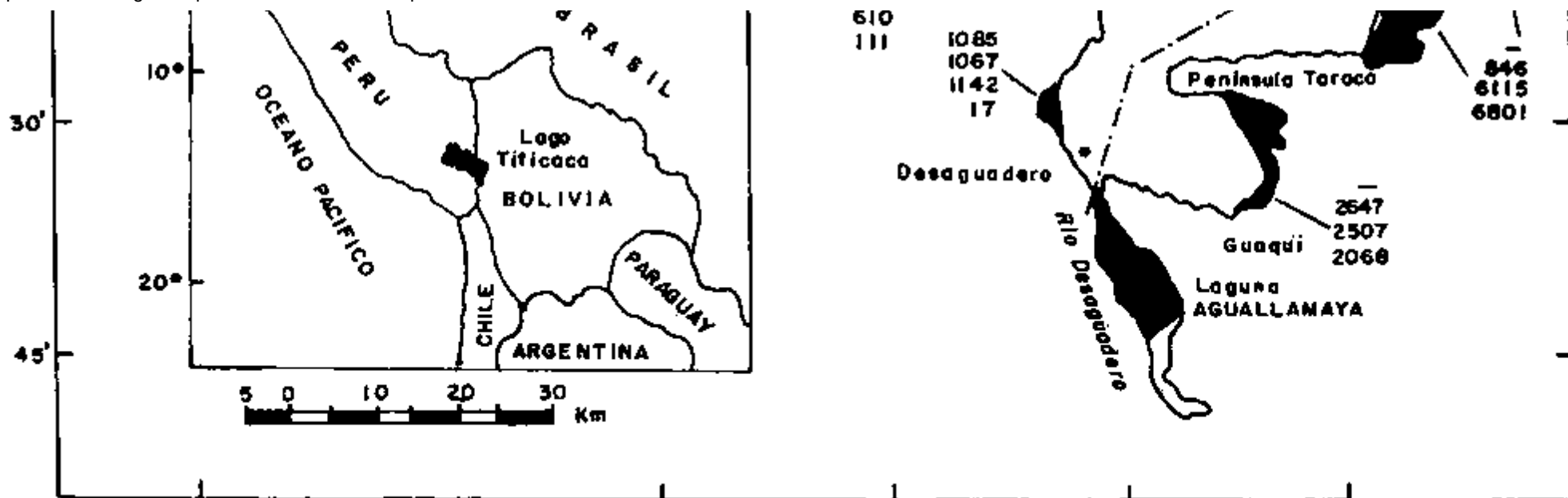
ALT  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA  
**DISTRIBUCION Y COMPOSICION DE LOS TOTORALES**

FIGURA N°

37





**LEYENDA**

Superficie	AÑO	(en Hectareas)
1218	AÑO 1950	(en Hectareas)
1124	AÑO 1970	" "
1215	AÑO 1986	" "
968	AÑO 1992	" "

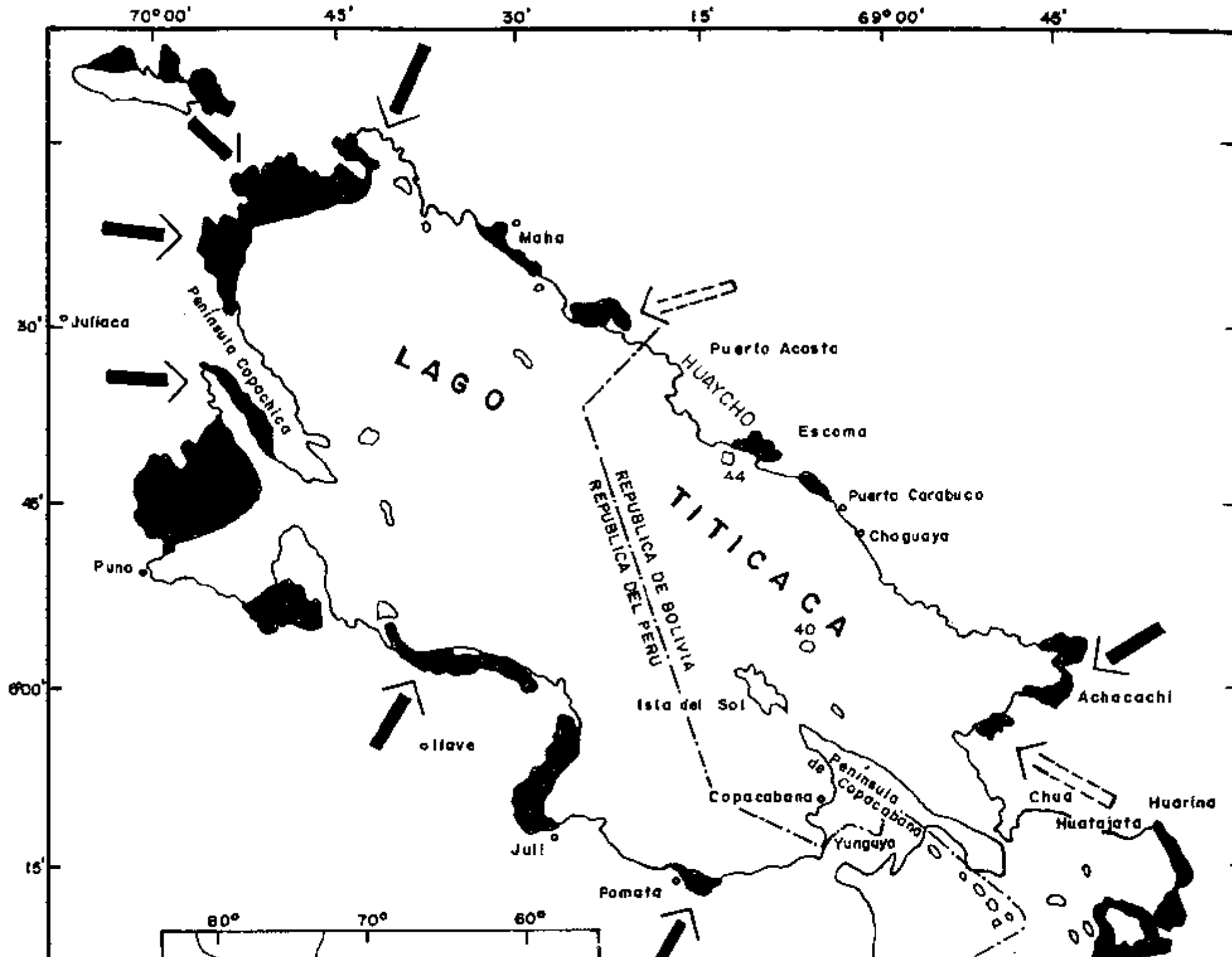
FUENTE:  
PLAN DIRECTOR  
BINACIONAL

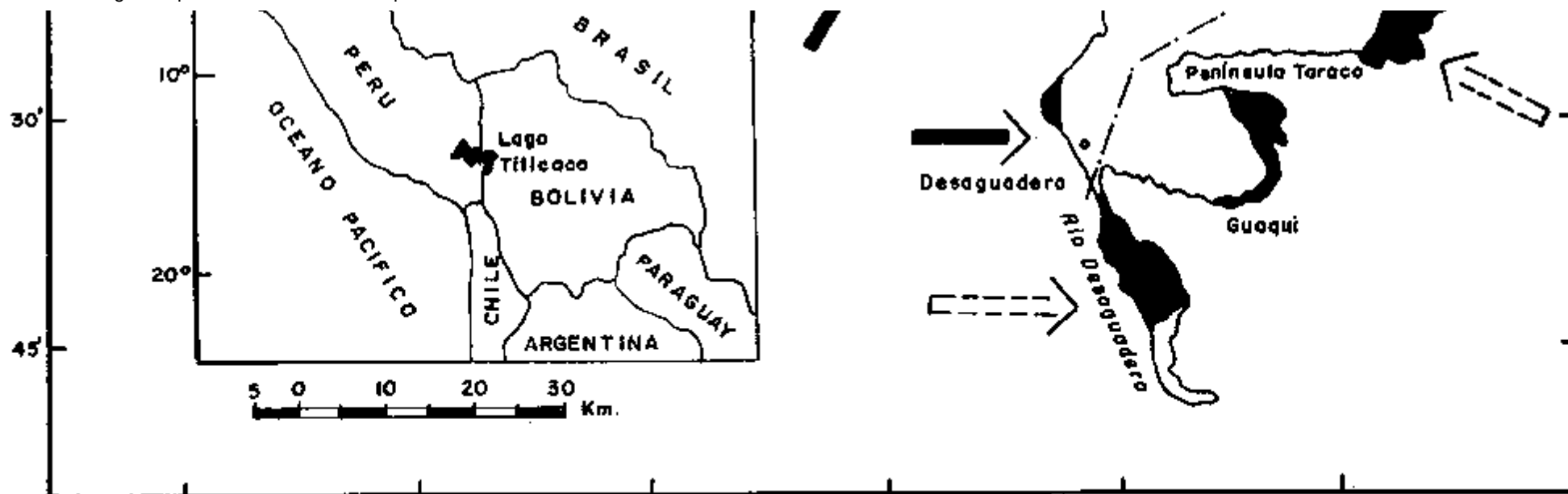
ALT  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-POOPO-SALAR DE COIPASA  
**EVOLUCION DE LAS SUPERFICIES  
DE TOTORALES ENTRE 1950-1992(en Hectar.)**


