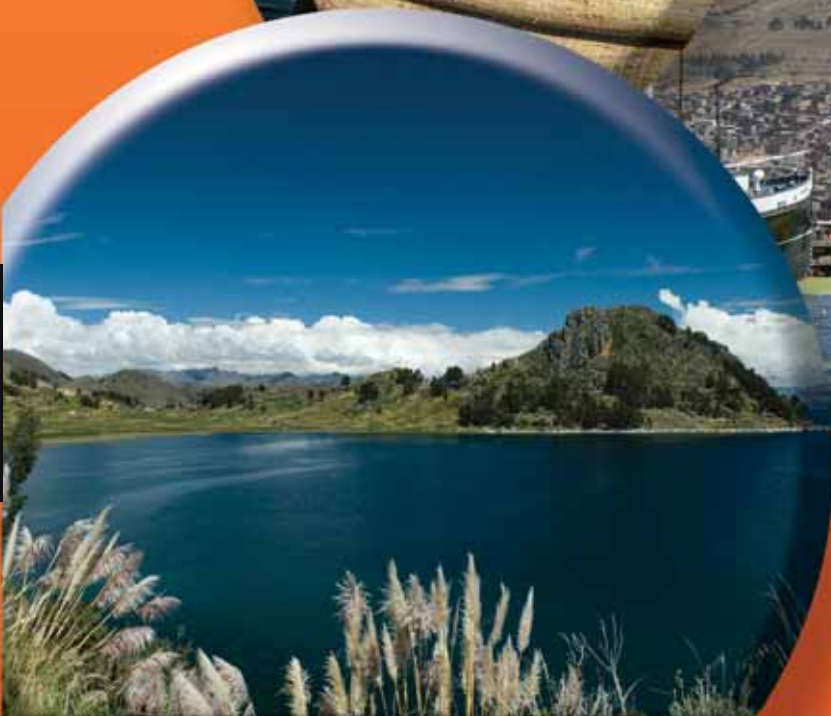


# Perspectivas del Medio Ambiente en el Sistema Hídrico

## TITICACA-DESAGUADERO- POOPÓ-SALAR DE COIPASA (TDPS)

GEO Titicaca



Publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Está autorizada su reproducción total o parcial y de cualquier otra forma de esta publicación para fines educativos o sin fines de lucro, sin ningún otro permiso especial del titular de los derechos, bajo la condición de que se identifique la fuente de la que proviene. PNUMA agradecerá que se le remita un ejemplar de cualquier texto cuya fuente haya sido la presente publicación.

No está permitido el uso de esta publicación para su venta o para usos comerciales.

#### DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

Los contenidos de este documento no reflejan necesariamente las opiniones o políticas del PNUMA o de sus organizaciones contribuyentes con respecto a la situación jurídica de un país, territorio, ciudad, o área o de sus autoridades, o con respecto a la delimitación de sus fronteras o límites.

Los criterios analíticos expresados a lo largo del informe son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no comprometen institucionalmente al PNUMA, a la ALT o a los Gobiernos de Bolivia y el Perú.

Copyright © 2011, PNUMA

Para mayor información:

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

Oficina Regional para América Latina y el Caribe

Avenida Morse, edificio 103. Clayton, Ciudad del Saber, corregimiento de Ancón

Ciudad de Panamá, Panamá.

Código Postal: 03590-0843

Teléfono: (+507) 305-3100

Fax: (+507) 305-3105

<http://www.pnuma.org>

Correo electrónico: [enlace@unep.org](mailto:enlace@unep.org)

Reconocimiento: El presente informe GEO Titicaca ha sido realizado en el marco del Proyecto "Apoyo a la gestión integrada y participativa del agua en el sistema hídrico Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa (TDPS)" y gracias a la cooperación entre el Gobierno de España, a través del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, y el PNUMA.

Fotografías de cubiertas, portadillas y páginas interiores sin crédito especificado:

Fundación Albatros Media (Alejandro Balaguer)

Fotografías de páginas 66 y 181: Alfonso Alem

Fotografías de páginas 2, 33 y 54: istockphoto

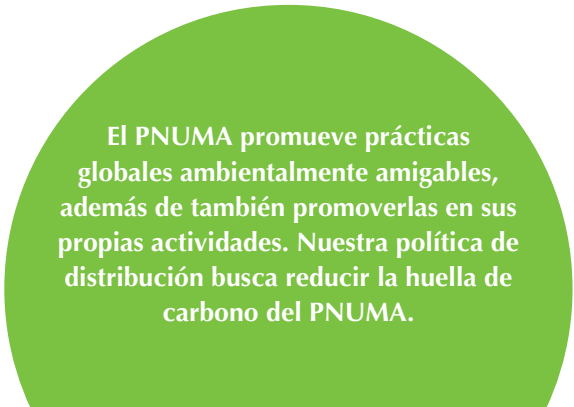
Diseño, diagramación y portada:

Editora Novo Art, S.A.

Impreso en Colombia por

Panamericana Formas e Impresos, S.A.

para Editora Novo Art, S.A. en Panamá



**El PNUMA promueve prácticas globales ambientalmente amigables, además de también promoverlas en sus propias actividades. Nuestra política de distribución busca reducir la huella de carbono del PNUMA.**

**Perspectivas del Medio Ambiente  
en el Sistema Hídrico**

---

**TITICACA-DESAGUADERO-  
POOPÓ-SALAR DE COIPASA  
(TDPS)**

---

**GEO Titicaca**







## Producido por:

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

### En colaboración con:

Ministerio del Ambiente del Perú, MINAM  
Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia, MMAyA  
Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca, ALT  
(Perú-Bolivia)  
Gobierno Regional de Puno, GORE (Perú)  
Instituto de Ecología de la Universidad Mayor de San  
Andrés, IE-UMSA (Bolivia)  
Universidad Nacional del Altiplano, UNA (Perú)  
Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas,  
SINCHI (Colombia)  
Escuela Militar de Ingeniería, EMI (Bolivia)  
Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI (Perú)  
Servicios Integrales en Medio Ambiente (SIMBIOSIS),  
GLOBAL-CDS, Liga de Defensa del Medio Ambiente  
(LIDEMA), Servicios Educativos Rurales (SER)  
Programa Especial del Lago Titicaca, PELT (Perú)  
Unidad Operativa Boliviana, UOB (Bolivia)

### Autores:

**Autor coordinador líder:** Alfonso Alem Rojo  
Coordinador GEO Titicaca-Perú: Mario Choque Arque  
(GORE), con el apoyo de Jorge Caro  
Coordinadora GEO Titicaca-Bolivia: Evelyn Taucer  
Monrroy (IE-UMSA)

### Autores líderes:

**Capítulo 1:** José Alberto Lorini Lapachet, Coordinador  
de Enlace (Bolivia). **Capítulo 2:** *Subcapítulo 2.1*,  
Guido Alex Luque Humpiri, Coordinador de Enlace  
(Perú); *Subcapítulo 2.2*, Edgar Odeon Machaca  
Quispe, Coordinador de Enlace (Perú); *Subcapítulo*  
*2.3*, Julio Jorge Pinto Mendieta, Coordinador de En-  
lace (Bolivia). **Capítulo 3:** Teófilo Donaires Flores,  
Coordinador de Enlace (Perú). **Capítulo 4:** Evelyn  
Taucer Monrroy, Coordinadora de Enlace (Bolivia).  
**Capítulo 5:** Alfonso Alem Rojo (Bolivia)

### Autores contribuyentes:

**Capítulo 1:** Daniza María Chávez Pazo (Perú), Mónica  
Castro Delgadillo (Bolivia). **Capítulo 2:** *Subcapítulo*  
*2.1*, Mónica Castro Delgadillo (Bolivia), Rafael  
Anze Martín (Bolivia); *Subcapítulo 2.2*, Sol Aguilar  
Ariñez (Bolivia), Omar Rocha Olivio (Bolivia), Mónica  
Zeballos (Bolivia); *Subcapítulo 2.3*, Mariano  
M. Banegas Cariapaza (Perú), Rubén Marín Pantoja  
(Bolivia), Carlos I. Molina Arzabe (Bolivia), Lino Fa-  
biani (Bolivia). **Capítulo 3:** María Elena Capra Seo-  
ane (Bolivia), Jesienka Pastor Saavedra (Bolivia),  
Mónica Zeballos (Bolivia), Elmer Cuba (Bolivia), Ad-  
hemar Esquivel Velásquez (Bolivia). **Capítulo 4:**  
Roger Maquera Lupaca (Perú), Pedro Edwin Galle-  
gos Pasco (Perú)

**Revisores:** Graciela Metternicht, Isabel Martínez, Joa-  
quín Gutiérrez, Alberto Giesecke (MINAM, Perú),  
Verónica Mendoza (MINAM, Perú), Jorge Caro Es-  
carchena (Proyecto PNUMA Titicaca, Perú), Mayra  
Montero (Ministerio de Relaciones Exteriores y  
Culto, MREC, Bolivia), Jenny Gruenberger (Direc-  
tora Ejecutiva, LIDEMA, Bolivia), María Marconi  
(LIDEMA, Bolivia)

