

*“Hay una necesidad urgente de intensificar la lucha contra la pobreza y de mejorar drásticamente el sistema sanitario en la región (del lago Titicaca). Se pueden obtener grandes beneficios mediante la prestación de mejores servicios de tratamiento y recogida de residuos, la promoción de la educación medioambiental y la continuación de las obras de regulación del agua, ya iniciadas. Sin embargo, lo más importante es invertir mucho más en servicios sanitarios públicos, a fin de asegurar una mejor calidad de vida para la población”*

# 21

## La Cuenca del lago Titicaca, Bolivia y Perú

Índice	
<b>Contexto general</b>	<b>466</b>
Situación	466
Mapa 21.1: Mapa de situación	466
Mapa 21.2: Mapa de la cuenca	466
Tabla 21.1: Características hidrológicas de la Cuenca del lago Titicaca	466
Tabla 21.2: Tamaño del sistema TDPS	467
<b>Características físicas principales</b>	<b>466</b>
<i>Topografía</i>	466
Clima	467
Tipos de suelos	467
<b>Características socioeconómicas principales</b>	<b>467</b>
<i>Población</i>	467
Tabla 21.3: Datos de población del TDPS	468
Tabla 21.4: Población de las principales ciudades	468
<i>Educación</i>	468
<i>Salud</i>	468
Tabla 21.5: Datos sanitarios	468
<i>Actividades económicas</i>	468
Figura 21.1: Distribución de la población activa de Bolivia y Perú	469
<i>Bases culturales</i>	470
<b>Recursos hídricos</b>	<b>470</b>
Hidrología	470
<i>Aguas superficiales</i>	470
Tabla 21.6: Flujo anual en diez estaciones de control del lago Titicaca y el río Desaguadero	470
<i>Aguas subterráneas</i>	471
Mapa 21.3: Distribución de las aguas subterráneas en el sistema TDPS	470
<i>Calidad del agua</i>	471
Situaciones extremas	471
Mapa 21.4: Incidencia de situaciones extremas: heladas	472
Mapa 21.5: Incidencia de situaciones extremas: precipitación durante periodos de sequía	472
<b>Impacto del hombre sobre los recursos hídricos</b>	<b>471</b>
<i>Cubierta superficial</i>	471
<i>Presas y desviaciones</i>	471
<i>Contaminantes</i>	471
<i>Especies no autóctonas</i>	471
<i>Sobreexplotación de tierras</i>	472

Datos e información sobre recursos hídricos	472
<b>Retos para la vida y el bienestar</b>	<b>473</b>
Tabla 21.7: Uso del agua en el sistema TDPS	473
Agua para las necesidades básicas	473
Agua para alimentos	473
Agua para los ecosistemas	474
<i>Flora acuática</i>	474
Fauna acuática	474
Plantas y animales terrestres	474
El agua y las ciudades	474
El agua y la industria	474
El agua y la energía	474
Otros usos	474
<b>Retos de gestión: administración y gobernabilidad</b>	<b>475</b>
Instituciones	475
Figura 21.2: Estructura de la ALT	476
Legislación	476
Finanzas	476
Planteamientos de gestión	476
<i>Gestión de riesgos</i>	476
Valoración del agua	476
Compartir el agua	476
Administración inteligente del agua	476
Asegurar la base de conocimientos	476
Ejecución de políticas	476
<b>Identificación de problemas importantes</b>	<b>477</b>
Retos relacionados con la incertidumbre y la variabilidad de los recursos hídricos	477
Retos asociados a las necesidades, usos y demandas	477
Retos relacionados con la gestión	477
Problemas que afectan a los ecosistemas	477
Otros problemas	477
<b>Logros</b>	<b>478</b>
Evaluación de los recursos hídricos del sistema TDPS	478
Plan Director Binacional	478
Obras de regulación hidráulica	478
El modelo de la ALT	478
<b>Conclusiones</b>	<b>478</b>
Figura 21.3: Cadena de causalidad	479
Cuadro 21.1: Desarrollo de indicadores	480
<b>Referencias</b>	<b>480</b>



## La rana no se bebe el charco donde vive

*Proverbio inca*

SITUADO A UNA ALTITUD DE 3.600 a 4.500 metros, en el altiplano más elevado de Los Andes, el lago Titicaca forma la frontera entre Bolivia y Perú y comprende una red de cuencas de cuatro lagos distintos. El medio ambiente circundante es frágil, sujeto a inundaciones y a creciente contaminación. Una característica única de este estudio piloto es la presencia de indígenas, pueblos pre-hispánicos que continúan con sus antiguas tradiciones culturales y se resisten a la asimilación a las sociedades de tipo occidental. Estos pueblos son extremadamente pobres, y sólo el 20% tiene acceso al agua y al saneamiento. El mayor reto, por tanto, para la Autoridad Autónoma Binacional del lago Titicaca, es encontrar vías para promover la reforma de la propiedad de la tierra, adoptar técnicas apropiadas de regadío y cultivo, y desarrollar una legislación que proporcione un entorno favorable en el que pueda tener lugar un desarrollo y un reparto de los recursos que sean sensibles al trasfondo cultural.



**EL LAGO TITICACA ES UNA REGIÓN DE MISTERIO Y LEYENDA.** Habitada originariamente por los urus, fue sucesivamente dominada por los guerreros aymará, los quechuas del imperio inca, y los conquistadores españoles. En sus orillas floreció la cultura Tihuanacu (1.500 años d. de C.) que dejó inmensas construcciones megalíticas y complejos sistemas agrícolas, vestigios de una civilización avanzada. Antes de su misteriosa desaparición, su arte, su cultura y su religión se extendieron por toda la región andina.

## Contexto General

### Situación

A 14 grados de latitud sur, la cordillera andina se divide en dos cadenas: la oriental y la occidental. Entre ellas se encuentra un sistema hidrológico cerrado de unos 140.000 kilómetros cuadrados (Km<sup>2</sup>), situado entre 3.600 y 4.500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). En este sistema se encuentran cuatro cuencas importantes (véase la tabla 21.2): el lago Titicaca (T), el río Desaguadero (D), el lago Poopó (P) y el lago Salar de Coipasa (S). El río Desaguadero es la única salida del lago Titicaca y desemboca en el lago Poopó, cuyo desbordamiento da origen al lago Salar de Coipasa. Estas cuatro cuencas forman el sistema TDPS, cuyo principal elemento, el lago Titicaca, es el mayor de Sudamérica, el lago navegable más alto del mundo, y, de acuerdo con la cosmología inca, el origen de la vida humana.

### Características físicas principales

#### Topografía

En el sistema se pueden distinguir tres unidades geográficas:

- La cadena montañosa, con altitudes superiores a 4.200 m.s.n.m.
- Laderas y zonas intermedias, de altura entre 4.000 y 4.200 m.s.n.m. con pendientes entre moderadas y fuertes, y una densa red hidrográfica.
- El altiplano, desde 3.657 a 4.000 m.s.n.m., en el que está situado el lago Titicaca. La zona circundante, la más densamente poblada del sistema, varía en altitud desde 3.812 a 3.900 m.s.n.m. Entre el Titicaca y el Poopó, hay una cadena montañosa que se eleva a 1.000 metros sobre el nivel del altiplano, dividida de oeste a este por el río Desaguadero. A lo largo del borde occidental hay una estrecha franja de desierto que se extiende

Tabla 21.1: Características hidrológicas de la cuenca del lago Titicaca

Superficie de la cuenca	57.293 Km <sup>2</sup>
Precipitación anual	702 mm/año
Descarga anual	281 m <sup>3</sup> /s
Evapotranspiración potencial anual	652 mm/año

Mapa 21.1: Mapa de situación



Fuente: Preparado para el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP) por AFDEC, 2002

Mapa 21.2: Mapa de la cuenca



Fuente: Preparado para el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP) por AFDEC, 2002

Tabla 21.2. Tamaño del sistema TDPS

Cuenca	Superficie (Km <sup>2</sup> )
Lago Titicaca	56.300
Río Desaguadero	29.800
Lago Poopó	24.800
Lago Salar de Coipasa	33.000
Sistema TDPS	143.900
<b>Lago Titicaca</b>	
Superficie media	8.400 Km <sup>2</sup>
Altitud media	3.810 m.s.n.m.
Volumen medio	930 Km <sup>3</sup>
Longitud máxima	176 Km
Anchura máxima	70 Km
Profundidad máxima	283 m
<b>Río Desaguadero</b>	
Longitud	398 Km
Caudal medio	70 m <sup>3</sup> /s
Gradiente medio	45 cm/Km
<b>Lago Poopó</b>	
Superficie media	3.191 Km <sup>2</sup>
Altitud media	3.686 m.s.n.m.
<b>Lago Salar de Coipasa</b>	
Superficie media	2.225 Km <sup>2</sup>
Altitud media	3.657 m.s.n.m.

por la costa del Pacífico, y en el este está la llanura del Amazonas, que llega hasta el océano Atlántico. El sistema está situado en el extremo meridional de Perú y en el noroeste de Bolivia. La fuente que alimenta al lago, situada en el norte, pertenece, en su mayor parte, a Perú. De los cinco ríos más importantes que desembocan en el lago, cuatro fluyen por territorio peruano. La parte sur del sistema, que pertenece a Bolivia, es más seca y termina en el lago Salar de Coipasa, que se forma por la evaporación de los desbordamientos del lago Poopó.