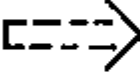
FIGURA N°

38





**LEYENDA**

-  POBLAMIENTO A RESTAURAR (CORTO PLAZO)
-  POBLAMIENTO A INTENSIFICAR

FUENTE:  
PLAN DIRECTOR  
BINACIONAL

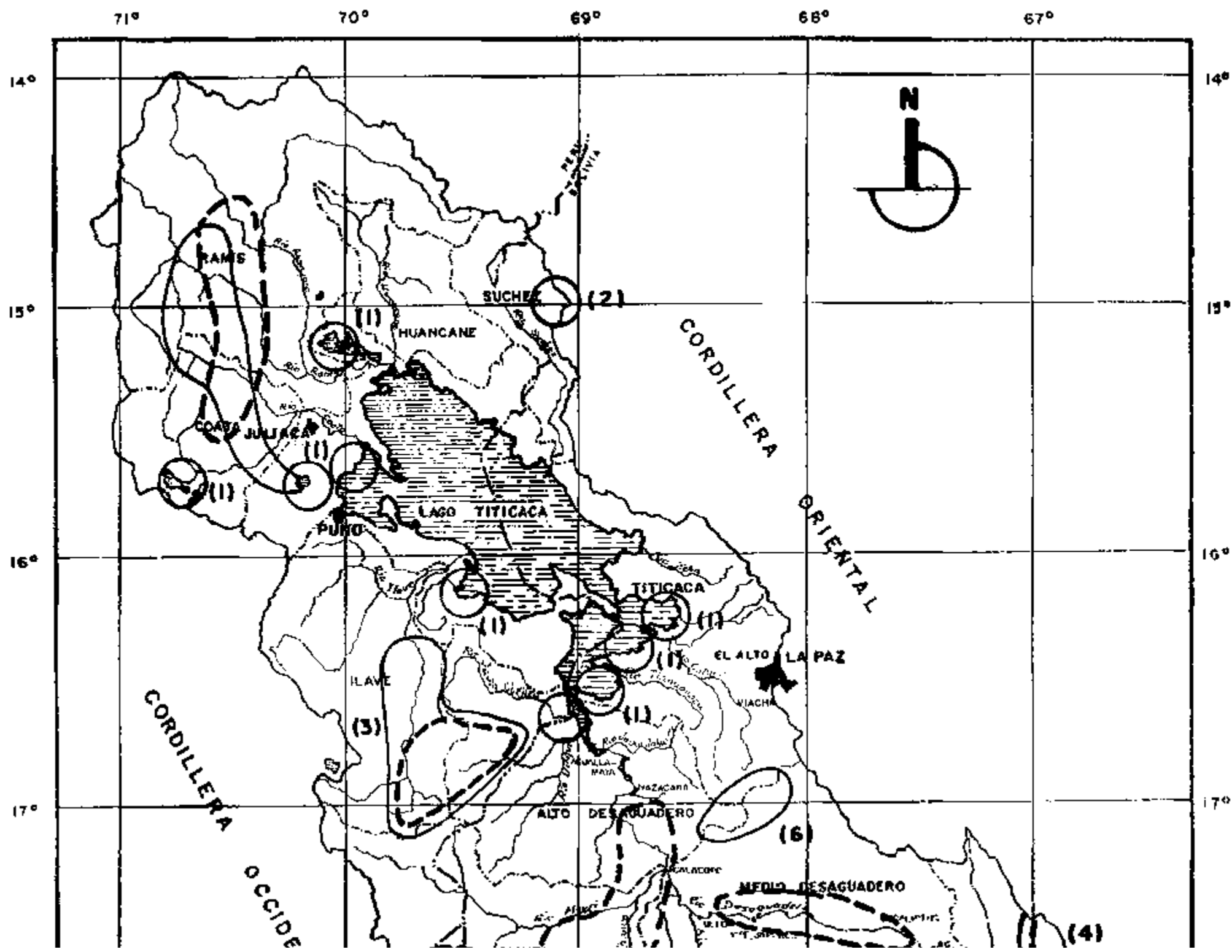
ALT  
OEA-PNUMA

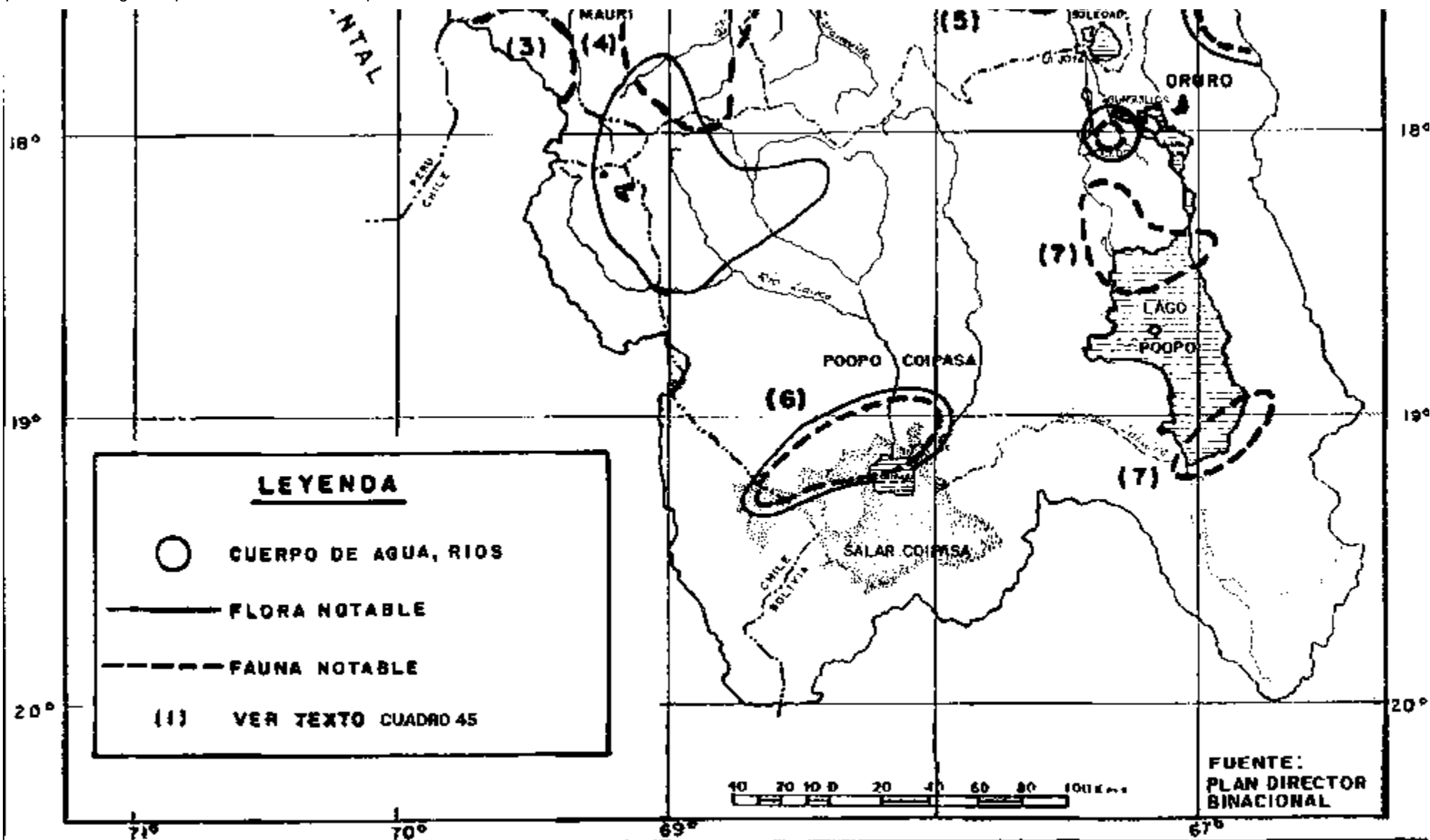
SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA  
**GESTION DE LA BIOMASA VEGETAL ACUATICA**  
**SITIOS DE REPOBLAMIENTO**