**Colaboradores:** Juan Carlos Alonso González y Sandra  
Hernández Barrero (Instituto Amazónico de Inves-  
tigaciones Científicas, SINCHI, Colombia)

**Cartografía:** Federico Adolfo Kindgard (Universidad de  
Buenos Aires, UBA, Argentina)

**Equipo del PNUMA, Oficina Regional para América  
Latina y el Caribe:** Graciela Metternicht, Isabel Mar-  
tínez, Kakuko Nagatani

## **Participantes del Taller de Orientación para la Elaboración del Informe GEO Titicaca** *Chucuito, Puno (30 de septiembre y 1 octubre de 2008)*

Alberto Giesecke, MINAM, Perú	Evelyn Taucer, IE-UMSA, Bolivia
Milton Zapata, MMAyA, Bolivia	David Rada, EMI, Bolivia
Lucio Mamani Ticona, GORE, Perú	Walter Antezana Julián, ALT, Perú-Bolivia
Mario Choque Arque, GORE, Perú	Juan Ocola Salazar, ALT, Perú-Bolivia
Alfredo Loza Calisaya, GORE, Perú	Edwin Maydana, ALT, Perú-Bolivia
Hugo Treviño Bernal, IMARPE, Perú	Luis E. Montes de Oca, ALT, Perú-Bolivia
Alex Guardia Otarola, IMARPE, Perú	Slemen Loayza, ALT, Perú-Bolivia
Fran Olger Lino Talavera, PELT, Perú	Juan Carlos Alonso, SINCHI, Colombia
Alfredo Palao, UNA, Perú	Kakuko Nagatani, PNUMA, Panamá
Flavio Ortiz, UNA, Perú	Joaquín Gutiérrez, PNUMA-AMA, Cuba
Julio Pinto, IE-UMSA, Bolivia	

## **Participantes del Taller de Autores y Colaboradores del Informe GEO Titicaca** *Huatajata, Bolivia (13 y 14 de agosto de 2009)*

Omar A. Ruiz, MINAM, Perú	Roger Maquera Lupaca, Asociación SER, Perú
Daniel Núñez, MINAM, Perú	Walter Antezana Julián, ALT, Perú-Bolivia
Edwin Gallegos Pasco, GORE, Perú	Edwin Maydana Iturriaga, ALT, Perú-Bolivia
Mario Choque Arque, GORE, Perú	Slemen Loayza, ALT, Perú-Bolivia
Julio Pinto, IE-UMSA, Bolivia	Luis Montes de Oca, ALT, Perú-Bolivia
Evelyn Taucer, IE-UMSA, Bolivia	Gonzalo Candia Flores, ALT, Perú-Bolivia
José Lorini, IE-UMSA, Bolivia	Sandra Hernández, Instituto SINCHI, Colombia
María Cristina Ruiz, IE-UMSA, Bolivia	Juan Carlos Alonso, Instituto SINCHI, Colombia
María Elena Capra, IE-UMSA, Bolivia	Federico Adolfo Kindgard, UBA-PNUMA, Argentina
Daniza Chávez Pazo, INEI, Perú	Jorge Caro Escarcena, Proyecto PNUMA Titicaca, Perú
Oscar Mamani Luque, UNA, Perú	Saul Apaza Chambi, Proyecto PNUMA Titicaca, Bolivia
Alfredo Loza del Carpio, UNA, Perú	Isabel Martínez, PNUMA, Panamá
Teófilo Donaires Flores, UNA, Perú	

## Prefacio

Después de un prolongado proceso de intenso trabajo y la participación de más de medio centenar de científicos y expertos de Bolivia y Perú, es sumamente grato para el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) presentar el informe *Perspectivas del Medio Ambiente en el Sistema Hídrico Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa (TDPS)-GEO Titicaca*.

Bajo la metodología GEO (Global Environment Outlook), este singular informe ofrece una evaluación completa e integral del estado del ecosistema de la porción boliviano-peruana de la cuenca endorreica del altiplano, la que junto a las del Amazonas y el río de la Plata, se constituye en uno de los tres principales sistemas hídricos del subcontinente sudamericano.

El territorio del Sistema TDPS, situado entre los 3.600 y los 6.500 msnm, alberga una variedad excepcional de especies de flora y fauna, constituyéndose en una reserva genética de importancia mundial, en particular, considerando la agrobiodiversidad resultante de prácticas culturales desarrolladas durante milenios por los pueblos originarios de los Andes centrales –entre la que destacan alimentos tan importantes como la papa y la quinua, o la domesticación de la llama, la alpaca y otros camélidos endémicos de la región–, elementos que explican, a su vez, la supervivencia de dichos pueblos que constituyen hasta el presente las pujantes mayorías de la población local.

La importancia del informe puede sintetizarse en el análisis integral y resumen de los desafíos que conlleva la preservación de la salud ambiental de la región. Entre ellos, se analizan las condiciones ambientales históricamente críticas que pusieron a prueba la capacidad de adaptación de las poblaciones que vivieron en su entorno, entre las que destacan: el impacto de la intensa radiación solar sobre el balance hídrico de la cuenca y el sostenido proceso de salinización y degradación de los suelos. Sin embargo, la región enfrenta hoy importantes desafíos de más reciente data, como son: el impacto del calentamiento global, el acelerado y caótico proceso de crecimiento poblacional y de ocupación del espacio, la significativa modificación de los usos del suelo alterando sus vocaciones tradicionales, la contaminación de las fuentes de agua por la inadecuada disposición de las aguas residuales de las grandes ciudades que ahora existen en la región, así como por los efluentes de una actividad minera que, por siglos, no ha asumido la responsabilidad debida en prevenir y mitigar los impactos causados en sus zonas de influencia, o las más recientes prácticas ganaderas desarrolladas en zonas ribereñas y los patrones que ha seguido en el último medio siglo la actividad pesquera y acuícola.

Los dos países que comparten esta rica y frágil región, han desplegado esfuerzos para encarar estos desafíos creando una institucionalidad binacional encargada de conservar y desarrollar sosteniblemente el territorio de la cuenca; sin embargo, el camino que aún les queda por andar tiene por ahora un horizonte todavía lejano, haciéndose imperioso el desarrollo de una visión compartida y el involucramiento más estrecho y comprometido de los actores sociales e institucionales, a todo nivel, en este cometido.

La escasez, dispersión y falta de actualización de la información científica y los datos estadísticos existentes, han hecho difícil comparar consistentemente o agregar tópicos ambientales, sociales y económicos; a pesar de ello, se ha procurado articular la información disponible a objeto de brindar la visión integral que aquí se presenta, buscando proveer a los decisores de política a escala nacional, subnacional y local de ambos países, una firme base para los esfuerzos que realicen con el fin de asegurar el oportuno enfrentamiento de los desafíos descritos y la sustentabilidad a largo plazo de las iniciativas de desarrollo.

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a los ministerios y a las autoridades de medio ambiente, otros ministerios e instituciones vinculados a la gestión de los recursos hídricos, científicos, investigadores e instituciones de ambos países, por su valiosa colaboración que hizo posible la elaboración de este informe.

Margarita Astrálaga  
*Directora y Representante Regional*  
PNUMA-ORPALC





# Índice de contenidos

Guía del lector .....	13
Mensajes clave .....	16

## Capítulo 1. Contexto geográfico, histórico, demográfico y socioeconómico

---

1.1 Introducción .....	20
1.2 Descripción geográfica y político-administrativa .....	22
1.3 Características físicas del Sistema .....	25
1.4 Contexto histórico, cultural y social de la región .....	28
1.5 Aspectos demográficos, sociales y económicos .....	33
1.5.1 Población .....	33
1.5.2 Etnicidad y lenguas .....	35
1.5.3 Alfabetismo y educación .....	36
1.5.4 Salud y nutrición .....	37
1.5.5 Servicios básicos .....	37
1.5.6 Pobreza e Índice de Desarrollo Humano (IDH) .....	38
1.5.7 Actividades productivas .....	38
1.5.7.1 Sector agropecuario .....	39
1.5.7.2 Sector pesca y acuicultura .....	39
1.5.7.3 Sector turismo .....	39
1.5.7.4 Sector minería .....	40
1.6 Evolución de relaciones y políticas binacionales .....	41
1.7 Cambio climático .....	42