### Clima

El clima en el sistema TDPS es el de una región de alta montaña, con régimen hidrológico tropical de gran irregularidad interanual. En la zona circundante, el lago Titicaca ejerce una influencia moderadora sobre la temperatura y las precipitaciones.

La precipitación varía entre 200 y 1.400 milímetros (mm), con un valor máximo de 800 a 1.400 mm en el centro del lago. El sistema presenta zonas de humedad descendente de norte a sur, que van desde la zona húmeda, en torno al lago Titicaca, a la semiárida en el lago Poopó, y a la árida en el lago Salar de Coipasa. Hay grandes variaciones estacionales, ya que la zona tiene generalmente veranos húmedos e inviernos secos, con un periodo de lluvias desde diciembre a marzo y un periodo seco de mayo a agosto. La temperatura del aire varía en el sistema, dependiendo de la latitud, de la longitud, de la altitud y de la proximidad al lago, con mínimas de 10 a 7°C, y máximas de 19 a 23°C. La humedad es baja en todo el sistema, con una media del 54 por ciento y variaciones que dependen de la latitud y de la estación. La zona recibe

también una radiación solar fuerte, de 533 calorías por centímetro cuadrado (cm<sup>2</sup>) y por día: esta alta radiación explica la intensa evaporación que tiene lugar en el lago Titicaca.

### Tipos de suelos

Hay cuatro tipos de suelos en la cuenca del lago Titicaca, clasificados como sigue:

- Tierras cultivables: Debido a las condiciones climáticas y a la altitud del altiplano, se requieren prácticas agrícolas especiales. La mayor parte de los suelos es deficitaria en materia orgánica y nitrógeno. Sólo el 33,9% de la tierra del TDPS es cultivable, y cubre una extensión de 44.692 Km<sup>2</sup>.
- Tierras no cultivables: Tales tierras requieren prácticas especiales para mantener una cubierta vegetal permanente. La superficie no cultivable cubre 28.063 Km<sup>2</sup>, o sea el 21,3% del total.
- Tierras marginales: Se caracterizan por procesos de erosión entre moderados y fuertes, pero con posibilidades de uso para pastos extensos de llamas y alpacas. La superficie total es de 40.844 Km<sup>2</sup>, o sea el 31% del total de la cuenca.
- Tierras malas: Aunque no sirven para agricultura o pastos, tales tierras se pueden utilizar para humedales, ocio o minería. Estas tierras cubren 18.178 Km<sup>2</sup> y representan el 13,8% del sistema.

### Características socioeconómicas principales

#### Población

Los grupos étnicos prehispánicos de ambos lados del lago mantienen modelos culturales ancestrales distintos de los de la cultura occidental. La tasa anual de crecimiento económico del sistema es muy baja, con tendencia a disminuir en las zonas rurales. Esto es debido, principalmente, a la extensa pobreza, que da lugar a una alta mortalidad infantil y a la emigración de las zonas rurales a las ciudades. También se puede observar una tasa de fertilidad del suelo decreciente. Las tablas 21.3 y 21.4 ofrecen una panorámica de la población del sistema.

La pobreza es el problema social más agudo en el sistema TDPS, afectando tanto a la población rural como a la urbana. Las familias tienen que dedicar todas sus energías a satisfacer sus necesidades básicas, y los recursos locales disponibles son demasiado limitados para ofrecer esperanzas de mejora de las condiciones de vida. La extrema pobreza y la falta de oportunidades obligan a la población rural, especialmente a los jóvenes, a emigrar a las ciudades, donde se hacen en barrios degradados. En 1993, la población urbana de Bolivia creció el 4,3% mientras la rural disminuyó el 0,4%. En el mismo año, el lado peruano del TDPS registró un crecimiento anual de población del 3,4%, mientras que la población rural creció sólo el 0,7%.

#### Educación

Las condiciones de pobreza estructural en la zona hacen que la lucha por sobrevivir tenga preferencia sobre cualquier otra cosa. La educación, por tanto, no es una prioridad. La tasa de analfabetismo es del 22% y se diferencia por zonas y por sexos. Es más alta en las zonas rurales que en las ciudades y, dentro de las zonas rurales, es más alta en las mujeres. Entre los problemas que afectan a la calidad de la educación están la dispersión de la

Tabla 21.3: Datos de población del TDPS

	Perú	Bolivia
Población	1.079.849	1.158.937
% del total	48,2	51,8
Densidad de población media (habit./Km <sup>2</sup> )	17,6	15,56
Densidad máxima (habit./Km <sup>2</sup> )	215	245
Densidad mínima (habit./Km <sup>2</sup> )	2	2,3
Población rural (%)	60,8	47,9
Población urbana (%)	39,2	52,1
Tasa de crecimiento (%)	1,6	de 1,6 a 9,2
Tendencias de la población	disminución general	disminución rural
Población en situación de pobreza	73,5	69,8

Perú y Bolivia muestran situaciones de población comparables en número, densidad y alto porcentaje de personas que viven en la pobreza. Hay, sin embargo, más población rural en Perú que en Bolivia.

Tabla 21.4: Población de las principales ciudades

Principales ciudades	Población	% de la población del país
Puno (Perú)	91.877	4,1
Juliaca (Perú)	142.576	6,37
El Alto (Bolivia)	405.492	18,11
Oruro (Bolivia)	183.422	8,19

población rural y la existencia de lenguas maternas distintas del español. El Programa de Reforma Educativa de Bolivia ha tratado de hacer frente a ambos problemas desde hace ocho años.

### Salud

Los problemas sanitarios en el sistema TDPS están claramente relacionados con la pobreza endémica y, por extensión, con los problemas asociados a una nutrición deficiente, carencia de agua limpia y saneamiento, un medio ambiente frágil y la falta de estímulos para ayudar a la gente a mejorar sus vidas y sus medios de subsistencia. En varios casos, los problemas se complican por la existencia de fuertes y persistentes tradiciones culturales antiguas; la vacunación de los niños, por ejemplo, ha sido adoptada sólo recientemente en las poblaciones locales y por imposición legal. Los principales indicadores de salud de la región son:

- Altas tasas de morbilidad y mortalidad, principalmente en los niños.
- Baja esperanza de vida al nacer (menor que la media nacional).
- Alta incidencia de enfermedades infecciosas, respiratorias y gastrointestinales.
- Alta incidencia de enfermedades asociadas a condiciones tales como la calidad del agua (enfermedades gastrointestinales) y el clima (enfermedades respiratorias).

▫ Niveles nutricionales deficientes en general, tanto en cantidad como en calidad.

▫ Servicios sanitarios generalmente deficientes y concentrados, en su mayoría, en las zonas urbanas.

### Actividades económicas

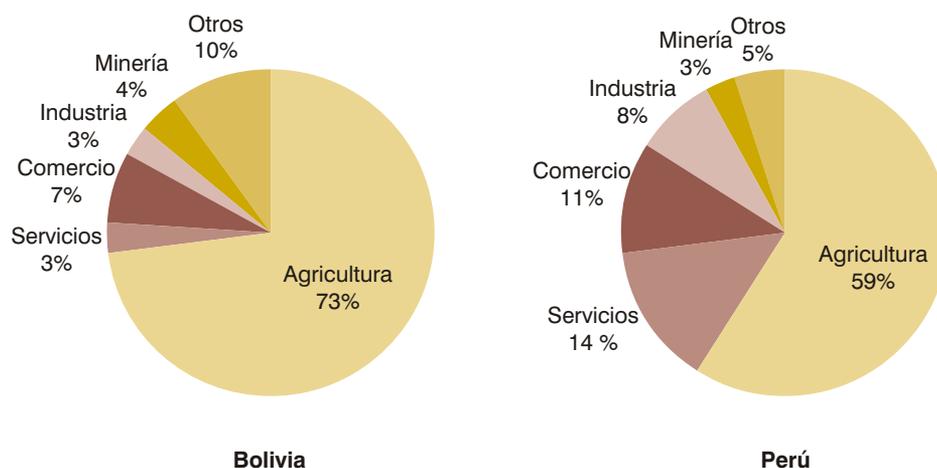
Bolivia, con un índice de desarrollo humano de 0,648, y Perú, con 0,743, están ambos en un nivel medio de desarrollo humano. El Producto Nacional Bruto (PNB) es de 116,6x103 millones de dólares, según Paridad de Poder de Compra (PPC), en Perú y de 19,2x103 millones PPC en Bolivia. El PNB per cápita es de 4.622 dólares y 2.355 dólares PPC, respectivamente. Sin embargo, en 1993 se estimó que el PNB per cápita en el sector boliviano del TDPS alcanzó el 35% del valor nacional.

Tabla 21.5: Datos sanitarios

	Perú	Bolivia
Esperanza de vida (años)	60,6	58
Camas de hospital disponibles/1.000 habitantes	1,1	1,3
Número de médicos en la zona	212	1.128
Tasa de mortalidad infantil/1.000 niños < 1 año	81	121
Niños que sufren malnutrición crónica (%)	71	84
Morbilidad (niños < 1 año)		
Enfermedades respiratorias (%)	39,6	27
Deficiencias nutricionales (%)	18,5	18
Diarrea y enfermedades gastrointestinales (%)	18,7	13
Otras (%)	23,2	24
Morbilidad		
Enfermedades respiratorias (%)	20	22
Deficiencias nutricionales (%)	14	15
Diarrea y enfermedades gastrointestinales (%)	7,6	6
Otras (%)	66	57

Los problemas sanitarios de la cuenca son importantes en ambos países

Figura 21.1: Distribución de la población activa de Bolivia y Perú



Aunque Bolivia tiene un sector agrícola más activo que Perú, con un 73% de la población activa, en ambos países domina esta actividad. La industria es un sector mucho menos importante, con sólo el 3% de la población activa en Bolivia y el 8% en Perú.