FIGURA N°

39





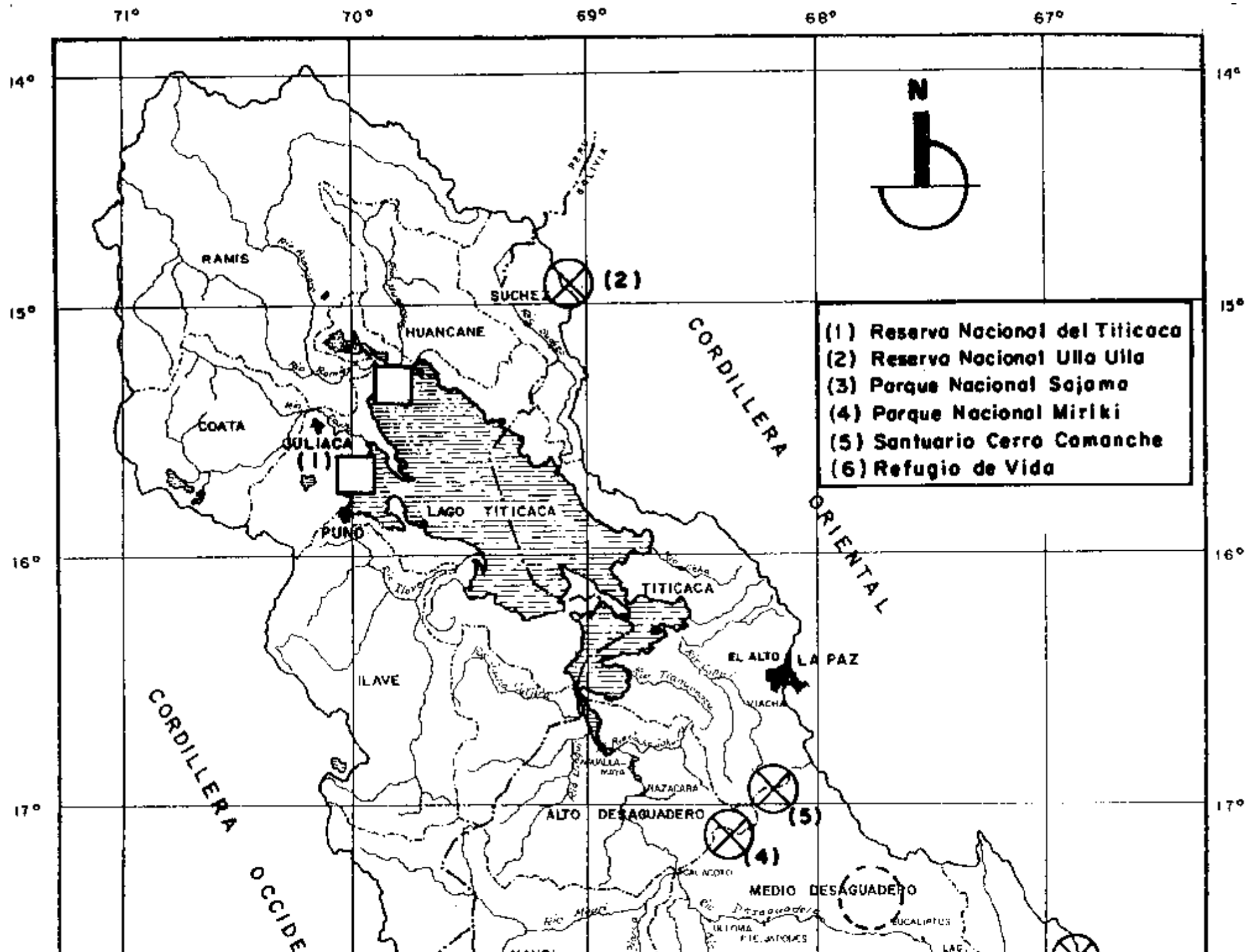


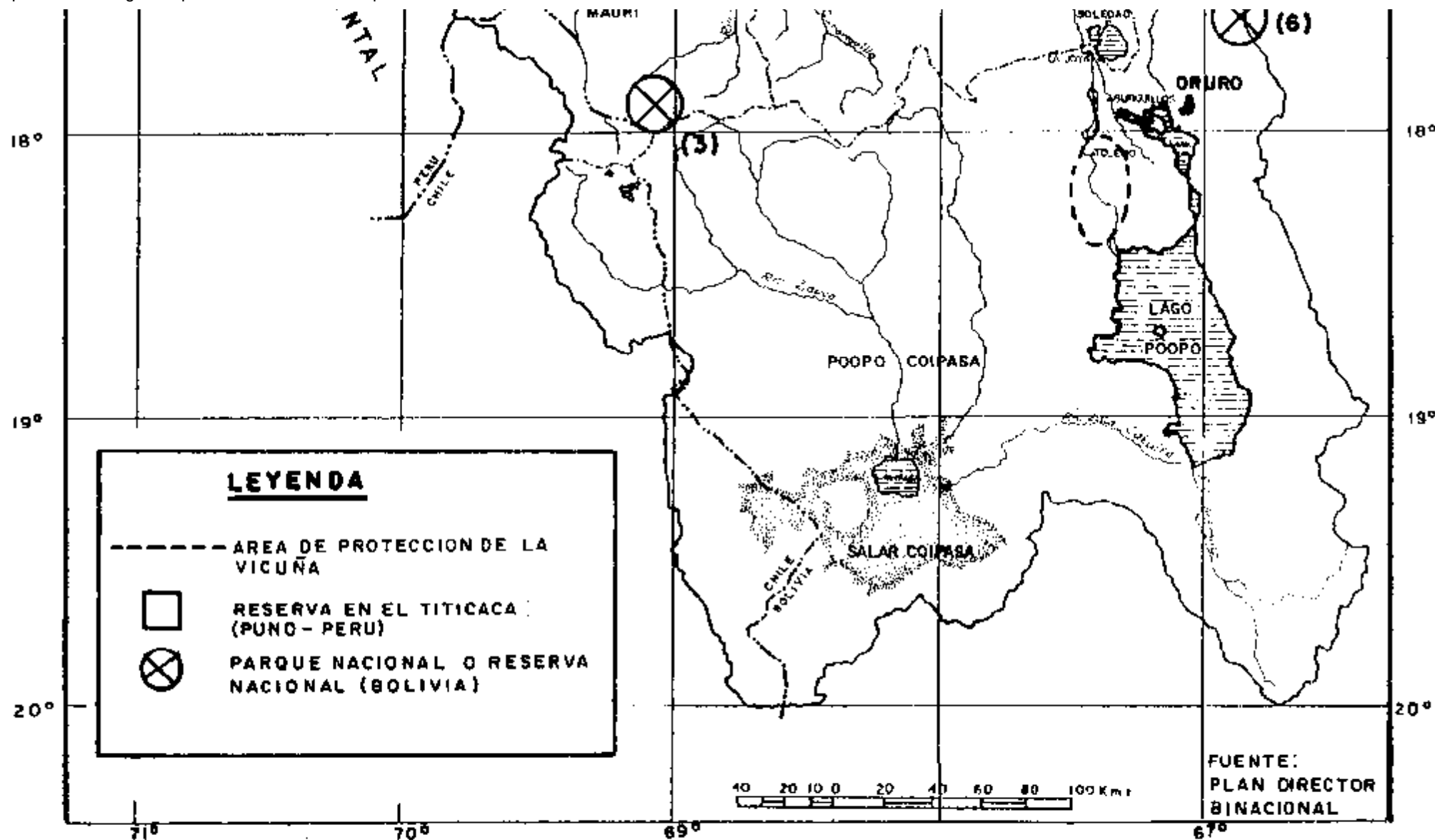
**ALT**  
**OEA-PNUMA**

SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-POOPO-SALAR DE COIPASA  
**MEDIOS NATURALES DE INTERES ECOLOGICO**