## Capítulo 2. Estado del medio ambiente

---

2.1 Ocupación del territorio .....	46
2.1.1 Patrones históricos de ocupación .....	46
2.1.2 Nuevos paradigmas, migración y crecimiento desordenado de la población .....	48
2.1.3 La actividad minera en el Sistema TDPS .....	51
2.2 Biodiversidad .....	52
2.2.1 Diversidad en ecosistemas .....	53
2.2.2 Fragmentación del ecosistema .....	56
2.2.3 Áreas naturales protegidas .....	56
2.2.4 Diversidad en especies y recursos genéticos .....	58
2.2.4.1 Fauna .....	58
2.2.4.2 Flora .....	60
2.2.4.3 Riqueza de especies de flora .....	61

2.2.5	Especies amenazadas de fauna y flora	61
2.2.5.1	Fauna	61
2.2.5.2	Flora	62
2.2.6	Especies introducidas	62
2.2.7	Uso de especies	63
2.2.8	Agrobiodiversidad	66
2.3	Ecosistemas acuáticos, recursos hídricos e hidrobiológicos	68
2.3.1	Ecosistemas acuáticos	68
2.3.2	Recursos hídricos	69
2.3.2.1	Balance hídrico del lago Titicaca	69
2.3.2.2	Oferta hídrica del lago Titicaca	71
2.3.2.3	Frecuencia de eventos extremos	71
2.3.2.4	Precipitación y evaporación	75
2.3.2.5	Calidad de las aguas	75
2.3.3	Recursos hidrobiológicos	85
2.3.3.1	Producción pesquera artesanal	85
2.3.3.2	Producción acuícola	90
2.3.3.3	Organización del sector pesquero	91
2.3.4	Producción de totora	93

## Capítulo 3. Impactos

---

3.1	Impactos sobre los servicios ecosistémicos	98
3.1.1	Cambios en el uso del suelo	100
3.1.2	Impactos en los recursos hidrobiológicos	102
3.1.3	Pérdida anual de áreas naturales y totorales	103
3.1.4	Los residuos sólidos y el avance de la basura	106
3.1.5	Contaminación de cuerpos de agua	108
3.1.6	Degradación de suelos	111
3.1.7	Contaminación atmosférica	112
3.2	Impactos en el bienestar humano	114
3.2.1	Salud humana	114
3.2.2	Relaciones sociales y conflictos ambientales	116
3.2.2.1	Conflictos de carácter ambiental	116
3.2.2.2	Conflictos de carácter socioeconómico	118
3.3	Vulnerabilidad	119

## Capítulo 4. Instrumentos de gestión

---

4.1	Gobernabilidad ambiental	124
4.1.1	Marco normativo	124
4.1.2	Políticas ambientales	128

4.2 Actores involucrados en la gestión del Sistema TDPS . . . . .	129
4.2.1 Organismos gubernamentales que participan en la gestión ambiental . . . . .	129
4.2.2 Instituciones académicas . . . . .	131
4.2.3 Organismos no gubernamentales . . . . .	132
4.2.4 Organizaciones sociales . . . . .	132
4.3 Principales acciones de incidencia ambiental . . . . .	133
4.3.1 Instrumentos de gestión . . . . .	133
4.3.2 Generación y divulgación de la información . . . . .	135
4.3.3 Asistencia técnica . . . . .	136
4.3.4 Capacitación y educación ambiental . . . . .	137
4.3.5 Programas y proyectos . . . . .	138

## Capítulo 5. Opciones para la acción y perspectivas futuras

Mensajes clave . . . . .	142
5.1 Introducción . . . . .	143
5.2 Opciones para la acción . . . . .	144
5.2.1 El ordenamiento territorial . . . . .	144
5.2.2 El turismo y las articulaciones de la economía regional . . . . .	147
5.2.3 La agenda ambiental pendiente . . . . .	148
5.2.3.1 Gestión integral de los recursos hídricos . . . . .	148
5.2.3.2 Biodiversidad y gestión integral de los recursos hidrobiológicos . . . . .	149
5.2.3.3 El impacto de la vieja y la nueva minería . . . . .	152
5.2.3.4 Gestión integral de residuos sólidos . . . . .	152
5.2.3.5 Monitoreo y adaptación al cambio climático . . . . .	152
5.2.4 Hacia una participación social corresponsable y proactiva . . . . .	153
5.2.5 Los retos del relanzamiento de la institucionalidad binacional . . . . .	155
5.3 Conclusiones y recomendaciones . . . . .	157

<b>Bibliografía</b> . . . . .	160
-------------------------------	-----

<b>Lista de acrónimos y siglas</b> . . . . .	168
--	-----

<b>Anexos</b> . . . . .	174
-------------------------	-----

<b>Anexo 1:</b> Población de los municipios que abarca el Sistema TDPS . . . . .	176
--	-----

<b>Anexo 2:</b> Principales condiciones fisicoquímicas de las subcuencas del Sistema TDPS . . . . .	182
Principales condiciones bioquímicas de las subcuencas del Sistema TDPS . . . . .	183

# Índice de cuadros

## Capítulo 1

---

Cuadro 1.1 Superficie de las subcuencas pertenecientes al Sistema TDPS . . . . .	22
Cuadro 1.2 Temperaturas promedio mensuales en el lago Titicaca . . . . .	26
Cuadro 1.3 Principales indicadores demográficos y socioeconómicos del TDPS . . . . .	34

## Capítulo 2

---

Cuadro 2.1 Migración en las provincias del departamento de Puno . . . . .	50
Cuadro 2.2 Derechos mineros en Puno . . . . .	51
Cuadro 2.3 Principales contaminantes identificados en el lago Titicaca . . . . .	76
Cuadro 2.4 Principales características fisicoquímicas del lago Poopó . . . . .	82
Cuadro 2.5 Contaminación por metales pesados en la cuenca del lago Poopó . . . . .	84
Cuadro 2.6 Sólidos en suspensión en los principales ríos del Sistema TDPS . . . . .	85
Cuadro 2.7 Biomasa de los recursos pesqueros pelágicos en el lago Titicaca (1985-2008) . . . . .	86
Cuadro 2.8 Volumen estimado de extracción mensual de especies (Puno) . . . . .	86
Cuadro 2.9 Extracción trienal de recursos hidrobiológicos en Puno (1997-2008) . . . . .	87
Cuadro 2.10 Períodos de actividad pesquera artesanal en el lago Titicaca . . . . .	90
Cuadro 2.11 Pescadores artesanales registrados por provincias (Perú) . . . . .	91
Cuadro 2.12 Embarcaciones artesanales y tipo de propulsión en el lago Titicaca . . . . .	93
Cuadro 2.13 Áreas de totorales en el sector peruano del lago Titicaca . . . . .	94

## Capítulo 3

---

Cuadro 3.1 Capacidad de uso de la tierra en el Sistema TPDS . . . . .	99
Cuadro 3.2 Erosión de tierras en el Sistema TDPS . . . . .	100
Cuadro 3.3 Uso de la tierra en el Sistema TDPS . . . . .	102
Cuadro 3.4 Especies amenazadas o en vías de extinción . . . . .	104
Cuadro 3.5 Producción de residuos sólidos en las principales ciudades del Sistema TDPS . . . . .	106
Cuadro 3.6 Composición física de los residuos sólidos en la ciudad de Puno . . . . .	107
Cuadro 3.7 Comunidades con conflictos de uso de agua . . . . .	117
Cuadro 3.8 Comunidades campesinas beneficiadas por la reforma agraria . . . . .	118
Cuadro 3.9 Registro de eventos naturales adversos . . . . .	119
Cuadro 3.10 Registro de precipitaciones . . . . .	119
Cuadro 3.11 Registro histórico de inundaciones en el Sistema TDPS . . . . .	120
Cuadro 3.12 Registro histórico de sequías en el Sistema TDPS . . . . .	121

# Índice de figuras

## Capítulo 1

---

Figura 1.1 Mapa cuenca endorreica del altiplano . . . . .	20
Figura 1.2 Mapa topográfico del Sistema TDPS . . . . .	21
Figura 1.3 Mapa subcuencas del Sistema TDPS . . . . .	23
Figura 1.4 Mapa político-administrativo del Sistema TDPS. . . . .	24
Figura 1.5 Mapa climático del Sistema TDPS. . . . .	27
Figura 1.6 Mapa de aptitud de uso del suelo del Sistema TDPS . . . . .	29
Figura 1.7 Centro político espiritual de Tiwanaku . . . . .	30
Figura 1.8 Suka kollo en Tiwanaku . . . . .	31
Figura 1.9 Mapa de densidad demográfica del Sistema TDPS . . . . .	35
Figura 1.10 Mapa lingüístico del Sistema TDPS . . . . .	36
Figura 1.11 Pérdida de superficie del glaciar Chacaltaya . . . . .	43