Las actividades económicas más importantes son la agricultura y la ganadería, enfocadas ambas a la producción de alimentos. Los principales cultivos son: quinoa, patata y otros tubérculos, forraje y varias especies de leguminosas y verduras. En general, los rendimientos son bajos debido al uso limitado de semillas, fertilizantes y maquinaria. Las sequías, las inundaciones y las heladas son también factores significativos (véanse las figuras 21.3 y 21.4, más adelante).

A mediados del siglo XX, tanto Bolivia como Perú habían comenzado independientemente procesos de reformas dirigidos a modificar la propiedad de la tierra. Antiguamente, en ambos países, la tierra se concentraba entre unos pocos grandes terratenientes. Pero el esfuerzo de la reforma dio como resultado una disminución de la producción agrícola y una excesiva fragmentación de la propiedad rural, especialmente en Bolivia. Las fincas en el lado peruano varían entre 0,5 y 20 hectáreas. Las del lado boliviano son pequeñas, por término medio, y en casos extremos no llegan a más de unos pocos metros cuadrados. En tales condiciones, sólo es posible una agricultura de subsistencia a pequeña escala. En Bolivia, la Constitución Política del Estado declara la propiedad rural (específicamente en el área TDPS) inalienable, lo que significa que no se puede vender o utilizar como garantía de un préstamo, y, de hecho, no existe mercado para la propiedad rural.

Otras industrias están también presentes en el sistema. La industria agraria está subdesarrollada y es de pequeñas dimensiones. La silvicultura es pobre, aunque hay posibilidades para aumentar la producción. El comercio de los productos agrícolas es ineficiente. Los créditos son limitados y selectivos, particularmente debido a las dificultades de la población nativa para entender los procesos bancarios. Hay una tendencia creciente hacia el crédito cooperativo. Aunque de importancia potencial, la pesca no es dinámica: la biomasa pesquera del lago Titicaca se ha estimado en unas 91.000 toneladas, mientras las capturas fluctúan

entre 4.000 y 7.000 toneladas. La figura 21.1 muestra la distribución de la población activa en los dos países.

#### Bases culturales

El lago Titicaca es conocido por el nombre de Lago Sagrado entre los aymarás y constituye el elemento central de la mitología inca. La población del altiplano practica sus propias tradiciones culturales, que prevalecen a pesar de los cuatro siglos de colonización española. El modelo cultural es agrocéntrico, en el que todas las actividades humanas tienen a la agricultura como punto de referencia central y el valor del trabajo se convierte en la fuerza social unificadora, así como en la única fuente de riqueza. A partir de dicho valor hay otros valores relacionados, como la reciprocidad, la redistribución y la democracia comunitaria.

Estos modelos y los modos de la ley consuetudinaria coexisten con los modelos occidentales y, en muchos casos, dan lugar a subdesarrollo y exclusión social. Debido a que las tradiciones culturales juegan un papel tan importante en las vidas de la población local, es necesario entender y tener en cuenta el sistema de valores dominante, antes de intentar introducir cambios. Entre los muchos elementos a considerar, los más importantes son los siguientes:

- Riqueza indígena: los pueblos indígenas de la zona del Titicaca buscan minimizar los riesgos más que maximizar la producción.
- Propiedad: existe un complejo sistema, en el cual la propiedad comunal se impone sobre la propiedad y el territorio individuales.
- Recursos hídricos: el modelo de pobreza tradicional que existe entre las comunidades de las cuencas altas impone ciertas condiciones para determinar cómo se comparten los recursos hídricos.

## Recursos hídricos

### Hidrología

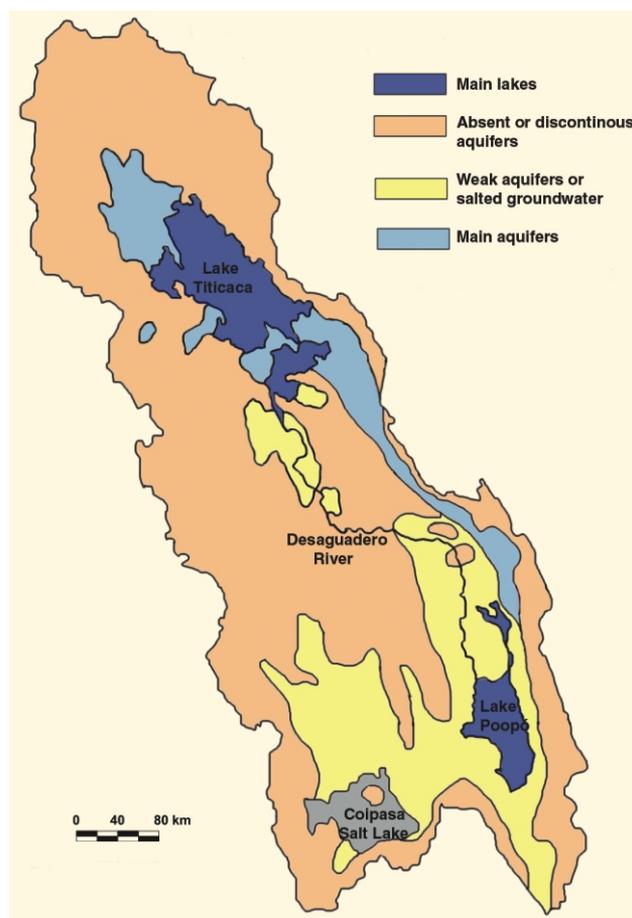
#### Aguas superficiales

Como ya se ha dicho, existen cuatro cuencas importantes en el sistema TDPs: el lago Titicaca es el elemento principal. Sus afluentes más importantes están situados en territorio peruano: el Ramis y el Huancané, en el norte; el Coata y el Illpa en el oeste; y el llave y el Zapatilla en el suroeste. En Bolivia, los afluentes más importantes son: el Huayco, el Suhez y el Keka, al norte y este, y el Catari y el Tiwanacu, al sur. El río Ramis es el más importante y representa el 26% de toda la cuenca tributaria. Su caudal es de unos 76 metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/seg.). El flujo anual en diez estaciones del sistema se muestra en la tabla 21.6.

La crecida del lago Titicaca, observada en las fuentes del río Desaguadero, alcanza 35 m<sup>3</sup>/seg. Este caudal representa sólo el 19% del aporte de los cinco principales afluentes, lo que muestra el gran volumen que se pierde por evaporación.

Entre 1914 y 1992, se produjeron niveles de variación históricos durante diferentes ciclos: el ciclo principal duró entre 27 y 29 años, mientras que uno intermedio duró entre 12 y 16 años. La oscilación del nivel del lago, en este periodo, tuvo una amplitud de 6,37 metros, comparada con la oscilación media anual de un metro aproximadamente.

Mapa 21.3: Distribución de las aguas subterráneas en el sistema TDPs



Los principales acuíferos están situados en las cuencas medias y bajas de los ríos Ramis y Coata, en la cuenca inferior del río llave y en la franja que se extiende desde el lago Titicaca hasta Oruro, bordeando la cadena oriental.

Tabla 21.6: Flujo anual en diez estaciones de control del lago Titicaca y el río Desaguadero

Río	Estación	Medio (m <sup>3</sup> /s)	Máximo (m <sup>3</sup> /s)	Mínimo (m <sup>3</sup> /s)
Ramis	Ramis	75,6	130,4	24,4
Huancané	Huancané	20	38,8	6,9
Suhez	Escoma	10,6	18,9	4
Coata	Maravilla	41,5	75,5	2,4
Ilave	Ilave	38,5	96,6	5
Desaguadero	Internacional	35,5	186,5	-3,5
Desaguadero	Calacoto	51,9	231,6	6,2
Mauri	Abaroa	4,9	9,8	2,3
Caquena	Abaroa	2,8	5,6	0,9
Mauri	Calacoto	18,6	31,8	5,7
Desaguadero	Ulloma	77,1	282,7	19,7
Desaguadero	Chuquiña	89	319,3	20

El principal afluente de la cuenca del lago Titicaca es el río Desaguadero, con una descarga anual media de 89 m<sup>3</sup>/s y máxima de 319 m<sup>3</sup>/s

### *Aguas subterráneas*

Como se puede ver en el mapa 21.3, los principales acuíferos están situados en las cuencas media e inferior de los ríos Ramis y Coata, en la cuenca inferior del río Ilave, y en una franja que se extiende desde el lago Titicaca hasta Oruro, bordeando la cadena oriental. El volumen total aproximado de aguas subterráneas que va al sistema es de 4 m<sup>3</sup>/seg. La mayor parte de estas aguas subterráneas procede de pozos canalizados, que se utilizan para abastecer de agua a las ciudades. Tal es el caso de El Alto, Oruro y otras ciudades pequeñas.

La morfología de las capas freáticas muestra que las aguas subterráneas fluyen siguiendo la dirección de los embalses, la situación de las zonas de recarga y sus niveles de base. Las capas freáticas de las cuencas de los ríos Huancané, Ramis, Coata y Parco, en el lado peruano, y las de las cuencas de los ríos Tiwanacu y Catari, en el lado boliviano, vierten al lago Titicaca con gradientes hidráulicos medios del 1 al 0,1%.