FIGURA N°

40



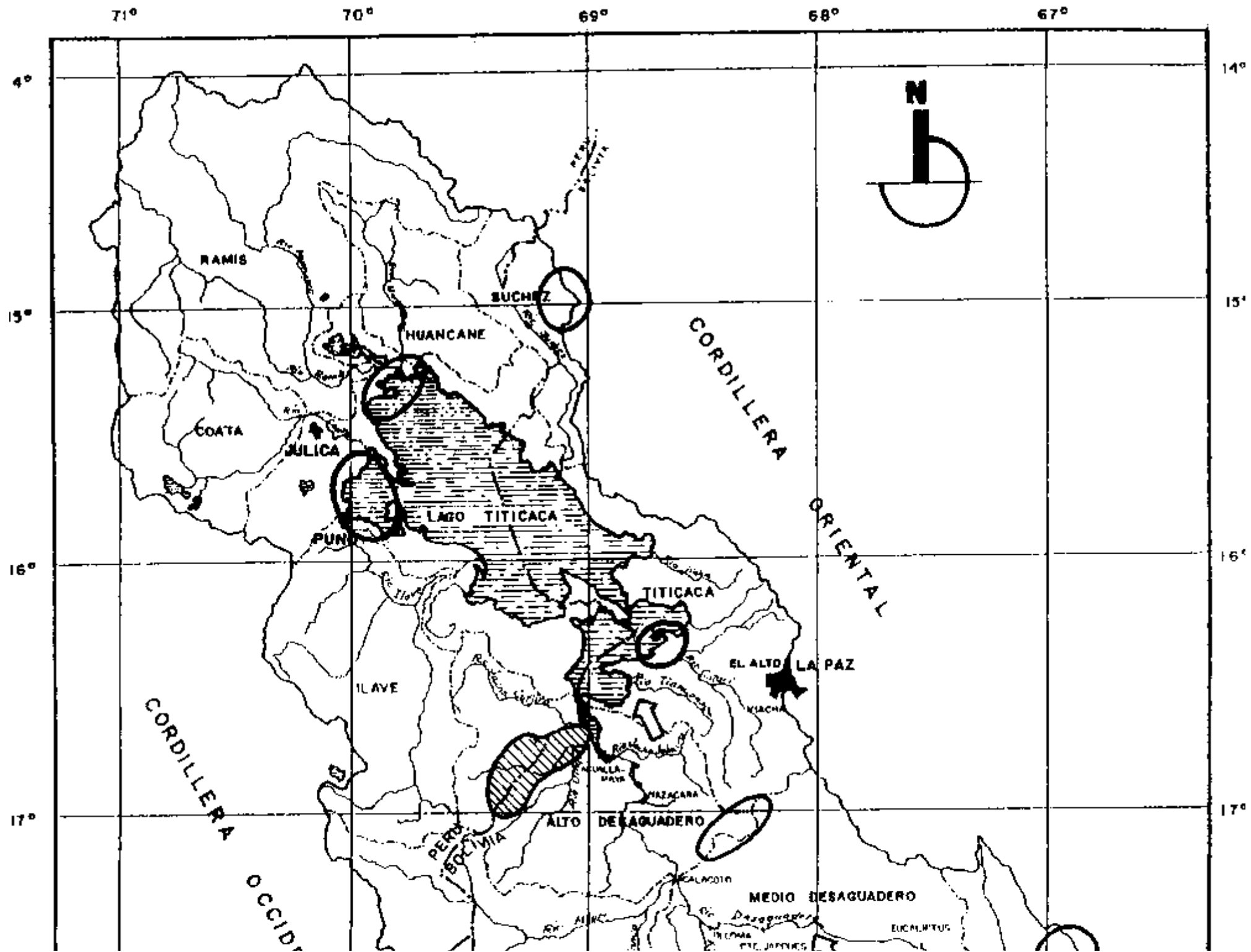


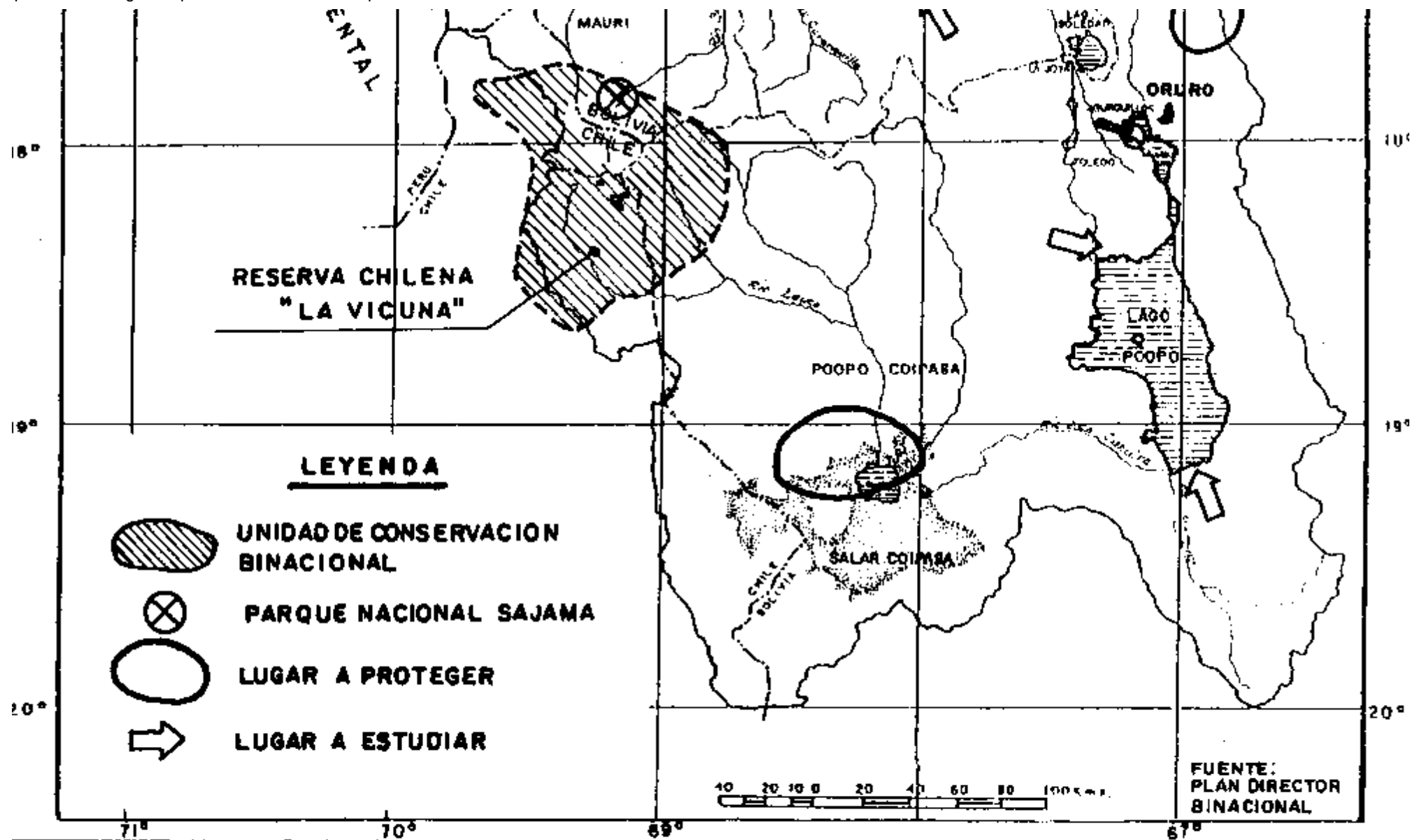
ALT  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO- POOPO- SALAR DE COIPASA  
**RESERVAS Y PARQUES NACIONALES  
DEL SISTEMA T D P S**

FIGURA N°

41





ALT  
OEA-PNUMA

SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO - POOPO - SALAR DE COIPASA  
**PROPUESTAS DE SITIOS A PROTEGER Y ESTUDIAR**

FIGURA N°

42



---

# Capítulo V. Pronóstico de la situación ambiental

---

- [1. Dificultades de análisis](#)
  - [2. Proyecciones de crecimiento poblacional](#)
  - [3. El pacto andino y la competitividad de los países](#)
  - [4. Comportamiento previsible de la economía rural](#)
  - [5. Medio ambiente y áreas urbanas](#)
  - [6. Minería y contaminación](#)
  - [7. Degradación de los lagos y sus ecosistemas naturales](#)
  - [8. Futuro de la salud pública](#)
  - [9. Tendencias en la contaminación transfronteriza](#)
- 

## 1. Dificultades de análisis

Tanto Bolivia como Perú participaron en el decenio de los 80 de la recesión económica que afectó a la mayor parte de países latinoamericanos, con tasas de crecimiento muy bajas o incluso negativas en algunos años. Esta recesión repercutió profundamente en la cuenca altiplánica, donde los niveles de pobreza se acentuaron, lo cual muy posiblemente produjo una mayor presión sobre los recursos naturales, en especial suelos, bosques y fauna. A esta situación se agregaron las pérdidas causadas en la agricultura y la ganadería por las fuertes sequías de 1982-83 y 1988-89 y por las inundaciones de 1986-87. La fuerte disminución de la extracción pesquera en el Titicaca peruano a finales del decenio (1990) tuvo su origen posiblemente en una sobreexplotación del recurso durante los períodos de sequía, en que la población, incluso la no ribereña, se vio obligada a recurrir a la pesca como medio de subsistencia. No obstante, el impacto de la depresión rural posiblemente fue mitigado por la alta migración de campesinos hacia las ciudades.

Por otro lado, la misma recesión económica, junto con los bajos precios de los principales metales explotados en los mercados internacionales, produjo una depresión en la actividad minera, la cual fue benéfica desde el punto de vista ambiental, ya que disminuyeron los volúmenes de desechos mineros y minero-industriales a causa de la menor actividad de las plantas de fundición de metales.

Los cambios económicos introducidos en los dos países en el presente decenio han logrado reactivar la economía agraria del altiplano, aunque no la actividad minera, la cual permanece deprimida. Paralelamente, los gobiernos han venido creando nuevos instrumentos de tipo legal e institucional para hacer frente a la crisis ambiental, aunque los recursos económicos destinados a recuperación ambiental

siguen siendo escasos.

El pronóstico de la situación futura es entonces muy incierto, pues depende de muchos factores, tanto internos como externos. Sin embargo, si la tendencia al despoblamiento rural continúa y la minería permanece estancada, la presión sobre la tierra y sus recursos disminuirá en los campos, pero en cambio los impactos ambientales de los centros urbanos aumentarán ostensiblemente, tanto en las áreas urbanas como en la periferia.

## 2. Proyecciones de crecimiento poblacional

El comportamiento futuro de la población en una región como el TDPS depende de múltiples factores tales como las tasas de natalidad y mortalidad en los diferentes sectores, las tasas de migración, las políticas de desarrollo nacionales, la atracción de regiones o ciudades vecinas y otros cuyo conocimiento es difícil de prever. Sin embargo, es posible obtener una primera aproximación sobre la población futura mediante el uso de las tasas demográficas intercensales. El Cuadro 48 muestra las proyecciones elaboradas para los sectores peruano y boliviano y para la totalidad del Sistema TDPS con base en las tasas observadas en el último período intercensal respectivo.

**Cuadro 46: PROYECCIONES DE POBLACION HASTA EL AÑO 2005**

Población	Tasa (%)	Actual	Año 2000	Año 2005
<i>Perú (a)</i>				
Urbana	3,4	423.253	536.971	636.487
Rural	0,7	656.596	689.570	714.133
Total		1.079.849	1.226.541	1.350.620
<i>Bolivia (b)</i>				
Urbana	6.3	664.039	1.099.203	1.506.193
Rural	-1,02	494.898	456.118	433.439
Total		1.158.937	1.555.321	1.939.632
Total TDPS				
Urbana		1.087.292	1.636.174	2.142.680
Rural		1.151.494	1.145.688	1.147.572
Total		2.238.786	2.781.862	3.290.252

(a) Departamento de Puno, 1981-1993.

(b) Departamento de Oruro y a las provincias del Departamento de La Paz comprendidas dentro del TDPS, 1976-1992.

*Fuentes:* Perú, Censo de 1993 (INEI). Bolivia. Censo de 1992 (INE).

Se observa que durante los próximos 10 años la población rural tenderá a permanecer estable en el conjunto del TDPS, mientras que la población urbana se duplicará. Sin embargo, en el sector boliviano la población rural continuará la tendencia decreciente que mostró durante el periodo 1976-1992, y el fuerte



incremento que seguirá presentando la población urbana se deberá especialmente a la influencia de El Alto, ciudad que tuvo una tasa del 9,23% anual en este mismo período. En el sector peruano la población rural crecerá muy poco (con la posibilidad de que también disminuya como en Bolivia), mientras que la urbana se incrementará notoriamente, aunque menos que en el altiplano boliviano.