## Capítulo 2

---

Figura 2.1 Índice de ingresos y tasa de migración neta en municipios del Sistema TDPS (Bolivia) . . . . .	49
Figura 2.2 Concesiones mineras en el departamento de Puno . . . . .	52
Figura 2.3 Concesiones mineras en el departamento de Oruro . . . . .	53
Figura 2.4 Concesiones mineras en el departamento de La Paz . . . . .	53
Figura 2.5 Mapa de áreas protegidas en el Sistema TDPS. . . . .	56
Figura 2.6 Sitio Ramsar Lago Poopó. . . . .	57
Figura 2.7 Porcentaje de familias representativas en el Sistema TDPS. . . . .	61
Figura 2.8 Aptapi a orillas del lago Titicaca . . . . .	64
Figura 2.9 Agrobiodiversidad altiplánica . . . . .	65
Figura 2.10 Imagen satelital de los lagos Uru Uru y Poopó . . . . .	70
Figura 2.11 Descarga anual y mensual de ríos al lago Titicaca . . . . .	71
Figura 2.12 Niveles históricos del lago Titicaca . . . . .	72
Figura 2.13 Mapa de meses sin presencia de heladas y sequías . . . . .	73
Figura 2.14 Mapa de isoyetas (año seco) . . . . .	74
Figura 2.15 Mapa de isoyetas (año húmedo) . . . . .	74
Figura 2.16 Precipitación y evaporación en los ríos Ramis e Ilave . . . . .	74
Figura 2.17 Mapa de precipitación media anual en el Sistema TDPS . . . . .	75
Figura 2.18 Imagen satelital de la bahía de Cohana. . . . .	78
Figura 2.19 Floración en la bahía interior de Puno (1998, 2001, 2008) . . . . .	80
Figura 2.20 Aportes de metales pesados y sólidos en suspensión al lago Poopó. . . . .	83
Figura 2.21 Zonas de pesca en algunas localidades del lago Menor . . . . .	88
Figura 2.22 Captura por unidad de esfuerzo pesquero en el lago Menor . . . . .	89
Figura 2.23 Organigrama de la FDTPFACLT. . . . .	92

### Capítulo 3

---

Figura 3.1 Totoral en el lago Titicaca .....	105
Figura 3.2 Residuos sólidos según el tipo de materia .....	107
Figura 3.3 Mapa de contaminación en el Sistema TDPS .....	109
Figura 3.4 Erosión de suelos en el Sistema TDPS .....	112
Figura 3.5 Proporción de menores de 36 meses que en las dos semanas anteriores a la encuesta tuvieron IRA .....	115
Figura 3.6 Niveles promedio del lago Titicaca (2001-2008) .....	121

### Capítulo 5

---

Figura 5.1 Marco conceptual del ordenamiento territorial .....	145
--	-----

## Índice de recuadros

### Capítulo 2

---

Recuadro 2.1 Ferias y concursos sobre agrobiodiversidad .....	67
---	----

### Capítulo 4

---

Recuadro 4.1 Instrumentos normativos relativos a la gestión ambiental en el Sistema TDPS .....	124
Recuadro 4.2. El derecho al agua en las Naciones Unidas .....	134
Recuadro 4.3 Red de monitoreo de la calidad de aguas en el Sistema TDPS .....	136
Recuadro 4.4 Proyecto de Desarrollo Sostenible del Lago Titicaca (PDSLTL) .....	139

### Capítulo 5

---

Recuadro 5.1 El manejo de la vicuña en el PN Sajama y el ANMIN Apolobamba .....	150
Recuadro 5.2 Cambio climático, tecnologías ancestrales y seguridad alimentaria .....	154

## Guía del lector

Evaluar e informar sobre el estado del medio ambiente es uno de los mandatos fundamentales del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El proceso de las Evaluaciones Ambientales Integrales GEO (Global Environment Outlook, o Perspectivas del Medio Ambiente Mundial) surgió de este mandato del Consejo Administrativo en el año 1995. Asimismo, el Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe decidió apoyar la preparación de informes GEO en los ámbitos regionales, subregionales, nacionales y urbanos.

Por ello, el PNUMA ha desarrollado la metodología de las *Evaluaciones Ambientales Integrales* como un proceso consultivo, participativo y estructurado; con la finalidad de producir informes actualizados, exhaustivos, científicamente creíbles, políticamente pertinentes y válidos, para respaldar la toma de decisiones a todos los niveles.

El GEO Titicaca es la evaluación ambiental integral sobre el estado y perspectivas del medio ambiente en la región de la cuenca endorreica del altiplano, conocida como el Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopó y Salar de Coipasa (TDPS), cuya soberanía comparten el Perú y Bolivia. El informe es el resultado de un proceso de consultas estructurado y con una sólida base científica que analiza de manera imparcial el estado del ambiente, los principales impactos, las fuerzas motrices y presiones para el cambio ambiental, y presenta las opciones de acción para los tomadores de decisiones y demás actores regionales preocupados por el estado del medio ambiente.

La elaboración de este informe se dio en el marco del Proyecto “Apoyo a la gestión integrada y participativa del agua en el sistema hídrico TDPS” (Proyecto Titicaca-PNUMA), y comprendió talleres de consulta con actores relevantes de la región, consultas bibliográficas y revisiones de información relevante y actualizada que se llevaron a cabo por parte de especialistas

de ambos países en el período 2008-2010, en un marco interdisciplinario y transectorial, lo que ayudó a garantizar la pertinencia, rigor científico, metodológico y técnico del informe final.

Esta evaluación ambiental integral examina, a través de un análisis basado en indicadores ambientales y socioeconómicos, temas críticos para la región como son la cantidad y calidad de agua dulce, la degradación que sufren algunas de sus subcuencas por efecto de la acción antrópica, la fragmentación de sus hábitats, la degradación de la tierra debida a la contaminación minera y a procesos naturales de salinización y desertización, el crecimiento urbano no planificado, la gestión de las aguas residuales y los desechos sólidos, la pesca descontrolada, las pesquerías y la vulnerabilidad de la región ante el cambio climático.

El GEO Titicaca está estructurado en cinco capítulos y proporciona un resumen de las tendencias de desarrollo regional, de las transformaciones del medio ambiente y de los impactos de los cambios del mismo en el bienestar humano en la región. A continuación se destacan los puntos más importantes de cada capítulo:

**Capítulo I. Contexto geográfico, histórico, demográfico y socioeconómico:** Examina las características generales de la región, la evolución de las relaciones socioculturales y económicas que han modelado históricamente su paisaje, el desarrollo de las relaciones binacionales boliviano-peruanas y la significación del cambio climático para sus recursos y relaciones; identificando las principales fuerzas motrices y presiones que influyen en el cambio ambiental que afecta a la región.

**Capítulo II. Estado del medio ambiente:** Describe el estado del medio ambiente en la región, concentrándose en el análisis de algunos de sus componentes como los patrones de ocupación, biodiversidad y los recursos hídricos e hidrobiológicos.

**Capítulo III. Impactos:** Analiza las modificaciones sobre los servicios ecosistémicos, los impactos sobre la salud humana y la vulnerabilidad de los ecosistemas de la región.

**Capítulo IV. Instrumentos de gestión ambiental:** Desarrolla un análisis de los instrumentos legales y normativos con que cuentan ambos países para desarrollar una gestión ambiental adecuada, los recursos institucionales y de organización social presentes en la región y los instrumentos de política y programas vigentes, sus alcances, limitaciones y falencias.

**Capítulo V. Opciones para la acción y perspectivas futuras:** Presenta elementos que permiten ampliar la discusión sobre el marco de las políticas de desarrollo y la gestión compartida de los recursos de la región, y abre posibilidades a la aplicación de experiencias concretas para aumentar el bienestar y reducir la vulnerabilidad de la región.

El resultado es un informe del medio ambiente de la región con base científica, exhaustivo y actualizado, que se dirige a los Ministros del Ambiente de Bolivia y Perú y a otros entes institucionales competentes, sus asesores, científicos, organizaciones de la sociedad civil, especialmente sus pueblos indígenas, jóvenes, ONG ambientales y el sector empresarial, y los apoya en la toma de decisiones concernientes al medio ambiente.

## Marco conceptual GEO

El GEO Titicaca **utiliza el enfoque metodológico de Fuerzas Motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuestas (FMPEIR)**, que cubre y analiza las interrelaciones entre la sociedad humana y el medio ambiente, haciendo énfasis en los servicios de los ecosistemas y su relación con el bienestar humano.

Las **Fuerzas Motrices** o fuerzas indirectas son definidas como procesos fundamentales en la sociedad (que incluyen los cambios demográficos y los procesos económicos y sociales) y que causan **Presiones** más concretas sobre el medio ambiente (como el cambio en el uso de la tierra, la extracción de recursos, las emisiones de contaminantes y desechos, y la modificación y el desplazamiento de organismos).

Estas **Presiones provocan cambios en el estado del medio ambiente**, que se suman a aquellos que son consecuencia de los procesos naturales. Los cambios ambientales incluyen el cambio climático, el agotamiento del ozono estratosférico, cambios en la biodiversidad y la contaminación o degradación del aire, el agua y los suelos. Dichos cambios se materializan en cambios **en los servicios que el medio ambiente brinda a la humanidad**, como la disponibilidad de aire y agua limpios, de alimentos y de protección de la radiación ultravioleta.