El rendimiento óptimo de los acuíferos y la capacidad en el sector peruano oscilan entre 1 y más de 100 litros por segundo, y desde 0,3 a 5 litros por segundo, respectivamente. En el sector boliviano, el rendimiento óptimo oscila entre 2 y 75 litros por segundo y la capacidad específica entre 0,3 y 4 litros por segundo.

### Calidad del agua

Se han encontrado altos niveles de salinidad en el sur del sistema TDPS, como resultado de la mayor precipitación de la parte norte del sistema, que reduce las concentraciones de sales disueltas. Así pues, hay un aumento progresivo de la conductividad eléctrica de norte a sur. Análogamente, no es raro encontrar formaciones terciarias y cuaternarias, que están principalmente presentes en el sistema TDPS, con material originario formado por rocas que contienen yeso y sal.

En general, el lago Titicaca y sus afluentes presentan valores normales de salinidad del agua (menos de 1.000 miligramos por litro). El río Desaguadero tiene valores entre 1 y 2 mg/litro, pero los valores aguas abajo superan los 2 mg/litro. El lago Poopó tiene valores de la salinidad superiores a los 2.000 mg/litro, debido a las condiciones naturales y a la actividad minera en sus alrededores. Los valores máximos de la salinidad se encuentran en el lago Salado de Coipasa, donde la evaporación es alta y la precipitación es sólo de 200 mm al año.

La actividad minera es la principal causa de la contaminación por metales pesados, que se presenta principalmente en el sur del sistema TDPS. Se encuentran altas concentraciones de arsénico en La Joya, en el brazo occidental del río Desaguadero. Los lagos Poopó y Salado de Coipasa presentan altos niveles de plomo, cadmio, níquel, cobalto, manganeso y cromo.

En la bahía de Puno se encuentran altos valores de coliformes fecales (1.000 partes por millón), y de materia orgánica, lo que es un buen indicador de que hay patógenos presentes en el agua. Estos altos valores son debidos, principalmente, a las aguas residuales procedentes del sistema de alcantarillado de la ciudad de Puno. Esta contaminación ha generado un proceso de eutrofización y el crecimiento de lentejas de agua en la bahía.

Tanto el agua como los peces del lago Titicaca muestran altos niveles de parásitos, probablemente debidos a la inadecuada

eliminación de residuos en las ciudades de Puno y Juliaca, en Perú y Copacabana, en Bolivia, así como a las actividades ganaderas y agrícolas en las zonas que rodean al lago. Los parásitos infectan también a los seres humanos, de ahí la alta incidencia de enfermedades gastrointestinales.

### *Situaciones extremas*

Las situaciones extremas en el sistema TDPS están relacionadas con el riesgo de inundaciones alrededor del lago Titicaca, sequía en las partes central y meridional del sistema y la incidencia de granizo y heladas en todo el sistema (véanse mapas 21.4 y 21.5).

### **Impacto del hombre sobre los recursos hídricos**

#### Cubierta superficial

Hasta el año 1000 aproximadamente, el altiplano estaba cubierto por bosques de árboles autóctonos (*Polylepis* sp.). Alrededor del año 1100, una grave sequía que duró ochenta años cambió la cubierta superficial y el bosque desapareció. Después del año 1500, las prácticas agrícolas inadecuadas y el ganado importado modificaron de forma permanente las condiciones de la cubierta superficial. Durante el último siglo, las actividades humanas no han tenido un impacto significativo sobre la cubierta superficial del sistema, debido, en gran parte, al medio árido y a la falta de vegetación.

#### Presas y desviaciones

La variación de 6,37 metros entre los niveles máximo y mínimo registrados en el lago ha producido, a lo largo de la historia, inundaciones en el lago y las zonas circundantes. El Plan Director del sistema TDPS (véanse detalles más adelante) ha requerido obras de regulación para mantener el nivel del lago en el mínimo de 3.808 m.s.n.m, con un máximo de 3.811 m.s.n.m. durante un ciclo hidrológico normal.

#### Contaminantes

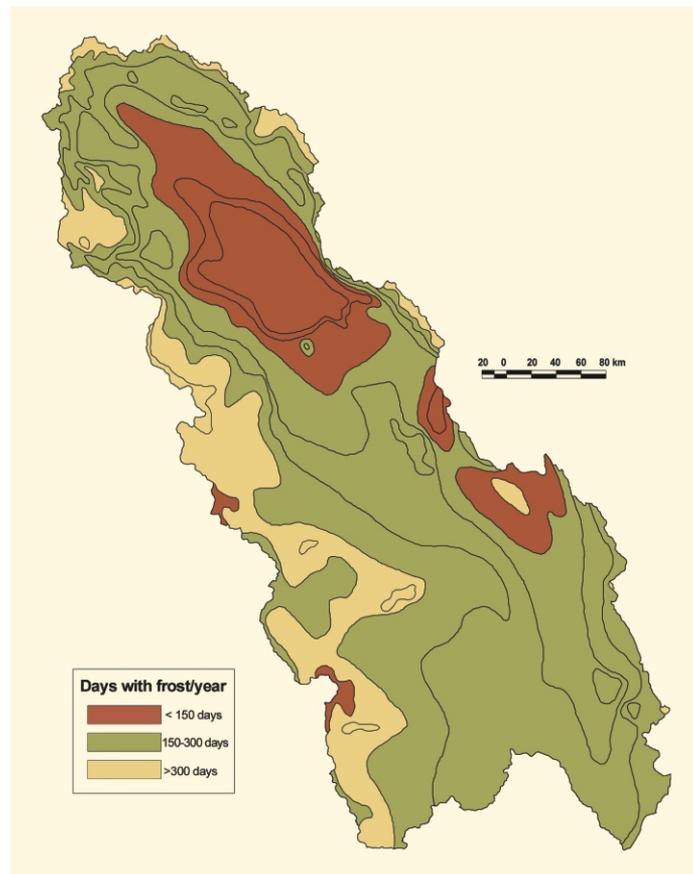
La contaminación orgánica y bacteriológica está causada por la actividad humana, en particular por los residuos urbanos y la minería. La eliminación inadecuada de residuos es la principal causa de contaminación orgánica en todos los centros urbanos importantes de la cuenca. Las zonas más contaminadas afectadas por los vertidos del alcantarillado, son la bahía interior de Puno (que sufre un proceso eutrófico moderado), el curso inferior del río Coata, debido a los vertidos de la ciudad de Juliaca, y el lago Uru Uru, debido a los vertidos de la ciudad de Oruro.

La contaminación por metales pesados es consecuencia de las actividades mineras en la zona. Aunque no se dispone de suficiente información sobre este tema, se han encontrado concentraciones de mercurio y arsénico de 0,4 ppm en caballas capturadas en la bahía de Puno.

#### Especies no autóctonas

Las especies de peces no autóctonas de alto valor económico, como trucha y caballa, se introdujeron en el lago Titicaca hacia el año 1930. Desde entonces, algunas especies nativas como el karachi (*Orestia* sp.) y la boga (*Trichomicterus* sp) han disminuido, y sus poblaciones se consideran vulnerables y en peligro.

Mapa 21.4: Incidencia de situaciones extremas: heladas

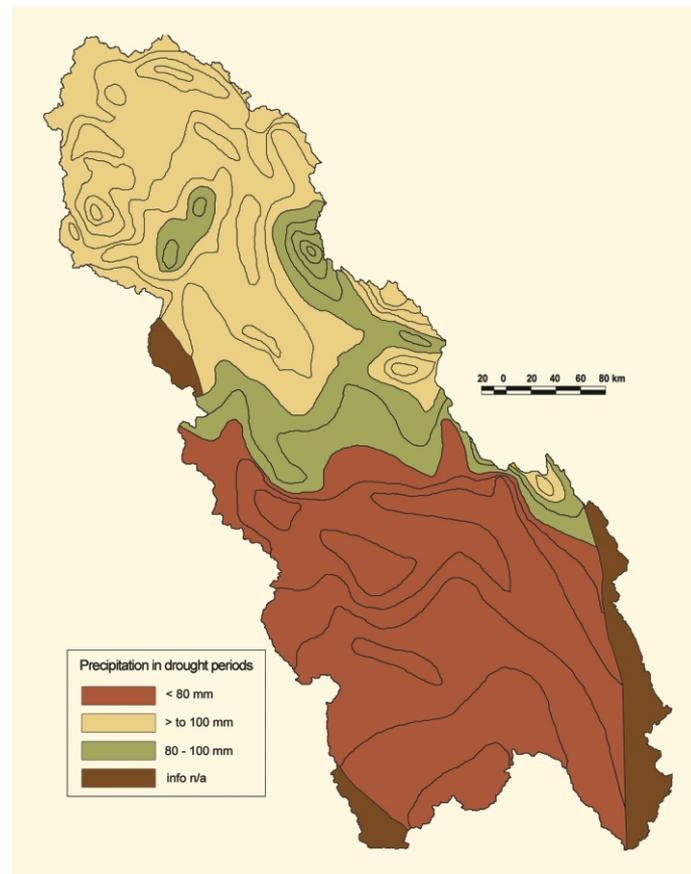


Las heladas son menos frecuentes en el centro del sistema lacustre, donde se dan en menos de 150 días al año. La mayor parte del sistema sufre heladas entre 150 y 300 días al año, mientras que los bordes externos de la cuenca pueden tener heladas en más de 300 días al año.

### Sobreexplotación de tierras

La superficie de tierras útiles para cultivos y pastos es comparativamente menor que la de tierras ocupadas, con un porcentaje de áreas explotadas por encima de su capacidad que alcanza el 35,2%. Esta sobreexplotación es uno de los graves problemas medioambientales que afectan al altiplano, teniendo en cuenta especialmente la muy baja productividad de la zona y la rudimentaria tecnología utilizada para su explotación.