La población rural continuará aportando su cuota migratoria hacia las ciudades del altiplano y hacia otras regiones de Perú y Bolivia. Es muy posible que la tasa de crecimiento de El Alto disminuya algunos puntos en los próximos años, caso en el cual el incremento estimado en la población urbana no será tan alto. De mantenerse el escenario del Cuadro 45, los mayores problemas ambientales del altiplano serán de origen urbano.

### **3. El pacto andino y la competitividad de los países**

En la actualidad el Pacto Andino está aún en vías de conformación y enfrenta problemas políticos debido a conflictos fronterizos actuales y potenciales. No obstante, se reconoce que la integración del mercado regional andino es una necesidad para el desarrollo socioeconómico de estos países. Dentro del conjunto del Pacto Andino, Perú y Bolivia tendrán a su favor los siguientes factores:

- El gran potencial pesquero peruano y la riqueza y tradición minera boliviana en el ramo de los metales, básicos para muchas industrias de desarrollo potencial en la región.
- La infraestructura industrial de Perú, especialmente en las áreas de alimentos (incluida la harina de pescado) y textiles.
- Sus recursos turísticos, particularmente en relación con valores arqueológicos, históricos y paisajísticos de alta montaña.
- Su localización estratégica como eje de comunicación con el sur de Brasil, Paraguay, Uruguay y el norte de Argentina.
- La competitividad natural de sus recursos productivos, básicamente similares a los de sus vecinos andinos.

Específicamente en lo que concierne al TDPS, la región es rica en recursos mineros, pesqueros y de suelos (éstos últimos limitados por el clima). No obstante, la baja productividad de la agricultura y la ganadería exige cambios importantes para que esta área reciba los beneficios de la integración.

Tradicionalmente, los principales socios comerciales de Perú y Bolivia han sido los Estados Unidos y Europa, regiones con las cuales se desarrolla cerca de las dos terceras partes del intercambio comercial de Perú y la mitad del de Bolivia. El comercio con el Grupo Andino apenas se acerca al 5-7% del comercio global. Es más importante el comercio con otros países de la ALADI, especialmente Brasil, Argentina y Chile. Bolivia especialmente tiene casi una tercera parte de su comercio con estos países, y puede sacar provecho de esta situación al constituirse en puente entre MERCOSUR y los demás países del Pacto Andino.

En conclusión, se puede decir que tanto Perú como Bolivia tienen recursos importantes para el mercado regional, si bien es necesario realizar ajustes de productividad en algunos sectores económicos, con el fin de lograr una mayor competitividad.

## 4. Comportamiento previsible de la economía rural

Los análisis realizados sobre el uso de la tierra y el agua y sobre la evolución demográfica del TDPS permiten hacer algunas previsiones sobre los siguientes aspectos:

- Variación del área agrícola.
- Estabilización de la producción pecuaria.
- Nuevas formas de organización.
- Mantenimiento de la actividad pesquera.
- Aumento de las áreas forestadas.

### 4.1 Variación del área agrícola

El Cuadro 47 muestra la variación de la superficie sembrada registrada en el altiplano durante los últimos 28 años. Se observa de estos datos que sin considerar las situaciones debidas a los eventos extremos, el área sembrada en la cuenca ha permanecido relativamente estable durante los últimos 10 años (1980-90), con un promedio de 282.000 ha anuales. Incluso en la serie peruana se nota un ligero incremento desde 1962 hasta 1990. El área puede bajar de un año a otro como consecuencia de factores meteorológicos o de precios, pero se recupera en el año o años subsiguientes.

**Cuadro 47: EVOLUCION DE LA SUPERFICIE SEMBRADA EN EL ALTIPLANO (en ha)**

Año	Perú	Bolivia	Total TDPS
1962/63	107.775		
1965/66	84.501		
1970/71	107.460		
1975/76	109.203		
1980/81	110.753	144.169	254.922
1985/86	123.777	187.409	311.186
1990/91	116.693	164.420	281.113

*Fuente:* MACA (Bolivia) y Ministerio de Agricultura (Perú), Plan Director Binacional.

En consecuencia, si las demás condiciones se mantienen, no es dable esperar una disminución de la superficie cultivada en los próximos años. No obstante, en el mediano plazo (5-10 años) es posible prever una ligera disminución en el sector boliviano si continúa la tendencia al despoblamiento rural. No así en el sector peruano, cuya población rural permanecerá estable.

Por otro lado, si la productividad agrícola cambia, con la construcción y puesta en marcha de sistemas de riego y con investigación y extensión agrícola, es de esperar que el área agrícola disminuya en forma proporcional al incremento de la productividad, lo cual tendría indudables ventajas desde el punto de vista ambiental. Para que esto se logre, es necesario que, paralelamente con la extensión agrícola, se lleve a cabo una extensión forestal, con el fin de que las áreas liberadas puedan ser destinadas a usos forestales o agroforestales (producción de leña, forraje y otros fines).

### 4.2 Estabilización de la producción pecuaria

El Cuadro 48 muestra la evolución de la población ganadera del Sistema TDPS entre 1965 y 1990. Se nota que La población bovina disminuyó, sobre todo a partir de 1980/1981: del 27% en el altiplano peruano entre 1980 y 1993, y del 9,5 % en el sector boliviano entre 1980 y 1988.

**Cuadro 48: EVOLUCION DE LA POBLACION GANADERA DEL SISTEMA TDPS (en cabezas de ganado)**

Año	Vacuno	Ovino	Alpacas	Llamas
<i>Perú</i>				
1965	450.000	6.200.000	2.151.000	345.000
1970	463.500	6.200.000	1.600.000	405.000
1975	430.500	4.970.000	1.200.000	390.000
1980	473.430	4.276.500	1.207.230	283.700
1985	429.320	3.671.460	1.455.510	297.850
1990	382.310	3.181.430	1.616.710	311.440
1993	346.670	3.327.750	1.589.310	310.600
<i>Bolivia</i>				
1980	220.300	4.144.500	206.900	1.208.800
1985	193.500	3.291.600	141.100	848.000
1988	199.300	3.662.000	148.000	894.900

*Fuente:* INEI (Perú) y MACA (Bolivia).

El ganado ovino presenta una disminución aún más drástica: 46% en el altiplano peruano entre 1965 y 1993, y 11,6% entre 1980 y 1988 en el altiplano boliviano. Las alpacas disminuyeron en el sector peruano entre 1965 y 1975, pero luego presentaron un aumento sostenido, del 32% entre 1976 y 1993. En el sector boliviano, en cambio, se produjo una disminución del 28% entre 1980 y 1988. Las llamas también disminuyeron en el sector peruano entre 1970 y 1980 en un 30%, pero de 1980 a 1993 aumentaron en un 9%. En el sector boliviano la población disminuyó en un 26% entre 1980 y 1988.

El análisis de las estadísticas anuales muestra que la sequía de 1982-83 parece haber sido un factor determinante en el descenso del ganado vacuno en Bolivia (mas no en Perú) y de los ovinos en los dos sectores. En cuanto a las alpacas y llamas, la sequía parece haber influido en el altiplano boliviano pero no en el peruano.

El hecho de que los contingentes de las especies introducidas (vacunos y ovinos) muestren la disminución más fuerte es favorable desde el punto de vista ambiental, dado que este es el ganado que más daño causa a las praderas, por el fuerte pisoteo en el caso de los vacunos y por el ramoneo excesivo en el caso de los ovinos.

En el mediano plazo, lo más probable es que las poblaciones de vacunos y ovinos se mantengan en cifras muy cercanas a las actuales, mientras que las de camélidos tenderán a aumentar, de manera especial la de alpacas, por su mayor valor comercial y por el creciente interés de las comunidades en la explotación de su lana y su carne. Este interés debiera ser apoyado por las entidades técnicas y crediticias de los

gobiernos, así como por las organizaciones no gubernamentales que operan en la zona. Paralelamente se debiera desestimular la producción de vacunos, ya que éste no es el clima ni el suelo ideal para ellos, máxime cuando tanto Bolivia como Perú tienen climas y suelos mejores para este tipo de ganadería.

### **4.3 Nuevas formas de organización**

En algunas zonas del altiplano, la excesiva fragmentación de la tierra hace difícil, por no decir imposible, su manejo económico. Es el caso de los valles del llave y Ramis, donde un campesino puede tener 30, 50 o más pequeñas parcelas de apenas algunos metros o máximo decenas de metros cuadrados de superficie, dispersas en todo el valle. Este sistema de tenencia y explotación supone un gran desgaste de energía y está asociado a altos niveles de pobreza.

La migración rural-urbana que tiene lugar en el altiplano podría en el futuro permitir la conformación de unidades productivas más grandes, pero para que este proceso de concentración alcance dimensiones significativas en el mediano plazo, la migración tendría que adquirir una mayor intensidad, lo que sería indeseable desde el punto de vista de la problemática ambiental urbana.

En consecuencia, dentro del marco de las normas vigentes sobre comunidades, es importante apoyar la conformación de unidades productivas más grandes mediante la creación de cooperativas agrarias u otras formas organizativas.

### **4.4 Mantenimiento de la actividad pesquera**

La actividad pesquera es una importante fuente de ingresos y de proteínas para la población local, especialmente en la zona circumlacustre del Titicaca y del Poopó. Los estudios existentes indican que, si bien la población de trucha ha llegado a niveles de muy baja significación en el Sistema, otra especie introducida, el pejerrey, ha venido creciendo en forma acelerada, hasta el punto de que tiene la población dominante en el Poopó y está muy cerca de serlo en el Titicaca, en detrimento de las especies nativas, algunas de las cuales están en vías de desaparición, como es el caso del boga, el mauri y el suche. En la actualidad, las únicas especies nativas que le hacen competencia al pejerrey son el karache negro y el ispi.