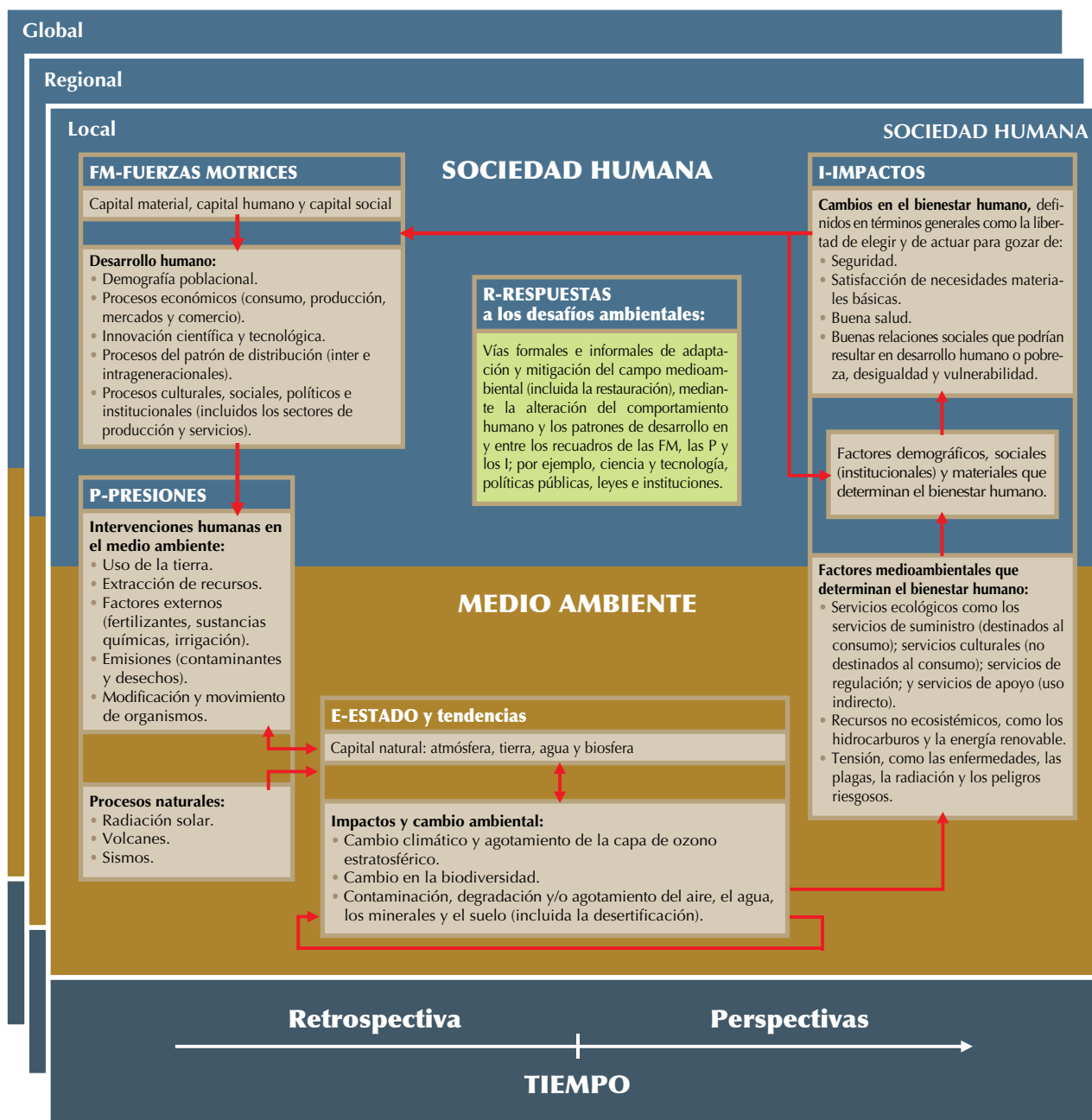




Como resultado de los cambios en los servicios y debido a factores demográficos, sociales y materiales, se generan **Impactos** que **afectan el bienestar humano** (la salud, los activos materiales, las buenas relaciones sociales y la seguridad). Las **Respuestas** incluyen intentos formales e informales de adaptarse a los cambios en

los servicios ambientales o bien reducir las presiones sobre el medio ambiente.

La siguiente figura presenta el marco conceptual FMPEIR usado en el GEO 4 y que ha servido de base para el análisis realizado en el GEO Titicaca.



**Nota para el lector:** En el documento se usan de manera indistinta los nombres de Bolivia y Estado Plurinacional de Bolivia, y no reflejan opiniones políticas del PNUMA o de los autores de este volumen.

## Mensajes clave

- El Sistema TDPS forma parte de la cuenca endorreica del altiplano. Está conformado por las subcuencas del lago Titicaca –el lago navegable más alto del mundo–, el río Desaguadero, el lago Poopó y el Salar de Coipasa. La región ha sido cuna de las más importantes culturas prehispánicas y cuenta actualmente con una enorme riqueza escénica y una diversidad natural y cultural incomparable.
- El Incario, los señoríos Aymaras, Tiwanaku, Uru, Pukara, Chiripa, Wankarani son algunas de las etapas de ocupación y modelación del paisaje cultural, económico, político, social y espiritual que a lo largo de la historia precolombina dominaron la región; honrando a la *Pachamama* –la *Madre Tierra*– principio y fin de todos los intercambios que han permitido sobrevivir a estas colectividades en el centro de un modelo de gestión territorial que llegó a integrar los territorios comprendidos desde la costa del Pacífico hasta la ceja de la selva amazónica; ejercitando la *reciprocidad* entre los diversos grupos humanos, y entre ellos y su entorno natural, en búsqueda de la armonía y el *vivir bien*.
- Sus especiales características geográficas y climáticas lo convierten en un ecosistema variado, complejo y frágil, cuya diversidad biológica –característica del trópico de altura– ha inspirado complejos sistemas productivos y tecnológicos que han hecho posibles insólitos procesos de adaptación y el desarrollo de una agrobiodiversidad cuya importancia ha alcanzado una trascendencia planetaria.
- Sin embargo, la ruptura histórica de los procesos tradicionales y la imposición de sistemas de explotación coloniales comprometieron la sostenibilidad de aquellos sistemas de producción, fundados en una lógica de complementariedad y seguridad alimentaria, amenazando la supervivencia de ese invaluable patrimonio cultural, genético y tecnológico, como lo acreditan los indicadores de bienestar de la región, algunos de los cuales empiezan a verse modificados por las políticas de reciente aplicación.
- La economía del área rural de la región ha pasado de ser predominantemente agrícola a ser predominantemente ganadera, convirtiéndose, sin embargo, en gran medida, en un área expulsora de población; mientras los principales centros urbanos de la región han conocido índices de crecimiento que se encuentran muy por encima de los promedios nacionales, con lo cual, la presión sobre los recursos –y, particularmente, el agua– se ha trastocado seriamente en el lapso de las últimas décadas del siglo pasado, haciendo que los principales problemas que confronta la región tengan que ver con la concentración de la demanda, la disponibilidad y la calidad de este recurso, los déficits de los servicios de saneamiento y la descarga de enormes

volúmenes de aguas residuales sin tratamiento, tanto por los centros urbanos como por las actividades mineras y ganaderas descontroladas.

- Junto al desarrollo empresarial que ha caracterizado el desarrollo del turismo en las últimas décadas, son muchas las comunidades locales que han diversificado la oferta turística tradicional y que, crecientemente, se benefician del crecimiento de este sector cuyo potencial para mitigar los problemas ambientales y fomentar el desarrollo regional es incomparable.
  - Los ecosistemas que abarca el Sistema TDPS vienen siendo severamente afectados por la degradación ambiental, provocada tanto por procesos naturales como antrópicos, entre los que destacan principalmente el vertimiento de aguas residuales mineras y urbanas y las prácticas ganaderas, pesqueras y acuícolas inadecuadas, que se traducen en la contaminación creciente de los cuerpos de agua que conforman el Sistema, pérdida de especies y reducción de hábitat, erosión del suelo y deterioro de los ecosistemas acuáticos. A ello se suman los procesos naturales de desertización y salinización de la cuenca, cuyos impactos, junto a los generados por la actividad minera que por siglos ha operado particularmente al sur del Sistema, han generado aguas altamente salinas y contaminadas por los lixiviados de las colas y desmon-
- tes, con enormes volúmenes de sedimentos; alterando irreversiblemente la naturaleza de los suelos, los cuerpos de agua y el hábitat de la flora y fauna propias de la región.
- Por su parte, el cambio climático ya está provocando un fuerte impacto en la región con tendencias contradictorias pues, por un lado eleva las temperaturas, atenuando los riesgos de heladas con los que ha convivido la tradición agrícola y permitiendo la adaptación de nuevos cultivos en la región, pero, por otro lado, el derretimiento acelerado de los glaciares amenaza con un desbalance hídrico en la provisión de agua y sus previsibles secuelas de sequía e incremento de las presiones sociales asociadas.
  - Los gobiernos de Bolivia y el Perú constituyeron la Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT), otorgándole amplias facultades para organizar la gestión sostenible de los recursos hídricos, hidrobiológicos y la diversidad biológica en el Sistema TDPS, y establecer un régimen normativo y de políticas que permitan mejorar las condiciones humanas sin impactar los críticos equilibrios ecosistémicos. Hoy, a casi veinte años de su creación, la ALT enfrenta el reto de redefinir su estructura y objetivos de trabajo, de manera que le permitan encarar con legitimidad y fuerza el renovado compromiso de ambos gobiernos con los propósitos que le dieron origen.