Mapa 21.5: Incidencia de situaciones extremas: precipitación durante periodos de sequía



La parte norte del sistema lacustre recibe más precipitación (más de 100 mm) durante los periodos de sequía, que la parte sur (menos de 80 mm)

### Datos e información sobre recursos hídricos

Desde la creación de la Autoridad Binacional Autónoma del lago Titicaca (ALT) en 1993, se han hecho varios esfuerzos para consolidar la información disponible sobre los recursos hídricos del sistema TDPS. La mayor parte de la información estaba dispersa entre distintas instituciones de Bolivia y Perú. A principios de los años 90, algunas consultoras internacionales prepararon un Plan Director que reuniera la mayor parte de la información disponible sobre el sistema TDPS.

La creación de la ALT y la elaboración del Plan Director permitieron sistematizar los datos y la información de diferentes fuentes y ahora es posible que Bolivia y Perú compartan esa información a través de la ALT. Sin embargo, todavía es necesario mejorar la recogida y difusión de los datos y normalizar la información generada por las diferentes instituciones.

Tabla 21.7: Utilización del agua en el sistema TDPS

Uso y sector	Aguas superficiales (litros/segundo)	Aguas subterráneas (litros/segundo)	Uso total (litros/segundo)	Consumo neto (litros/segundo)
<b>Doméstico</b>	<b>1.210</b>	<b>912</b>	<b>2.122</b>	<b>424</b>
Bolivia	361	761	1.122	224
El Alto	51	382	433	86
Oruro	34	379	413	82
Otros centros urbanos	133		133	27
Rural	143		143	29
Perú	849	151	1.000	200
Puno	25	151	176	35
Juliaca	300		300	60
Otros centros urbanos	334		334	67
Rural	190		190	38
<b>Regadío</b>	<b>7.294</b>	<b>85</b>	<b>7.379</b>	<b>5.534</b>
Bolivia	4.494		4.494	3.370
Perú	2.800	85	2.885	2.164
<b>Otros</b>	<b>1.000</b>		<b>1.000</b>	<b>200</b>
Bolivia	590		590	118
Perú	410		410	82
<b>Total</b>	<b>9.504</b>	<b>997</b>	<b>10.501</b>	<b>6.158</b>
Bolivia	5.445	761	6.206	3.712
Perú	4.059	236	4.295	2.446

El riego es, con mucho, el mayor usuario de agua en el sistema TDPS; supone el 75% de las extracciones totales

## Retos para la vida y el bienestar

Las necesidades, usos y demandas de agua en el sistema TDPS están dirigidas principalmente a cubrir las necesidades básicas y a la producción agrícola de regadío. Sin embargo, hay que señalar que solamente el aumento del agua no puede mejorar las condiciones de vida locales, que están limitadas por la extrema pobreza. La tabla 21.7 ilustra el uso actual del agua en el sistema TDPS.

### Agua para las necesidades básicas

Los sistemas de agua potable y de alcantarillado son muy deficientes en toda la zona TDPS. En el lado peruano, el agua potable alcanza una cobertura del 12 al 30%, con una media del 19%. La cobertura del sistema de alcantarillado está entre el 13 y el 39%, con una media del 20%. Las condiciones en el lado boliviano son similares. La cobertura media del agua potable y del sistema de alcantarillado es del 24 y el 13%, respectivamente.

El consumo en Bolivia y Perú es de unos 30 y 50 litros por persona y día, respectivamente. Sin embargo, sólo el 20% se considera como pérdida del sistema, porque cerca del 80% retorna al sistema como aguas residuales.

### Agua para alimentos

En torno al 48% de la superficie del sistema TDPS se utiliza para agricultura; 4,4% para cultivos; 21,7% para pastos; 14,9% para pastos y bosques y 7% para otros usos.

La mayor parte del área de producción de cultivos se localiza en las zonas que rodean al lago Titicaca. Sin embargo, sólo el 17% de la superficie total es verdaderamente adecuado para el cultivo. Por tanto, la erosión y la degradación del suelo son los principales problemas. La excesiva fragmentación de la propiedad es otro problema habitual en todo el sistema. Esta fragmentación es la causa de la baja productividad en los cultivos, porque los agricultores no están capacitados para utilizar tecnología con el fin de aumentar el rendimiento de las cosechas.

Los bosques ocupan sólo el 3% de la cuenca. El matorral autóctono cubre el 2,3% de esta área y el 0,7% restante está formado por bosque modificado compuesto por árboles autóctonos llamados kiwiña (*Polylepis* sp.).

La tierra de regadío comprende 19.444 hectáreas, de las cuales 10.960 están en el lado boliviano y 8.484 en Perú. Considerando las necesidades combinadas de agua para proyectos de regadío, cultivos y áreas potenciales de regadío, el agua disponible para riego se estima en 7.379 litros por segundo, procedente principalmente de fuentes superficiales.

En contraste con el agua para las necesidades básicas, el agua para riego representa una pérdida significativa para el sistema. La mayor parte del agua utilizada para riego va a la atmósfera a través de procesos de evaporación y transpiración y sólo el 25% vuelve al sistema.

## Agua para los ecosistemas

El TDPS tiene una gran variedad de flora y fauna. La biodiversidad en la cuenca está en situación precaria, debido a la sobreexplotación de algunas especies. Los gobiernos de Perú y Bolivia han respondido estableciendo áreas protegidas para ayudar a preservar estos recursos vivos.

### *Flora acuática*

Las algas verdes y las diatomeas son los principales componentes del plancton del lago Titicaca, pero hay también cianobacterias con capacidad para fijar nitrógeno, así como grandes poblaciones de organismos clorofílicos y clorococales. Las poblaciones de algas se encuentran hasta a profundidades de 80 y 100 metros, siendo el nitrógeno procedente de la agricultura el principal obstáculo para el desarrollo de las mismas.

Las plantas macroscópicas (macrofitas) están representadas en el sistema por unas quince especies y se localizan en las zonas poco profundas. Algunas macrofitas, como la totora y el llachu son elementos importantes para piensos, especialmente para el ganado bovino. También ayudan a absorber los metales pesados, como arsénico, zinc y plomo. Del mismo modo, la totora es de vital importancia para muchas actividades humanas, como la construcción de botes y para cubrir de paja los tejados.

En los sectores más profundos, se ha encontrado una nueva alga llamada carophiceas (Charas), importante para la biomasa del sistema lacustre porque parece tener gran resistencia a altos niveles de salinidad.

### *Fauna acuática*

El zooplancton, la fauna bentónica, los peces y las ranas, son los principales organismos acuáticos que viven en el sistema TDPS. Entre los principales grupos que forman el zooplancton, los copépodos dominan claramente sobre los clodoceros, y se reproducen durante todo el año. En general, más del 95% de la población bentónica del lago Titicaca se encuentra en los primeros 15 metros del lago Menor y en los primeros 25 metros del lago Mayor.

El sistema TDPS es rico en especies de peces, distribuidas en diferentes unidades hidrológicas del sistema. Los lagos Titicaca y Poopó tienen la mayor concentración de especies de peces comerciales.

La población de ranas se agrupa en cuatro géneros, entre ellos el género *Telmatobius*, que incluye una de las especies acuáticas más grandes del mundo.

### *Plantas y animales terrestres*

Las plantas y animales que viven en el sistema TDPS se han adaptado a las condiciones ecológicas de la región. El sistema se puede dividir en dos regiones principales: la puna (con altitud menor de 4.400 m.s.n.m.) y la altoandina (más de 4.400 m.s.n.m.). Hay diferentes especies de arbustos y árboles en cada una, incluidos praderas y árboles autóctonos. Además, el propio lago Titicaca fue declarado sitio Ramsar en 1998. Es el único sitio Ramsar del sistema TDPS (véase el cuadro 6.5 del capítulo 6 para más detalles).

## El agua y las ciudades

El acceso al saneamiento es escaso, con sólo el 17,2% en toda la cuenca. Una ciudad, El Alto, tiene un sistema de agua potable administrado por una compañía privada (Aguas del Illimani). En las otras ciudades los gestionan los ayuntamientos. La cobertura media en las principales ciudades alcanza el 60%. Las tarifas medias para el consumo de agua potable varían desde 0,13 dólares por litro, en Puno y Juliaca, hasta 0,22 dólares por litro en El Alto. Los centros urbanos más pequeños tienen pequeños sistemas de agua potable gestionados por la comunidad.

El Alto es la única ciudad que tiene un sistema de tratamiento de aguas residuales. Las otras ciudades importantes del sistema TDPS (Oruro, Puno y Juliaca) no tienen sistemas apropiados y la eliminación de los residuos es una causa de contaminación del agua.

## El agua y la industria

La demanda de agua para las actividades mineras e industriales no es un problema importante en el sistema TDPS porque hay pocas industrias y su consumo de agua es muy bajo. El agua utilizada para la minería no se ha medido, pero se considera insignificante. Sin embargo, la minería es una fuente importante de contaminación del agua.

La contaminación industrial de los cursos de agua es resultado del vertido inadecuado de las aguas residuales y del drenaje de las minas y de los sistemas de tratamiento del mineral. El agua procedente de las minas es muy ácida y está muy contaminada por metales pesados, especialmente en Oruro, donde los materiales tienen cantidades apreciables de pirita, que produce ácido sulfúrico cuando entra en contacto con el agua. Este ácido lixivia metales tales como arsénico, cadmio, cobalto y níquel, produciendo agua contaminada que fluye después a la cuenca.