En 1980 la extracción del Lago Titicaca fue de 7.501 t, en 1985 fue de 7.265 t y en 1992 alcanzó 6.290 t sólo en el sector peruano. Esto indica que, si bien pueden ocurrir disminuciones importantes (como ocurrió en 1989-1990, según parece), la biomasa existente permite la recuperación de la producción pesquera. En consecuencia, en el mediano plazo es posible que la producción se mantenga alrededor de las 6.000-7.000 t anuales. En el Lago Poopó la situación es muy distinta, pues la producción depende más estrechamente de la variación de sus niveles. En la segunda mitad de los 80 la producción de este lago llegó hasta 2.000 t anuales, gracias a los niveles altos y anormales del lago, pero en condiciones normales la producción de este lago es apenas de unas 500 a 700 t/año. No obstante, es necesario profundizar en el conocimiento de la calidad de la carne del pescado del Poopó, pues los altos contenidos de metales pesados del lago pueden degradar su calidad hasta límites inaceptables para la salud humana.

De otro lado, el mantenimiento de la producción íctica del Lago Titicaca exige igualmente la profundización de los conocimientos sobre la ecología y fisiología de las especies nativas y el fortalecimiento de los programas de reproducción artificial y siembra de estos peces en el lago.

### **4.5 Aumento de las áreas forestadas**

Menos del 0,7% de la región está cubierto por formaciones boscosas y ellas están en continua disminución por su aprovechamiento para leña, construcción y otros fines. En consecuencia, es urgente iniciar programas masivos de reforestación, tanto con especies nativas como exóticas, las primeras para atender el consumo de leña y construcciones rurales y las segundas para la construcción y la industria. Como se ha hecho en otros países, una de las formas de promover la reforestación podría ser mediante el establecimiento de incentivos de tipo fiscal a la gran industria y a la minería. La fijación de metas de reforestación debe obedecer a estudios de necesidades de producción (leña, madera, protección de microcuencas) y a los recursos potenciales.

En los estudios existentes se han identificado proyectos de reforestación a corto plazo en 31.200 ha, proyectos de agroforestería en 10.496 ha y proyectos de silvopasturas en 1.556 ha, para una meta inmediata de 43.252 ha de posible desarrollo forestal.

## **5. Medio ambiente y áreas urbanas**

### **5.1 Urbanizaciones de baja densidad sin servicios básicos**

El problema se circunscribe a las zonas de expansión urbana de las ciudades de El Alto, Oruro, Juliaca y Puno, aunque la situación más crítica corresponde a El Alto. En efecto, como se anotó anteriormente, esta ciudad creció durante el período 1976-1993 a una tasa del 9,23% anual. Si a esta altísima cifra se suma el hecho de que el crecimiento se debe fundamentalmente a la llegada de migrantes rurales pobres, sin suficiente capacidad de pago, se comprende que la ciudad tenga problemas críticos de saneamiento básico, por falta de servicios adecuados de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial y aseo urbano. Ninguna ciudad, por pujante que sea, puede sostener una tasa de expansión de sus servicios públicos compatible con una semejante tasa de crecimiento demográfico. Aunque en menor magnitud, los problemas son similares en Juliaca (Perú) y en las demás ciudades del altiplano.

En la región hay además algunas zonas rurales (los valles del llave y del Ramis, Perú especialmente) con una altísima densidad de viviendas, donde el problema de saneamiento básico empieza a ser similar al de las zonas suburbanas de las ciudades grandes.

### **5.2 Residuos sólidos y material no biodegradable**

En la actualidad la población urbana de la región se acerca a 1,1 millones de habitantes. Dado el nivel de desarrollo de estos asentamientos, se puede asumir una producción per cápita de residuos sólidos del orden de 0,35 kg/persona.día., lo que daría una producción actual de unas 380 t diarias y en el año 2005 unas 750 t. Estos volúmenes de basura no pueden seguir siendo dipuestos a cielo abierto, por los problemas crecientes que ocasionarán a la salud humana y al medio ambiente en general. Se requiere que cada ciudad instrumente un sistema adecuado de disposición o procesamiento de sus residuos (relleno sanitario, incineración, reciclaje o sistemas combinados).

Aunque no se pudo disponer de datos sobre la composición de las basuras domésticas, se asume que en la actualidad están compuestas fundamentalmente por material biodegradable (desechos orgánicos, papel y otros). Los sistemas de disposición deben contemplar la posibilidad de recuperar los materiales no biodegradables o reciclables, tales como plásticos y caucho y otros.

### **5.3 Contaminación de agua para consumo humano**

Los principales problemas a este respecto se plantean en la ciudad de Oruro, donde los drenajes ácidos de mina han afectado los sistemas de distribución de agua potable y de alcantarillado sanitario, facilitando la contaminación de los primeros. Hacia el futuro estos problemas pueden ser mayores si no se zonifica y reglamenta adecuadamente el uso del suelo en los suburbios y las zonas adyacentes a las ciudades. Por otra parte, los crecientes volúmenes de aguas residuales urbanas podrán afectar los suministros actuales de comunidades rurales localizadas a lo largo de los cauces donde se descargan las aguas negras. En efecto, en los próximos 10 años, este tipo de desechos líquidos se multiplicará por lo menos por dos.

## 6. Minería y contaminación

En la actualidad la producción minera se encuentra deprimida, como consecuencia de los bajos precios de los metales de exportación en los mercados internacionales. Esta situación es favorable desde el punto de vista ambiental, dado que los desechos mineros y las emisiones de las planas de fundición han decrecido. No obstante, las minas aún generan importantes impactos ambientales porque gran parte de ellas se operan con eficiencias bajas y la mayoría no cuenta con sistemas de manejo ambiental. Bajo estas condiciones, la recuperación de la actividad minera podrá incrementar drásticamente los niveles de contaminación de los cuerpos de agua y las concentraciones de  $\text{SO}_2$  y partículas de metales en el aire.

Esto exige la adopción de un plan de mitigación de los impactos ambientales de la actividad minera, sobre todo en la zona de Oruro, en donde se debe contemplar la adopción, aplicación y seguimiento de un reglamento de zonificación y de manejo de relaves, lodos, aguas de mina y otros tipos de desechos sólidos y líquidos minero-industriales, así como de control de las emisiones de las plantas de fundición.

## 7. Degradación de los lagos y sus ecosistemas naturales

En la actualidad, el Lago Titicaca recibe, ya sea directamente o a través de sus tributarios, los vertimientos de aguas negras de una población urbana cercana a las 600.000 personas (descontando la parte de El Alto que va a otras cuencas). En términos de caudales, estas descargas suman cerca de 764 l/s. Comparado este caudal con la gran superficie del lago y con el volumen de los aportes de sus tributarios, el impacto correspondiente podría parecer insignificante. No obstante, la descarga concentrada de aguas negras en ciertos puntos del lago puede producir serios problemas de contaminación localizada. Es lo que sucede actualmente en la bahía de Puno, donde son descargadas las aguas de esta ciudad. Hacia el año 2005 las descargas de aguas negras en el Titicaca podrán llegar a más de 1.600 l/s, lo que agravará el problema en la bahía de Puno y en los demás sitios de vertimiento.

En cuanto al sistema del Desaguadero y los lagos Poopó y Uru Uru, el caudal de aguas negras de origen urbano descargado en el mismo es del orden de 424 l/s en la actualidad y llegará en el año 2005 a cerca de 550 l/s. El problema de contaminación de origen orgánico será especialmente grave en el Lago Uru Uru, que recibe las aguas de Oruro. No obstante, el mayor problema de estos cuerpos de agua es y será el producido por la actividad minera de la zona, que, como se ha dicho, genera una apreciable carga sólida y altas concentraciones de metales pesados en sus aguas residuales de distinto orden, problema éste que será crítico en el futuro.

El problema de contaminación de la bahía de Puno afecta de manera especial al turismo regional, puesto

que esa ciudad recibe más de 150.000 visitantes al año, con tasas de crecimiento del orden del 15%. Esta actividad, importante generadora de ingresos para la zona, podrá verse perjudicada por este problema si no se amplía y mejora el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad.

## 8. Futuro de la salud pública

Como se anotó en el capítulo 2, la zona del TDPS se caracteriza por uno de los niveles de salud más bajos de Latinoamérica: elevados índices de morbi-mortalidad, sobre todo en madres y niños; baja expectativa de vida al nacer, y alta incidencia de enfermedades infecciosas originadas en condiciones ambientales, especialmente de tipo gastrointestinal y respiratorio. Frente a esta situación, la zona dispone asimismo de uno de los más bajos índices de atención a la salud, con promedios de 1,3 a 1,7 médicos y 3,1 a 7,7 camas por cada 10.000 habitantes, cuando los promedios nacionales en Perú son de 4,6 y 16,6 respectivamente.

Dado que las enfermedades predominantes son de origen ambiental, la disminución de sus altas frecuencias pasa por el mejoramiento de las condiciones de vivienda (incluido el saneamiento básico), trabajo, ingresos y atención a la salud, lo que significa un mejoramiento del nivel de vida global de la zona. Por tanto, los cambios en la salud pública serán lentos y difícilmente podrán verse en el transcurso del próximo decenio.