# Capítulo



**Contexto geográfico, histórico,  
demográfico y socioeconómico**



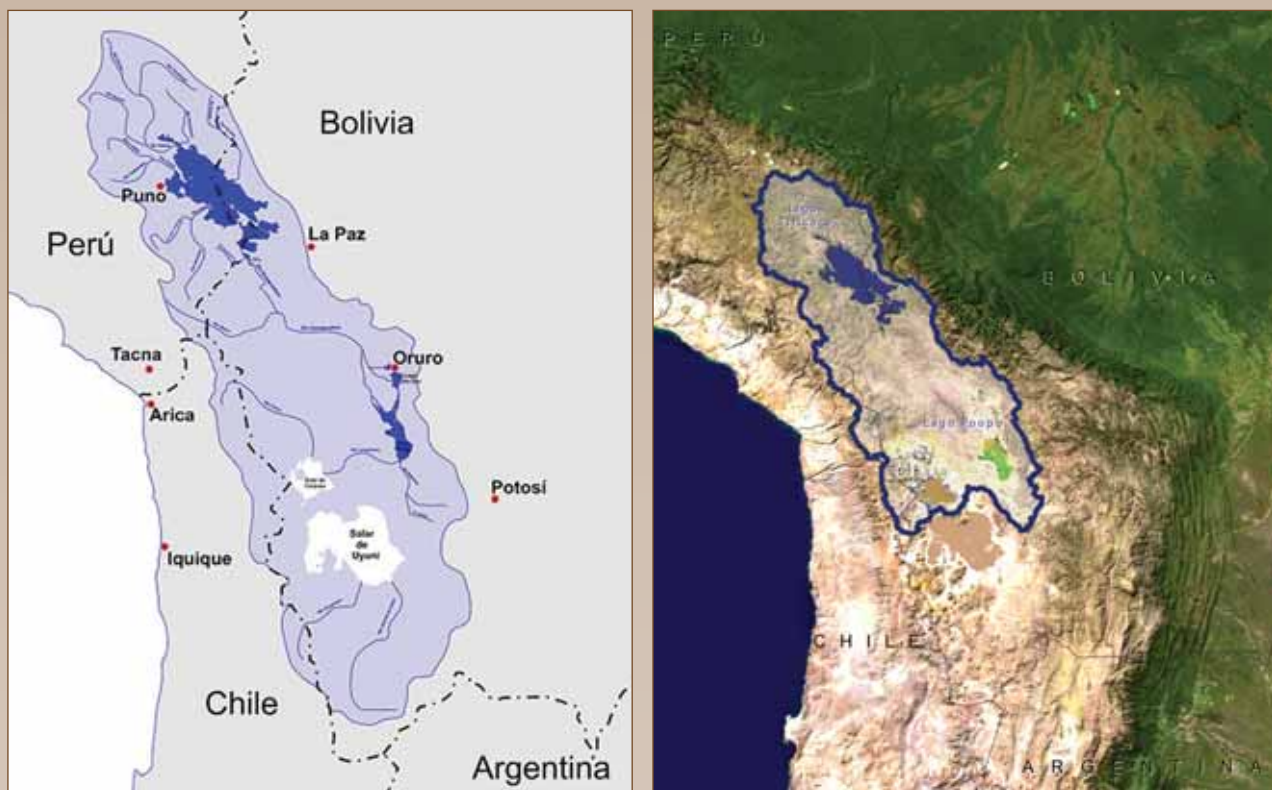
## 1.1 Introducción

A la altura del nudo de Vilcanota, en la cordillera de Apolobamba, los Andes se dividen en dos ramales de origen tectónico y volcánico: por un lado, el Occidental, caracterizado por una cadena de volcanes aislados que corre superpuesta a la línea fronteriza entre Bolivia y Perú por el Norte, y entre Bolivia y Chile por el Sur; y, por otro, el Oriental o cordillera Real, macizo montañoso cuyas cumbres se abren por el oriente hacia la llanura amazónica. Ambos ramales encierran una extensa planicie que alberga a la cuenca cerrada del altiplano (figura 1.1), cuyo elemento central lo constituye el Sistema conformado por el lago Titicaca (T), el río Desaguadero (D), el lago Poopó (P) y el Salar de Coipasa (S), conocido como Sistema TDPS. Esta unidad geográfica se extiende entre los paralelos 14°03' y 20°00' de latitud Sur y los meridianos 66°21

y 71°01' de longitud Oeste, y está enmarcada en un paisaje dominado por picos nevados que superan los 6.500 msnm, la altiplanicie esteparia de los Andes centrales y los salares que parecen mostrar el destino inexorable de este sistema hídrico afectado por un proceso natural acelerado de salinización.

Este ámbito geográfico constituye uno de los ecosistemas más particulares de la geografía mundial, ya que representa emblemáticamente al trópico de altura, con variaciones diurnas extremas de algunos factores climáticos como la radiación solar, las temperaturas y el déficit de humedad, dando lugar a la configuración del ecosistema de "puna andina", con sus espectaculares paisajes de belleza escénica que contrastan con el azul intenso de los cielos que, por la baja densidad atmosférica y alta radiación ultravioleta, se muestran extremadamente diáfanos.

**Figura 1.1.** Cuenca endorreica del altiplano

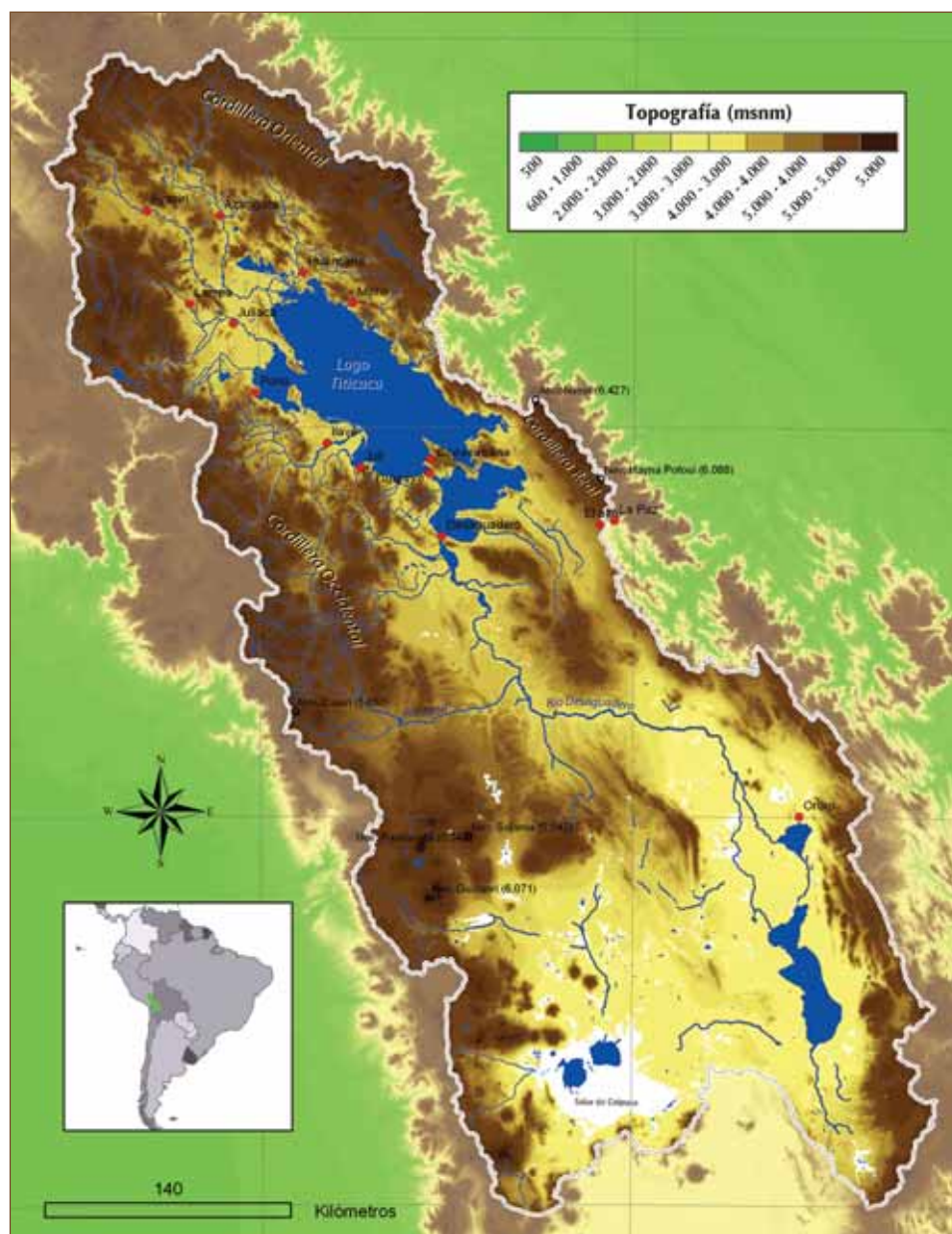


Fuente: Wikipedia, accedida en diciembre 2010 / Lake Titicaca Modis Sensor, 2001 ([www.esacademic.com](http://www.esacademic.com)).