## El agua y la energía

La producción de energía no es una actividad importante en el sistema TDPS. Aunque hay falta de información en relación con este tema, se ha observado que el consumo de energía en la zona es bajo y que la principal fuente de energía es la biomasa (alrededor del 70%). Sólo el 21% de los hogares en el lado peruano y el 29,8% en Bolivia, tienen electricidad, principalmente en las zonas urbanas. Esta electricidad se genera fuera del sistema y el agua no se utiliza para producir energía hidroeléctrica. En pequeña escala se usa gas de petróleo licuado, y solamente en las zonas urbanas, debido a las dificultades de transporte.

## Otros usos

Aunque el ocio y el transporte no se consideran actividades que pueden afectar al balance de agua o a la calidad de la misma, sí son actividades importantes cuando se consideran como nuevas alternativas posibles para el desarrollo de la zona TDPS.

El transporte es de importancia fundamental en el lago Titicaca. En el lago hay doce islas, donde la población local utiliza botes y barcos para desplazarse. Asimismo, la ciudad de Copacabana, situada en la provincia de Manco Cápac, es una de las más importantes zonas turísticas de Bolivia, y para llegar allí hay que cruzar el lago a través del estrecho de Tiquina. Las actividades

recreativas se están extendiendo, en respuesta a la creciente demanda del turismo nacional e internacional.

## Retos de gestión: administración y gobernabilidad

La superficie del lago Titicaca está uniformemente distribuida entre Bolivia y Perú, países que ejercen una “propiedad conjunta, exclusiva e indivisible” sobre sus aguas. De hecho, el modelo de propiedad conjunta no sólo se aplica al agua del lago Titicaca sino también a los cauces de agua, como forma de garantizar la gestión integrada del sistema.

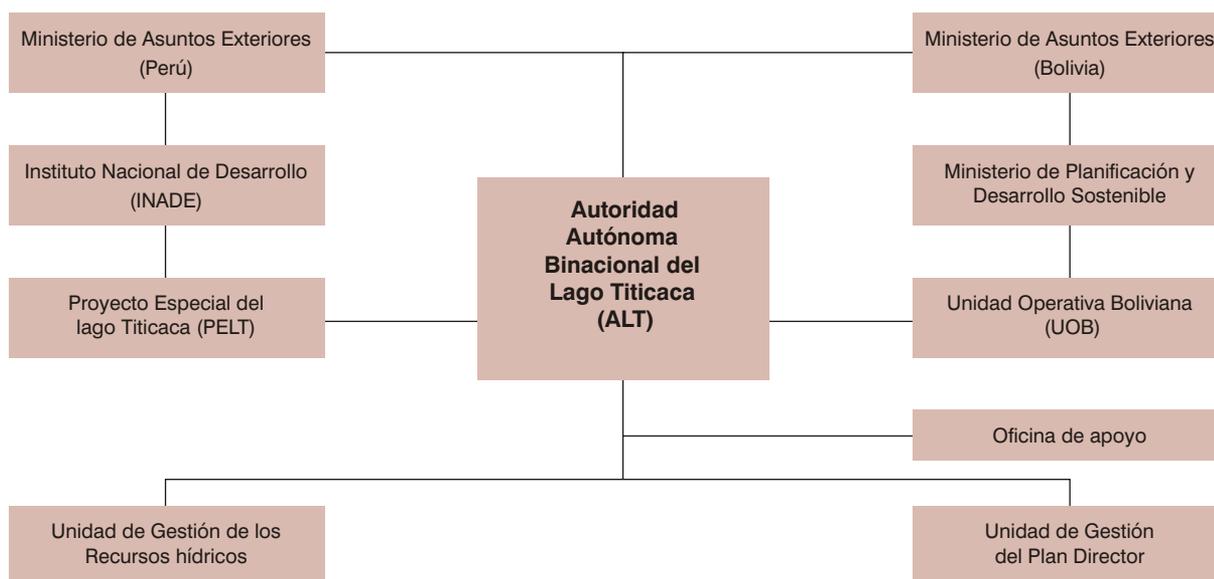
### Instituciones

En el sistema TDPS operan tres instituciones, con funciones bien definidas.

- El Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, de Bolivia. Por ley, este ministerio es la suprema autoridad nacional para el agua en el país, y se encarga de diseñar, planificar y aplicar las políticas, estrategias e iniciativas de desarrollo.
- El Instituto Peruano de Desarrollo (Perú), cuyas funciones son equivalentes a las del Ministerio Boliviano de Desarrollo Sostenible.
- La Autoridad Binacional Autónoma del lago Titicaca (ALT). Esta entidad de derecho internacional público fue creada en mayo de 1996. Tiene dos unidades operativas nacionales, y su función

general es promover y ejecutar programas y proyectos, y decidir, implementar y hacer cumplir las normas sobre gestión, control y protección de los recursos hídricos del sistema, en el marco del Plan Director aprobado. El funcionamiento político de la ALT depende de los ministerios de Asuntos Exteriores de Perú y de Bolivia. La ALT tiene unidades de administración, planificación y coordinación en cada gobierno. Se han formulado dos proyectos nacionales para Bolivia y Perú y ambos dependen técnicamente de la ALT. El proyecto boliviano es la Unidad Operativa Boliviana (UOB), con sede en La Paz, y el proyecto peruano se denomina Proyecto Especial del lago Titicaca (PELT), con sede en Puno. Estas unidades son responsables de las acciones de coordinación con los gobiernos nacionales y de centralizar la información. La Unidad de Recursos Hidrológicos y la Unidad de Gestión del Plan Director se encargan de vigilar los recursos hídricos y de seguir el desarrollo del Plan Director, respectivamente. La figura 21.2 ilustra la estructura de la ALT

Figura 21.2. Estructura de la ALT



### Legislación

La legislación actual es incompleta y está anticuada, tanto en Bolivia como en Perú. Los principales instrumentos legales son:

- Ley del Agua de 1906 (Bolivia).
- Código Civil de Bolivia.
- Decreto n° 03464 de Reforma del Suelo, y Régimen de Aguas de 1953 (Bolivia).
- Ley General del Agua de 1969 (Perú).
- Código de Saneamiento de 1990 (Perú).
- Código del Medio Ambiente y Recursos Naturales de 1990 (Perú).
- Ley del Medio Ambiente de 1992 (Bolivia).
- Ley Básica de Saneamiento y Agua Potable de 1999 (Bolivia).

### Finanzas

Las inversiones en el sistema TDPS proceden de los gobiernos de Bolivia y Perú, de organismos internacionales y de organizaciones no gubernamentales (ONG). La ALT es un organismo autónomo, con un presupuesto anual de 250.000 dólares, basado en contribuciones iguales de los gobiernos de Bolivia y Perú. Además, la ALT facilita las donaciones externas. En este marco, la ALT ha desarrollado y está llevando a cabo una serie de proyectos, principalmente las obras de regulación del lago Titicaca (7.000.000 dólares), el dragado del lecho del río Desaguadero (800.000 dólares) con ampliaciones a diez años (25.000.000 dólares), un proyecto de conservación de la biodiversidad (920.000 dólares), y otros proyectos orientados a investigar y valorar las tecnologías agrícolas incaicas y pre-incaicas.

### Planteamientos de gestión

#### *Gestión de riesgos*

Las obras de regulación del sistema TDPS permiten, en condiciones hidrológicas normales, mantener las aguas del lago Titicaca a un nivel medio de 3.809,5 m.s.n.m., con una variación de 1,5 metros. Este esquema de regulación, basado en datos estadísticos y técnicos, ha disminuido el riesgo de inundaciones.

#### *Valoración del agua*

El valor asignado al agua varía según la naturaleza urbana o rural de los sistemas de abastecimiento de agua y el número de habitantes servidos. Las tarifas en las ciudades más pobladas fluctúan entre 0,135 dólares/m<sup>3</sup> (Puno y Juliaca) en Perú, y 0,22 dólares/m<sup>3</sup> (El Alto y Oruro) en Bolivia. En los sistemas de abastecimiento de agua de las ciudades pequeñas, se aplican tarifas únicas y el concepto de agua no cuantificada.

El valor económico del agua no está plenamente reconocido, sobre todo en las zonas rurales. No hay tasas de uso del agua, y su utilización para riego se define de acuerdo con la costumbre.

### *Compartir el agua*

Los dos usos principales del agua en el sistema, el consumo humano y el riego, no están en conflicto en la actualidad. Hay, sin embargo, un conflicto potencial entre los usuarios de las cuencas altas y los de las cuencas bajas, sobre todo con respecto al agua de riego. El modelo proporcionado por la costumbre y la forma en que las comunidades se han relacionado tradicionalmente unas con otras, juegan papeles importantes para determinar los modelos de distribución y las reclamaciones. Las comunidades de las cuencas altas consideran que tienen prioridad sobre las de las cuencas bajas, a través de un complejo sistema de retribuciones y favores.

### *Administración racional del agua*

La gestión del agua entre Bolivia y Perú se ha fijado en función de la propiedad conjunta del lago Titicaca y de toda la cuenca. Así, la ALT se ha convertido en la entidad administrativa adecuada para resolver cualquier conflicto que pueda plantearse.