## 9. Tendencias en la contaminación transfronteriza

La localización y el nivel de desarrollo industrial en la cuenca del TDPS no reúnen las condiciones para que pueda presentarse una eventual contaminación atmosférica transfronteriza. **Los** problemas internacionales de tipo ambiental están más relacionados con la distribución técnica y equitativa de los recursos hídricos del Sistema entre Bolivia y Perú, y en la posible contaminación del Lago Titicaca por un mayor desarrollo minero, industrial y agrícola dentro de su cuenca.





---

# Capítulo VI. Propuesta para el proyecto de gestión ambiental del sistema TDPS

---

[1. Aspectos generales](#)

[2. Descripción general de las actividades propuestas](#)

---

## 1. Aspectos generales

Dada la naturaleza y gravedad de los problemas ambientales expuestos en los capítulos precedentes, es necesario iniciar lo antes posible acciones efectivas en los campos de la protección y restauración ambiental de la región. Sin embargo, para ello se requiere adelantar un conjunto de actividades de preparación y planificación, las cuales serán el objeto de la fase inicial del proyecto para la gestión ambiental del Sistema TDPS. Específicamente el proyecto busca en esta fase inicial:

- Efectuar una zonificación ambiental del Sistema TDPS, que sirva de base para la planificación de su desarrollo sustentable.
- Llevar a cabo un proyecto de recopilación y catalogación de la información sobre recursos naturales y condiciones ambientales del Sistema TDPS e integración de la misma dentro de un sistema de información geográfica (SIG).
- Preparar un programa de gestión ambiental del Sistema TDPS encaminado a priorizar proyectos que permitan mejorar la calidad de vida de los habitantes del altiplano dentro de un marco de desarrollo sustentable.
- Realizar los estudios de preinversión para los proyectos priorizados de carácter ambiental, en particular los relativos a la recuperación del ecosistema del Lago Titicaca y al plan de manejo de la Reserva Binacional del Altiplano.
- Preparar un programa de apoyo institucional a la Autoridad Autónoma del Lago Titicaca (ALT), con miras al fortalecimiento de su capacidad operativa.

Paralelamente con el desarrollo de estos objetivos, se buscará la capacitación del personal de los dos países y la difusión de los resultados obtenidos.



## 2. Descripción general de las actividades propuestas

### 2.1 Zonificación ambiental del sistema TDPS

El objetivo de esta actividad es elaborar una zonificación del Sistema TDPS con base en el potencial de sus recursos naturales y en las limitaciones o conflictos existentes en el uso de dichos recursos.

La zonificación se realizará a dos niveles:

- Un nivel general a escala 1:250.000 para la totalidad de la región.
- Un nivel semidetallado a escala 1:50.000 para las zonas sensibles a la contaminación, áreas protegidas, zonas de patrimonio cultural, lugares turísticos, zonas de conflicto por el uso de los recursos naturales y zonas mineras.

Los materiales a emplear serán los mapas y estudios del Plan Director Binacional, complementados, donde sea necesario, con interpretación de imágenes de satélite. Las subactividades contempladas son las siguientes:

- Recopilación de información sobre aspectos físico-bióticos, socioeconómicos y culturales relevantes.
- Análisis de la información, por medio de modelos integrados al SIG que al efecto se conformará (véase la sección 2.2, infra).
- Elaboración de la zonificación ambiental y de sus correspondientes informes y reglamentos de uso y manejo, la cual incluirá:

*Un mapa de macrozonificación* (grandes unidades ecológica-económicas), a escala 1:250.000, elaborado a través del SIG, para la totalidad del Sistema TDPS. Las unidades ambientales incluirán, entre otras, las zonas de producción (agrícola, forestal, agroforestal, piscícola, minero, urbano, etc.); zonas de uso y manejo especial (comunidades, áreas con restricciones o limitaciones, etc.); zonas de protección y/o preservación ambiental; y zonas de recuperación (áreas erosionadas, contaminadas, etc.).

*Mapas con propuestas de zonificación ecológica-económica a escala 1:50,000*, elaborados igualmente a través del SIG, para las áreas de manejo especial del Sistema TDPS: áreas contaminadas, áreas protegidas, zonas de patrimonio cultural, lugares turísticos, zonas mineras, áreas deterioradas por sobreexplotación de recursos y áreas subutilizadas, entre otras.

### 2.2 Catalogación de la información y fortalecimiento del SIG

El objetivo de esta actividad es la recopilación, catalogación y almacenamiento de la información relevante para la planificación y gestión de los aspectos binacionales del Sistema TDPS, con énfasis inicial en la información ambiental necesaria para la zonificación ambiental.

La actividad se llevará a cabo en el marco del Programa Plurinacional de Catalogación de Información

sobre Recursos Naturales y Condiciones Ambientales de las Américas de la SG/OEA y en colaboración con la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Programa GEMS del PNUMA.

Una vez recopilada y evaluada, la información se catalogará y organizará de manera que permita su rápida recuperación y actualización. Cuando la naturaleza de la información lo permita, se utilizarán aplicaciones del SIG. Además, se apoyará a la Red Interamericana de Recursos Hídricos coordinada por la SG/OEA, que tiene como objetivo compartir experiencias e informaciones relacionadas con el desarrollo sustentable y el manejo de recursos hídricos, intercambiar tecnologías y promover la cooperación técnica y la capacitación entre los países involucrados. Dentro de este proceso se busca igualmente fortalecer la capacidad de interpretación y procesamiento del sistema de información electrónico disponible en las oficinas del proyecto en Puno y La Paz, para la más ágil recuperación y actualización de la información seleccionada.

En consecuencia de lo anterior las principales subactividades a realizar serán las siguientes:

- Talleres de preparación, selección y evaluación de la información a utilizar y catalogar y metodología a emplear.
- Recolección, digitalización y almacenamiento en el SIG de la información seleccionada, dando prioridad a la información requerida para la zonificación ambiental de la cuenca.
- Como resultado de los trabajos anteriores, la preparación de los mapas e informes que sea necesario producir, en los formatos acordados.

### **2.3 Elaboración del plan de gestión ambiental del Sistema TDPS**

El objetivo de esta actividad es la elaboración de una propuesta global, intersectorial e interinstitucional para la gestión ambiental del Sistema TDPS. Tal propuesta estará coordinada con los resultados de la zonificación ambiental y contendrá básicamente un *plan estratégico*, destinado a sentar las bases para la gestión ambiental del Sistema TDPS en el largo plazo, y un *plan de acciones* para el corto plazo, destinadas a implementar la iniciación de la gestión ambiental del Sistema TDPS.

*El plan estratégico* estará conformado por los siguientes elementos:

- Una propuesta de política ambiental para la cuenca.
- Una propuesta de estrategias para el desarrollo sustentable de la región.
- Una propuesta de estrategia de manejo legal e institucional, que tenga en cuenta el carácter binacional del Sistema TDPS.
- Una propuesta de programas y proyectos a ejecutar en el largo plazo, con objetivos, justificación, metas, actividades, costos y cronograma de ejecución.

*El plan de acciones necesarias* para poner en ejecución la gestión ambiental incluirá las siguientes, entre otras:

- Elaboración de una propuesta para el ordenamiento de las actividades productivas y de los asentamientos humanos, la cual contendrá los mecanismos de tipo legal, institucional, social y económico para inducir o fomentar la aplicación del esquema de ordenamiento territorial que surja de la zonificación ambiental del Sistema.

- Elaboración de una propuesta para el manejo de los suelos del Sistema, que incluya principalmente el fomento de tecnologías adecuadas (waru waru, andenes y otras) y el manejo de microcuencas críticas.
- Elaboración de una propuesta de manejo de aguas que incluya:
  - Soluciones alternativas a la contaminación, especialmente en la bahía de Puno y en la zona minera de Oruro.
  - Investigación documental y práctica de la relación entre la contaminación hídrica y la salud humana, con el fin de suministrar bases para el diseño de proyectos específicos de control.
  - Monitoreo de la calidad del agua del Sistema TDPS.
  - Planificación y, en ciertos casos, complementación y profundización de los estudios de impacto ambiental de las obras hidráulicas propuestas por el Plan Director Global Binacional.
- Elaboración de una propuesta sobre manejo de ecosistemas en la región, que incluya principalmente una propuesta para la conformación de un Sistema de Areas Protegidas del Altiplano.
- Una propuesta para el manejo socioeconómico de la región, especialmente el Fortalecimiento del desarrollo comunitario y la promoción turística, con énfasis en ecoturismo

## **2.4 Estudios de proyectos priorizados del Sistema TDPS**

El Comité Ad-hoc de Transición ha priorizado estudios para ser profundizados y evaluados en la presente fase del proyecto. Ellos son: el manejo sustentable del ecosistema del Lago Titicaca y la propuesta de un plan de manejo de la Reserva Binacional del Altiplano, la cual ha sido ya delimitada dentro del Plan Director Global Binacional. En ambos casos, el objetivo es la conservación de dos tipos de recursos hídricos del altiplano: los lacustres y los llamados bofedales o tierras húmedas de las planicies elevadas.

### **2.4.1 Manejo sustentable del ecosistema del Lago Titicaca**

Este estudio está conformado por dos componentes: el saneamiento urbano de las poblaciones ribereñas y la recuperación de los totorales y de la pesca en el Lago Titicaca.

- *Saneamiento urbano de poblaciones ribereñas:* El objetivo de esta acción es la formulación de una propuesta para la disminución de los impactos de los asentamientos urbanos, en especial de Puno y Oruro, sobre la calidad de las aguas del Lago Titicaca y otros elementos del sistema hídrico de la cuenca. En especial, la propuesta se referirá al manejo de las aguas negras y de los residuos sólidos generados por tales asentamientos.
- *Recuperación de los totorales y de la pesca en el Lago Titicaca:* Formulación de un proyecto para la recuperación y expansión de los totorales y el mejoramiento de las actividades de producción pesquera y piscicultura en el Lago Titicaca, utilizando intensivamente la investigación biológica aplicada.