En este contexto físico-biológico, se desarrollaron culturas y asentamientos humanos, que a través de su cosmovisión supieron domesticar especies como la papa y la llama, y estructurar un uso del espacio y de los recursos con criterios de conservación y sostenibilidad, permitiendo el desarrollo de poblaciones importantes que hoy superan los dos millones y medio de personas. Es importante resaltar que, adaptando sus técnicas y su organización social a las frágiles condiciones del medio natural, llegaron a generar sistemas productivos cuya sostenibilidad les permitió perpetuarse por siglos a lo largo de la historia.

Poblado por milenios, este territorio ha conocido diversos tipos de impactos, tanto de carácter natural como antrópico sobre sus tierras, aguas y otros recursos. Así, la superposición de diversas formas y lógicas de organización social y política y el sostenido aprovechamiento de sus recursos naturales, han determinado que el dinámico equilibrio alcanzado durante siglos por sistemas productivos complementarios y estables, con una base territorial ampliada que permitía ciclos prolongados de rotación de parcelas y cultivos e intercambios complejos entre diversos pisos ecológicos, haya cedido ante las funciones y modalidades productivas impuestas por la colonia, primero, el régimen republicano de haciendas, después, y el arrollador avance de las formas mercantilistas y semimecanizadas que ampliaron arbitrariamente las áreas de aprovechamiento, parcelaron la tierra y el territorio antes y después de los procesos de reforma agraria vividos en ambos países entre las décadas de los 50 y 60 del siglo

**Figura 1.2.** Mapa topográfico del Sistema TDPS



Fuente: Misión SRTM 2000. USGS United States Geological Service.  
Elaboración: F.A. Kindgard, Facultad de Agronomía, UBA.

pasado, generándose una degradación de los sistemas productivos y alterándose las formas tradicionales de gestión del agua y la diversidad biológica, sin lograr –pese a todo– destruir totalmente las estructuras comunitarias de organización social que, en muchos casos continúan siendo el principal referente identitario y

cultural y, aunque más débilmente, económico de la región. Por ello, en la actualidad, la región del TDPS se caracteriza por una superposición de sistemas culturales y económicos, en una amplia economía agraria de subsistencia que convive con sectores agropecuarios dirigidos hacia los mercados regionales, nacionales e internacionales, y con una minería orientada al sector externo.

Si ése es el impacto principal que sufrieron las sociedades originarias predominantemente agrarias, hoy es imposible entender la dinámica regional al margen de las transformaciones que han ido transitando gradual pero sostenidamente hacia sociedades crecientemente urbanas y con un nuevo sistema de articulaciones locales, regionales y globales, que se expresan en los órdenes económico, social, político y cultural.

Entre octubre de 1989 y junio de 1993, los gobiernos 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 TDPS. En diciembre de 1992, ambos gobiernos suscribieron un tratado, creando la Autoridad Binacional Autónoma del Sistema TDPS, la que entró en funciones a través de un Comité Ad-Hoc de Transición a partir de julio de 1993.

A casi dos décadas de este proceso, y en este marco de crecimiento sostenido de las amenazas a las condiciones ambientales de la región, la debilidad con la que hasta ahora han operado las políticas destinadas a hacerles frente y las dificultades e insuficiencias de los mecanismos creados para llevar adelante una gestión integrada y sustentable de los recursos de la cuenca, el PNUMA ha recogido el interés de los gobiernos de Bolivia y el Perú para encarar la preparación de este Informe, que intenta poner de relieve los aspectos más sobresalientes de la problemática, las tendencias y presiones que priman en la actualidad y las respuestas que hace falta encarar para revertir los impactos acumulados en un nuevo ciclo virtuoso que comprometa la voluntad

concertada de todos los actores, desde las comunidades rurales y gobiernos locales hasta la Autoridad Binacional del Sistema TDPS (ALT) en la que ambos países han depositado su confianza y expectativa.

En el presente capítulo se analizarán las fuerzas motrices que determinan las tendencias naturales y humanas que afectan hoy en día la situación de esta región.

## 1.2 Descripción geográfica y político-administrativa

El Sistema TDPS forma parte de la cuenca cerrada del altiplano, un sistema de cuencas endorreicas, y tiene una superficie estimada de 143.900 km<sup>2</sup>. Comprende la meseta altiplánica que abarca las alturas del departamento de Puno en el Perú, los departamentos de La Paz y Oruro en Bolivia y una pequeña superficie en territorio de Chile; está encerrada por los dos cordones montañosos en que se divide la cordillera de los Andes en la región, donde a su vez nacen los principales afluentes de cada una de las subcuencas que conforman el Sistema, como se puede apreciar en el mapa topográfico (figura 1.2). Tiene una altitud promedio de alrededor de 3.800 msnm, siendo su punto más alto el nevado Sajama (6.452 msnm) y el más bajo el Salar de Coipasa (3.653 msnm).

**Cuadro 1.1.** Superficie de las subcuencas pertenecientes al Sistema TDPS

Subcuenca	Superficie
Subcuenca del lago Titicaca	56.270 km <sup>2</sup>
Subcuenca río Desaguadero	29.843 km <sup>2</sup>
Subcuenca lago Poopó	24.829 km <sup>2</sup>
Subcuenca Salar de Coipasa	32.958 km <sup>2</sup>

Fuente: Página web de la ALT, accedida en diciembre 2010.



Se distinguen las siguientes unidades geomorfológicas en el Sistema TDPS:

- La tercera parte del área del Sistema está poblada por montañas. A ellas 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 fluvio-lacustre, depresiones, terraza fluvio-lacustre 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.

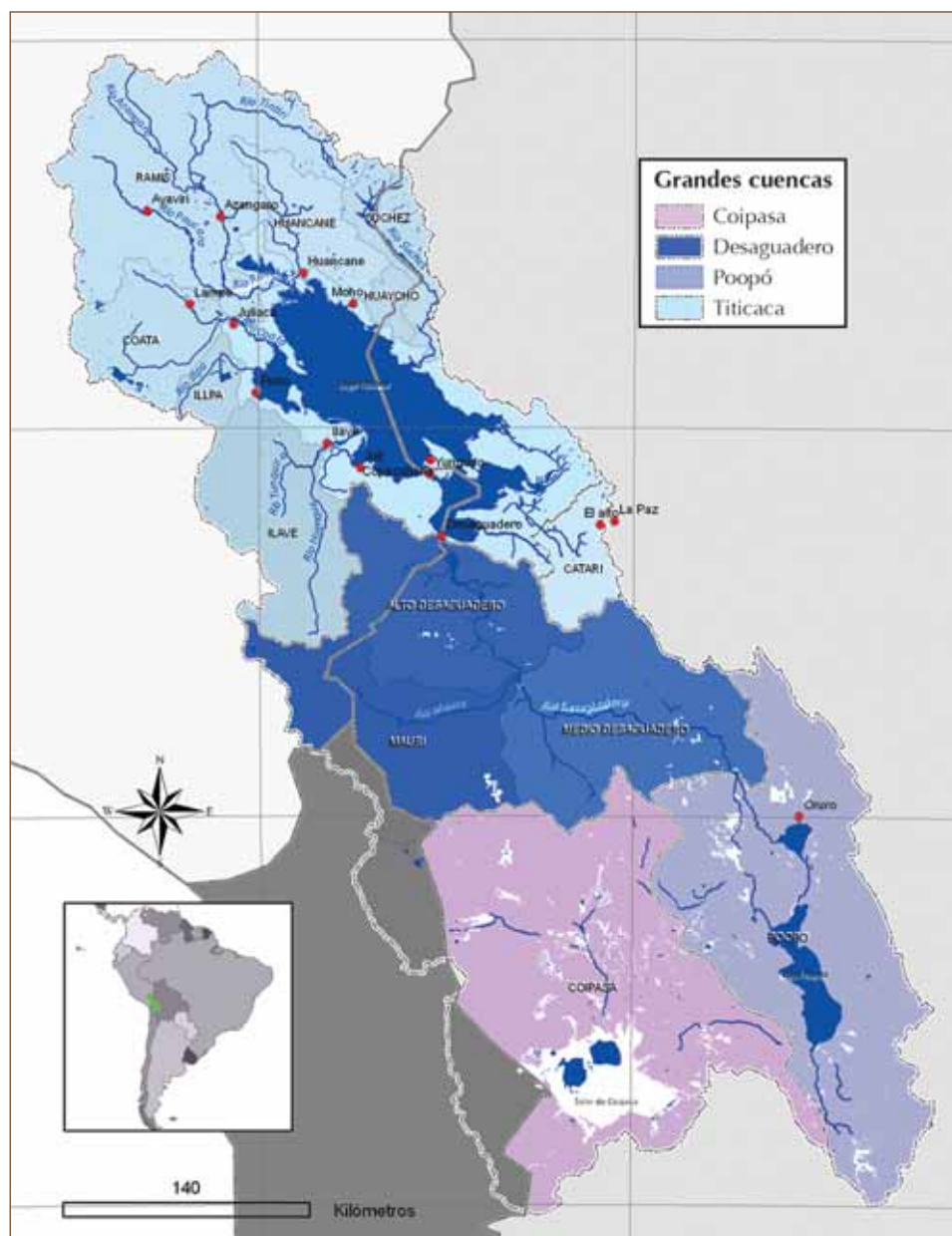
Las superficies de las subcuencas que conforman el Sistema se muestran en el cuadro 1.1 y la figura 1.3.