La administración de la ALT se basa en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). El modelo general promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, el suelo y los recursos relacionados, aunque ciertas condiciones fronterizas no permiten todavía una implementación completa del modelo. No obstante, poco a poco se van considerando dos aspectos: la valoración del agua como un bien económico y un mejor nivel de participación de la comunidad en los problemas de gestión del agua.

El Plan Director, desarrollado con la cooperación de la Unión Europea, se elaboró entre 1991 y 1993, con el título de: Plan Director para la prevención de inundaciones y el uso de los recursos hídricos en el sistema TDPS. Este plan constituye la referencia básica y un marco a veinte años para el futuro desarrollo del sistema. Hasta el momento, se ha puesto en práctica el esquema general propuesto por el Plan Director.

### *Asegurar la base de conocimientos*

La ejecución del Plan Director implica el desarrollo de una amplia base de conocimientos. Además de los conocimientos hidrológicos necesarios para la gestión del agua, se han llevado a cabo proyectos para la recuperación y rescate de técnicas agrícolas ancestrales, que muestran un alto grado de productividad.

### *Ejecución de políticas*

En el Plan Director están implícitos los siguientes elementos:

- Orientar las acciones en el marco de un uso sostenible de los recursos naturales, con dichos recursos como elemento central.
- Recuperar la integridad ecológica del sistema, en cuanto a protección de especies en peligro, recuperación de poblaciones de peces y mitigación del impacto humano sobre el sistema.
- Promover el desarrollo humano en las cuencas.

La gestión del lago muestra un alto grado de ajuste con los dos primeros puntos. Sin embargo, la promoción del desarrollo humano en el sistema ha tenido poco éxito, debido a la dificultad de superar la pobreza básica de la zona.

## Identificación de problemas importantes

### Retos relacionados con la incertidumbre y la variabilidad de los recursos hídricos

La agricultura es la principal actividad económica en el sistema TDPS. Como tal, y dada la pobreza general de la zona, es especialmente vulnerable a situaciones extremas como sequías e inundaciones. La estrategia de supervivencia de los agricultores consiste, pues, en diversificar las cosechas con la esperanza de minimizar los riesgos derivados de la variabilidad de los recursos hídricos.

Aunque las obras de regulación del agua del lago Titicaca han supuesto un cierto grado de protección contra las inundaciones, sólo son eficaces durante un ciclo hidrológico relativamente normal. Las inundaciones tienen un impacto significativo sobre la economía de la zona. Aunque no hay riesgo de pérdidas humanas, debido a la lenta crecida de las aguas, los daños económicos en un periodo de diez años se han estimado en 890.000 dólares para la agricultura, la ganadería y las infraestructuras. Además, las pérdidas por inundaciones en un periodo de veinte años se han estimado en 1.506.000 dólares. Éstas son cantidades enormes, dada la extrema pobreza de la región.

La vulnerabilidad frente a la sequía es alta y, además de las pérdidas económicas que suponen los años extremadamente secos, la sequía también causa pérdidas de diversidad genética en las variedades autóctonas, lo que obliga a los agricultores a comprar semillas importadas para los años siguientes. No hay información disponible sobre las pérdidas debidas a las sequías.

Las heladas y el granizo causan pérdidas importantes en la agricultura. En el caso de las heladas, el lago Titicaca actúa como aislante térmico. Sin embargo, lejos del lago y en mayores altitudes, las heladas pueden producirse hasta 300 días al año.

La salinidad del agua aumenta hacia el sur. Esto limita enormemente la capacidad agrícola del suelo. En el extremo sur del sistema, los suelos muy salinos han formado el lago Salado de Coipasa.

### Retos asociados a las necesidades, usos y demandas

Como ya se ha dicho, el vertido de residuos de los centros urbanos en la cuenca ha dado lugar a la contaminación orgánica de la zona. La situación tropical del lago Titicaca, los altos niveles de radiación solar y la alta tasa de evaporación, hacen al sistema muy vulnerable, particularmente respecto a los problemas de contaminación. En contraste, el tamaño de la masa de agua ayuda a mantener la contaminación en niveles aceptables, aunque hay algunos problemas de eutrofización en las proximidades de los pueblos costeros. Además, hay también problemas relacionados con la contaminación por metales pesados, que resulta de las actividades mineras de la zona.

### Retos relacionados con la gestión

Aunque la ALT proporciona un marco regulador a los dos países, cada nación tiene sus propios sistemas de gestión del agua, sin que estén previstas las disparidades entre ellos. Esta dificultad desincentiva la inversión privada en el sector, al tiempo que favorece una valoración limitada de los recursos hídricos. La

naturaleza del agua como un activo económico, social o mixto, no se ha definido todavía ni en el ámbito regional ni en el nacional. Por ello, resulta imposible asignar los costes de instalación, mantenimiento o tratamiento de sistemas de agua de cualquier tipo. En mayo de 2002, se creó en Bolivia el Consejo Interinstitucional del Agua (CONIAG), con la misión de reformar el marco legal, institucional y técnico del sector del agua.

Queda, sin embargo, mucho trabajo por hacer para conseguir una mejor integración de las organizaciones comunales en el modelo de gestión, con el fin de asegurar que la ALT alcance mayores niveles de representación. En la actualidad, debido a la inestabilidad social y económica en ambos países, no se da el clima político adecuado para alcanzar un consenso en la comunidad.

### Problemas que afectan a los ecosistemas

Las actividades mineras, la sobreexplotación de la tierra y la contaminación de los centros urbanos, presionan sobre los recursos naturales del sistema TDPS.

Durante los años 1980, una depresión económica regional hizo disminuir la actividad minera en la zona, y el nivel de pobreza aumentó. Esto se agravó aún más por la sequía y las inundaciones, y se tradujo en un aumento de la emigración del campo a la ciudad. La subsiguiente despoblación de las zonas rurales, junto con un sector minero estancado, han suavizado bastante las presiones sobre los recursos naturales. Sin embargo, la contaminación en los centros urbanos aumentó visiblemente. Es difícil predecir el futuro respecto al estrés medioambiental y la salud del ecosistema, ya que dependen mucho de los niveles generales de pobreza en ambos países.

### Otros problemas

Las diferencias entre los modelos culturales indígena y occidental, hacen difícil adoptar nuevas tecnologías agrícolas, mejorar la producción y establecer sistemas de mercado eficaces. Asociado con estas dificultades está el modelo de propiedad dominante. En la actualidad, la propiedad rural está fragmentada en numerosas fincas pequeñas, que se dividen después, por herencia, en fincas aún más pequeñas. Este modelo impide que los agricultores hagan la transición a otro más eficaz para la producción agrícola y, combinado con la actual legislación sobre la tierra, hace virtualmente imposible la existencia de un mercado de fincas, todo lo cual se añade a la pobreza estructural.

## Logros

### Evaluación de los recursos hídricos del sistema TDPS

A mediados de los años 1950 se tomaron muchas iniciativas a diferentes niveles para hacer uso de las aguas del lago Titicaca; un ejemplo fue la propuesta para llevar agua de riego a la zona árida de Chile. Estas iniciativas suponían la extracción de un caudal determinado del lago, pero sin un estudio de evaluación del potencial hidrológico real. Sin preocuparse por los posibles impactos negativos, los gobiernos peruano y boliviano iniciaron los primeros pasos para sentar las bases de un sistema de gestión binacional, firmando un acuerdo para estudiar el problema.

### Plan Director Binacional

El siguiente resultado de esta investigación fue la formulación de un Plan Director Binacional que proporciona directrices y ofrece un marco para el futuro desarrollo del sistema. Una de las conclusiones de este estudio estima que se puede extraer una cantidad tan pequeña como 20 m<sup>3</sup>/seg. de agua de la cuenca para usos económicamente productivos, un volumen mucho menor que el propuesto al principio. De este modo, se evitó un posible desastre ecológico similar al del mar de Aral en la antigua Unión Soviética, y se sentaron las bases para un modelo de administración binacional, armonioso y técnicamente eficaz.

En el marco del Programa Director, se elaboraron los siguientes documentos:

- Una estrategia de desarrollo de riego y drenaje.
- Una estrategia para la regulación hidráulica del sistema.
- Un estudio y análisis medioambiental.
- Un plan de conservación.

### Obras de regulación hidráulica

Teniendo en cuenta la fragilidad del sistema, en lo que respecta a la prevención y protección contra inundaciones, se ha definido una serie de obras de regulación del caudal, en la cuenca y en el sistema en general, por un montante de 38 millones de dólares. En el año 2001 se terminó la primera presa, cerca del puente internacional sobre el río Desaguadero. El principal objetivo de la presa es evitar las inundaciones, o al menos proteger las zonas adyacentes, de acuerdo con un manejo racional y planificado del nivel del lago, cuando alcance más de 3.810 m.s.n.m. Otros beneficios de esta presa son la protección de las grandes poblaciones de peces y de la vegetación acuática, la aportación de 50.000 hectáreas de regadío en Perú y de 15.000 hectáreas anuales en Bolivia, hasta un máximo de 35.000 hectáreas, y la protección contra inundaciones de 6.000 a 10.000 hectáreas, a ambos lados del lago.

### El modelo de la ALT

Uno de los aspectos de más éxito de la ALT es su fácil funcionamiento. Como ya se ha indicado, el proceso de creación de la Autoridad Binacional ha tenido cuatro etapas: la evaluación de recursos, el diseño de un marco legal, la construcción de un modelo de gestión y la realización del Plan Director. Estas etapas

representan un modelo a escala, que se puede repetir a escala nacional, como guía en el proceso de regulación de los recursos hidrológicos.