## 2.4.2 Proyecto de la Reserva Binacional del Altiplano

El área propuesta dentro del Plan Director Binacional contiene importantes valores naturales y culturales del altiplano, entre los cuales se destaca la presencia de bofedales de alta productividad biológica, de numerosas especies de fauna amenazadas de extinción, de vestigios arqueológicos de alto interés y de poblaciones indígenas con valores culturales dignos de conservar.

El objetivo de esta actividad es la elaboración del Plan de Manejo para la Reserva Binacional del Altiplano del Titicaca, el cual debe incluir el diagnóstico, la zonificación, el plan de manejo y los reglamentos para el desenvolvimiento de actividades específicas, tales como la explotación de camélidos, el ecoturismo y la investigación, junto con prediseños de las obras de desarrollo básicas de la Reserva.

## 2.5 Programa de fortalecimiento institucional

El objetivo de este programa es el fortalecimiento de la capacidad operativa y de coordinación de la ALT, con el fin de incentivar la acción coordinada y coherente de las respectivas áreas nacionales. El programa tiene tres componentes: el legal, el institucional y el económico.

El componente *legal* tiene por objeto la formulación de una propuesta de marco jurídico que favorezca la gestión del desarrollo sustentable y la conservación de los valores ambientales de la región.

El componente *institucional* busca formular una propuesta de organización institucional para la ejecución del Programa de Gestión Ambiental del Sistema TDPS en el marco de la futura ALT y de la organización administrativa ambiental peruana y boliviana.

El componente *económico* busca estudiar y proponer un esquema para la implantación de instrumentos jurídicos, fiscales, tarifarios y otros destinados a obtener recursos financieros para la gestión ambiental de los principales recursos naturales del área del Sistema TDPS, y particularmente para los programas de control de la contaminación y manejo del Sistema de Areas Protegidas, en especial la Reserva Binacional.





# Anexo: Bibliografía seleccionada

APECO. 1993. Evaluación ambiental de actividades petroleras: Lago Titicaca, Puno. Lima.

BID. 1994. *Progreso económico y social en América Latina*. Informe 1994. Washington, D.C.

BID y Ministerio de Planeamiento y Coordinación. 1990. Análisis de los estudios de los sectores productivos en la región fronteriza boliviano-peruana. La Paz.

Boero Rojo, Hugo. 1993. *Enciclopedia Bolivia Mágica*. Tomos I, II y III. La Paz. Editorial Vertiente.

Centro De Desarrollo Pesquero y ODA. 1992. *Estadística e información pesquera de Bolivia 1991*. La Paz. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios.

CEPEI. 1992. *El Perú, el medio ambiente y el desarrollo*. Eduardo Ferrero Costa, edi. Lima.

Comisión Nacional. 1991. *Informe nacional sobre el medio ambiente y el desarrollo: Perú*. Lima. CNUMAD-92.

INTECOSA-AIC-CNR. 1993. *Plan Director Global Binacional de protección-prevención de inundaciones y aprovechamiento de los recursos del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Salar de Coipasa (Sistema TDPS)*. Comisión de las Comunidades Europeas y Repúblicas de Perú y Bolivia. En particular se utilizaron los siguientes volúmenes:

- Estudio de climatología
- Estudio de geomorfología
- Estudio de fluviomorfología
- Estudio de suelos y erosión
- Estudio del medio natural
- Estudio de hidroquímica y contaminación
- Estudio de hidrología
- Estudio de hidrogeología
- Diagnóstico de daños por eventos extremos
- Diagnóstico socioeconómico
- Proyectos de riego y necesidades de agua en el Sistema TDPS
- Batimetría y topografía

Instituto Geográfico Nacional, 1989. *Atlas del Perú*. Lima.

Morales, C. B. de. 1990. *Bolivia, medio ambiente y ecología aplicada*. La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. Instituto de Ecología.

Northcote, T. G., P. Morales, D.A. Levy y M.S. Greaven. 1989. *Pollution in Lake Titicaca: Training, Research and Management*. Vancouver, Canada, y Puno, Perú. University of British Columbia, Westwater Research Center and Universidad Nacional del Altiplano, Instituto de Aguas Altoandinas.

OPP/OEA/BID. 1992. *Uruguay: Estudio ambiental nacional*. Washington, D.C.

Ramírez Rebolledo, G. 1990. *Legislación ambiental en los países del Convenio Andrés Bello*. Bogotá. SECAB.

SECAB. 1990. *Gestión ambiental en los países del Convenio Andrés Bello*. Bogotá. Ciencia y Tecnología No 20.

Ministerio de Minas y Metalurgia, Secretaría Nacional del Medio Ambiente. 1993. *Evaluación ambiental de los sectores minero e industrial (manufacturero)*. La Paz, Bolivia.

Swedish Geological. 1992. *Impact of minerals industry on the environment in some areas of the Departments of Oruro and Potosí, Bolivia*. La Paz. Ministerio de Minería y Metalurgia de Bolivia.

Webb R., y G. Fernández Baca. 1991. *Perú en números 1991*. Anuario Estadístico. Cuánto. Lima.

También se utilizaron estadísticas de:

- Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios (MACA), Dirección Nacional de Estadísticas Sectoriales, de Bolivia.
- Nacional de Estadística INE, de Bolivia (Censo de 1992 y otras).
- Ministerio de Agricultura del Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI, de Perú (Censo de 1993 y otras)

## **LA ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS**

La Organización de los Estados Americanos (OEA) es el organismo regional más antiguo del mundo, pues su origen se remonta a la Primera Conferencia Internacional Americana, celebrada en Washington, D.C. entre octubre de 1889 y abril de 1890. En esta reunión se aprobó, el 14 de abril de 1890, la creación de la Unión Internacional de las Repúblicas Americanas. La Carta de la OEA fue suscrita en Bogotá en 1948 y entró en vigor en diciembre de 1951. Posteriormente, la Carta fue reformada por el Protocolo de Buenos Aires suscrito en 1967, el cual entró en vigor en febrero de 1970, por el Protocolo de Cartagena de Indias suscrito en 1985, que entró en vigor en noviembre de 1988 y por el Protocolo de Managua suscrito en 1993, que entró en vigor en enero de 1996. En 1992, se suscribió el Protocolo de Washington que entrará en vigor cuando sea ratificado por las dos terceras partes de los Estados Miembros. La OEA cuenta con 35 Estados Miembros. Además, la Organización ha concedido el *status* de Observador Permanente a 39 Estados, así como a la Unión Europea.

Los propósitos esenciales de la OEA son los siguientes: afianzar la paz y la seguridad del Continente; promover y consolidar la democracia representativa dentro del respeto al principio de no intervención; prevenir las posibles causas de dificultades y asegurar la solución pacífica de las controversias que surjan entre los Estados Miembros; organizar la acción solidaria de éstos en caso de agresión; procurar la solución de los problemas políticos, jurídicos y económicos que se susciten entre ellos; promover, por medio de la acción cooperativa, su desarrollo económico, social y cultural, y alcanzar la efectiva limitación de armamentos convencionales que permita dedicar el mayor número de recursos al desarrollo económico y social de los Estados Miembros.

**ESTADOS MIEMBROS:** Antigua y Barbuda, Argentina, Bahamas (*Commonwealth de las*), Barbados, Belice, Bolivia, Brasil, Canadá, Colombia, Costa Rica, Cuba, Chile, Dominica (*Commonwealth de*), Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Grenada, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, St. Kitts y Nevis, Suriname, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela.

## ***THE ORGANIZATION OF AMERICAN STATES***

*The Organization of American States (OAS) is the world's oldest regional organization, dating back to the First International Conference of American States, held in Washington, D. C., from October 1889 to April 1890. The establishment of the International Union of American Republics was approved at that meeting on April 14, 1890. The OAS Charter was signed in Bogotá in 1948 and entered into force in December 1951. Subsequently, the Charter was amended by the Protocol of Buenos Aires, signed in 1967, which entered into force in February 1970; by the Protocol of Cartagena de Indias, signed in 1985, which entered into force in November 1988; and by the Protocol of Managua, signed in 1993, which entered into force in January 1996. In 1992, the Protocol of Washington was signed; it with enter into force upon ratification by two thirds of the Member States. The OAS currently has 35 Member States. In addition, the Organization has granted Permanent Observer status to 39 States and to the European Union.*

*The basic purposes of the OAS are as follows: to strengthen the peace and security of the continent; to promote and consolidate representative democracy, with due respect for the principle of nonintervention; to prevent possible causes of difficulties and to ensure the pacific settlement of disputes that may arise among the Member States; to provide for common action on the part of those States in the event of aggression; to seek the solution of political, juridical and economic problems that may arise among them; to promote, by cooperative action, their economic, social and cultural development, and to achieve an effective limitation of conventional weapons that will make it possible to devote the largest amount of resources to the economic and social development of the Member States.*

***MEMBER STATES:*** Antigua and Barbuda, Argentina, The Bahamas (Commonwealth of), Barbados, Belize, Bolivia, Brazil, Canada, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Dominica (Commonwealth of), Dominican Republic, Ecuador, El Salvador, Grenada, Guatemala, Guyana, Haiti, Honduras, Jamaica, Mexico, Nicaragua, Panama, Paraguay, Peru, St. Kitts and Nevis, Saint Lucia, Saint Vincent and the Grenadines, Suriname, Trinidad and Tobago, United States, Uruguay and Venezuela.