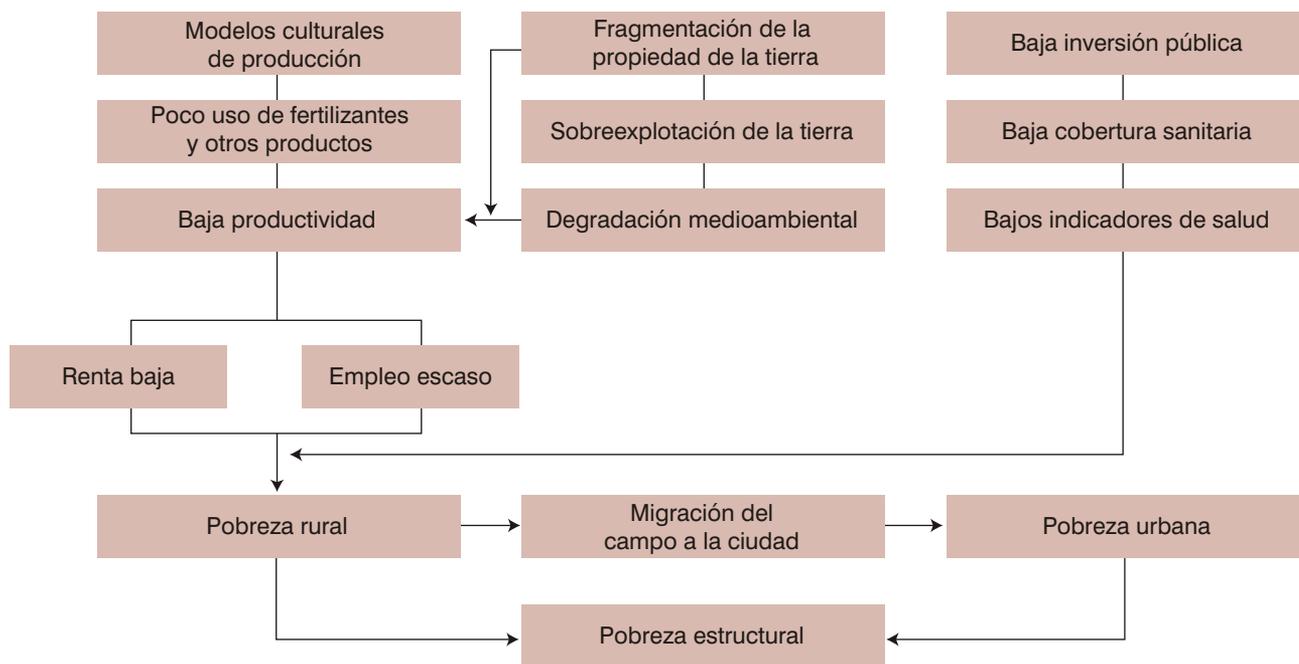
## Conclusiones

Los problemas en el sistema TDPS son principalmente de naturaleza estructural. La pobreza local socava cualquier esfuerzo para priorizar las soluciones a los problemas, lo que produce una reacción negativa. La figura 21.3 presenta las relaciones causa-efecto de los principales problemas.

Hay una necesidad urgente de intensificar la lucha contra la pobreza y mejorar drásticamente el sistema sanitario en la región. Se pueden conseguir grandes beneficios mediante la prestación de mejores servicios de eliminación y tratamiento de residuos, la promoción de la educación medioambiental y la continuación de las obras de regulación del agua, ya iniciadas. Sin embargo, lo más importante es conseguir un gran aumento de las inversiones en servicios de asistencia sanitaria públicos, con el fin de garantizar una mejor calidad de vida para la población. Otro posible medio de desarrollo consiste en aumentar la superficie de regadío de la cuenca. Gran parte de la agricultura no es, actualmente, de regadío. Esto es debido, en parte, a la fragmentación de la tierra, causada por los derechos de propiedad tradicionales. El resultado es una disminución de la productividad, que contribuye a perpetuar la pobreza de la región. Desarrollar las posibilidades de regadío exigiría una evaluación más detallada de las reservas de agua y el desarrollo de las grandes reservas de gas natural del país, para conseguir una energía barata que alimentase el sistema. Una posible vía para poner en práctica tecnologías agrícolas más eficaces sería adoptar una legislación que promoviera asociaciones de productores para gestionar extensiones de terreno de tamaño más adecuado.

Aunque existen los instrumentos legislativos, y se han hecho muchos esfuerzos para desarrollar la zona, se puede hacer más para asegurar un modo de vida más equitativo a los habitantes de la cuenca del lago Titicaca.

Figura 21.3: Cadena de causalidad



Esta figura muestra las diversas causas de la pobreza estructural en el sistema TDPS. Entre estas causas se encuentran la fragmentación de la propiedad de la tierra y los servicios sanitarios ineficaces; ambos contribuyen al empleo escaso y a la gran pobreza de la zona.

Fuente: Preparado para el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP) por A. Crespo Milliet, 2002

Cuadro 21.1. Desarrollo de indicadores

Tema	Indicadores del lago Titicaca	Tema	Indicadores del lago Titicaca
AGUAS SUPERFICIALES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso del agua (U) = 416,3 m<sup>3</sup> 10<sup>6</sup>/año</li> <li>• U/A = 0,60</li> <li>• La precipitación varía entre 200 mm y 1.400 mm (año normal)</li> </ul>	EL AGUA Y LA ENERGÍA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se genera electricidad en el área del lago</li> <li>• No se recicla el agua en el sistema</li> </ul>
CALIDAD DEL AGUA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga de coliformes 46 uni/100 ml</li> <li>• Extracción del sistema de agua de Puno</li> <li>• 1.000 uni/100 ml (Bahía de Puno)</li> <li>• Turbidez = 1,27 partes por millón</li> </ul>	GESTIÓN DE RIESGOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de inundaciones = 90.000 hectáreas controladas, de 120.000 hectáreas en Puno y 10.000 hectáreas en Desaguadero</li> </ul>
AGUAS SUBTERRÁNEAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recarga neta = 4 m<sup>3</sup>/s; 0,89% del total (véase mapa de aguas subterráneas para más detalles)</li> </ul>	REPARTO DEL AGUA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agricultura = 90%; Agua potable = 7%; otros = 3%</li> </ul>
PROMOCIÓN DE LA SALUD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mortalidad infantil 14%; 77.663 hogares con saneamiento = 17,2%; Perú = 19%; Bolivia = 24%</li> <li>• Inversiones en salud: Perú = 278 Paridad de Poder de Compra (PPC)/año; Bolivia = 150 PPC/año</li> </ul>	VALORACIÓN DEL AGUA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varía entre 0,135 dólares/m<sup>3</sup> (Puno y Juliaca) en Perú y 0,220 dólares/m<sup>3</sup> en Bolivia (El Alto y Oruro)</li> <li>• No hay políticas de desarrollo del agua que respondan a la demanda</li> <li>• No hay instituciones de desarrollo del agua que respondan a la demanda</li> </ul>
PROTECCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seis áreas protegidas 922 Km<sup>2</sup> = 0,62%</li> <li>• Un sitio Ramsar: lago Titicaca 8.400 Km<sup>2</sup> = 5,6% de la superficie total</li> </ul>	ASEGURAR EL CONOCIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe un sistema eficaz de recogida de datos hidrometeorológicos tanto en Perú como en Bolivia</li> <li>• Los datos se pueden recoger por las instituciones que los piden</li> <li>• Entre Bolivia y Perú hay una autoridad principal (ALT) y ocho científicos del agua</li> </ul>
EL AGUA Y LAS CIUDADES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 60% de población en centros urbanos importantes</li> <li>• 750 Tm/día de residuos sólidos; 140.000 m<sup>3</sup> de aguas residuales.</li> <li>• Sólo en una ciudad importante (El Alto) el sistema de agua está administrado por una compañía privada</li> </ul>	ADMINISTRACIÓN INTELIGENTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso de descentralización en curso: las funciones están definidas en un 60%</li> <li>• La autoridad de la cuenca tiene la responsabilidad central y autónoma de planificar y gestionar el lago</li> </ul>
ASEGURAR EL SUMINISTRO DE ALIMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tierras de regadío = 19.444 hectáreas = 0,43% del total de tierras productivas</li> </ul>		
EL AGUA Y LA INDUSTRIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existe reciclado del agua en el sistema</li> </ul>		

## Referencias

Comité Ad-Hoc de Transición de la Autoridad Autónoma Binacional del Sistema TDPS. 1996. Diagnóstico ambiental del Sistema TDPS. Bolivia, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

GWP (Asociación Mundial del Agua). 2000. Manejo Integrado de Recursos Hídricos. TEC Background Papers n° 4. Estocolmo.

Instituto Nacional de Estadística. 1992. Censo de población y Vivienda. Bolivia.

Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. 1999. Bolivia: Atlas Estadístico de Municipios. La Paz, Centro de Información para el Desarrollo.

. 1998. Zonificación Agroecológica y Socioeconómica del la Cuenca del Altiplano del Departamento de La Paz. Bolivia, Proyecto ZONISIG. PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo). 2002. Informe de Desarrollo Humano en Bolivia. Bolivia.

Repúblicas de Bolivia y Perú. 1993. Plan Director para la prevención de inundaciones y el uso de los recursos hídricos del sistema TDPS. La Paz, Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico TDPS.

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la

Ciencia y la Cultura). 1996. Mapa Hidrogeológico de América del Sur. Brasil.

. 1994. Uso eficiente del agua. Uruguay.