Esta región geográfica, como se tiene dicho, la integran territorios pertenecientes a tres países, estando su estructura político-administrativa distribuida de la siguiente manera:

- En el Perú, 13 provincias del departamento de Puno, con 92 distritos municipales, que son las unidades de administración local.
- En Bolivia, abarca parte de dos departamentos: La Paz, con 16 provincias y 52 municipios; y el departamento de Oruro con 16 provincias y 35 municipios.

- En Chile, abarca parte de los territorios de la XVª y la Iª Regiones de Arica y Parinacota y Tarapacá, respectivamente, con dos comunas en la provincia de Parinacota y tres en la provincia de Tamarugal; todas ellas en el límite con la frontera occidental de Bolivia.

**Figura 1.3.** Mapa de subcuencas TDPS



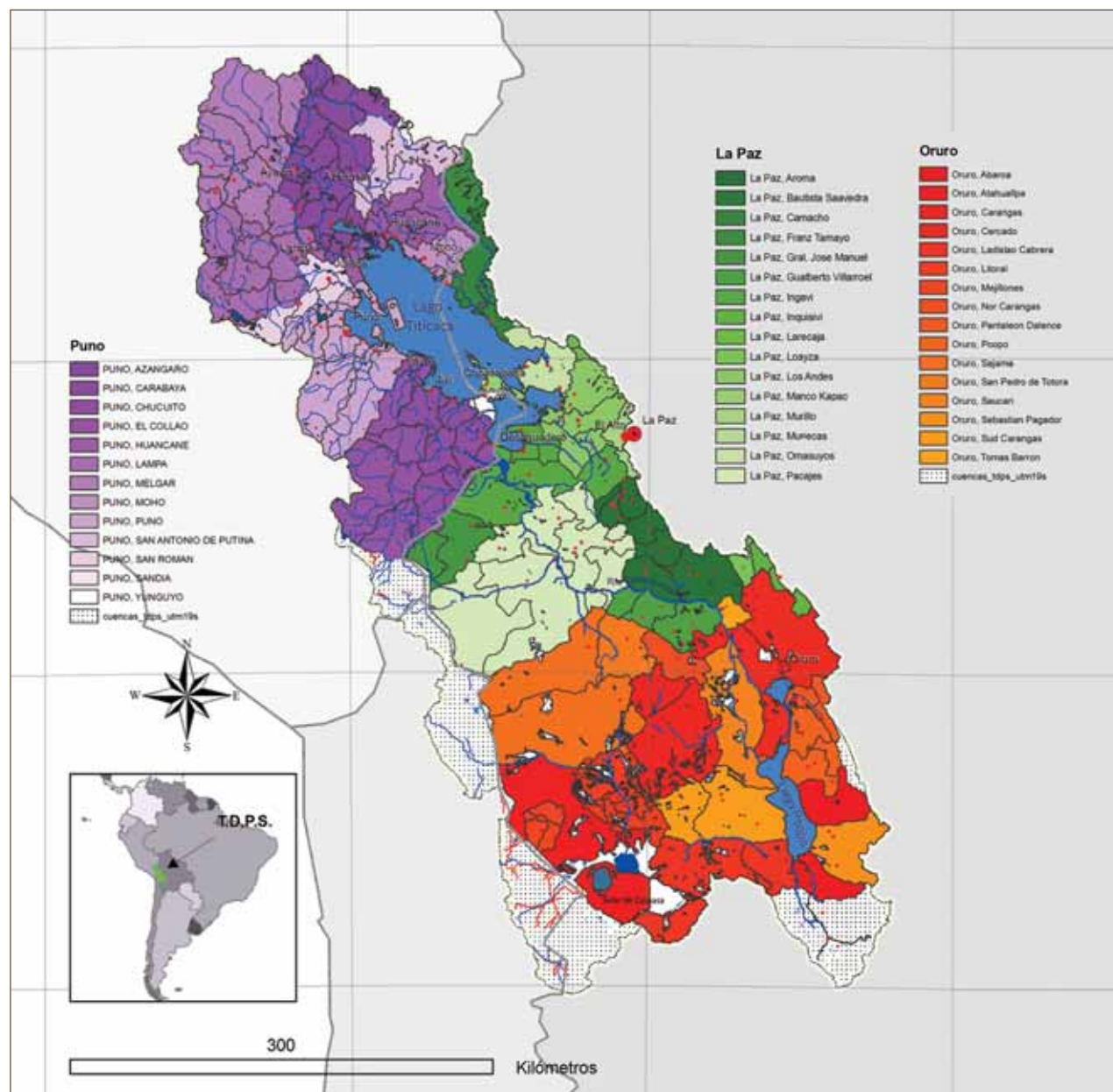
Fuente: Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT).  
Elaboración: F.A. Kindgard, Facultad de Agronomía, UBA.

Sin embargo, teniendo en cuenta que la parcialidad chilena involucrada en la cuenca corresponde a menos del 5% tanto en territorio como en población, para los efectos del presente estudio, se tomará en cuenta únicamente las porciones boliviana y peruana, a las que se circunscribe el acuerdo político binacio-

nal para la administración compartida de la cuenca suscrito por ambos gobiernos en 1992.

El mapa con la distribución político-administrativa que distingue departamentos, provincias y límites municipales en el Sistema TDPS se presenta en la figura 1.4.

**Figura 1.4.** Mapa político-administrativo del TDPS



Fuente: Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT).  
Elaboración: F.A. Kindgard, Facultad de Agronomía, UBA.

### 1.3 Características físicas del Sistema

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 y volcánicos. 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, generando zonas endorreicas de acumulación.

Las unidades geomorfológicas que se presentan dan la configuración del paisaje, conformado por montañas altas de nevados, serranías y colinas intermedias de pendientes medias, terrazas de pie de monte, llanuras y zonas de inundación que se proyectan en cauces de ríos, lagunas y lagos, variando su rango altitudinal entre los 6.500 y los 3.600 msnm.

La configuración geomorfológica da lugar a la formación de una cuenca cerrada o endorreica, conformada por diversas unidades de Norte a Sur. En la parte norte, la cuenca del lago Titicaca, que es la unidad de mayor importancia, con 204 km de largo, 65 km de ancho, un perímetro costero de 1.125 km, una profundidad promedio de 107 m, con una máxima de -283 m y una superficie de su espejo de agua de 8.440 km<sup>2</sup> dividida en dos parcialidades (lago Mayor o Chucuito y lago Menor o Wiñay Marka). El 55% de dicha superficie es de dominio peruano y el 45% restante boliviano. El lago Titicaca tiene concentraciones salinas moderadas y que determinan un potencial de hidrógeno (pH) ligeramente alcalino de 8.

El espejo de agua del lago Titicaca tiene una altitud media de 3.809 msnm, con fluctuaciones estacionales dadas por la variación anual o interanual, según las condiciones de pluviosidad. En sequías extremas su espejo de agua ha alcanzado una cota mínima de 3.806 msnm (diciembre 1943) y en épocas perhúmedas llegó a subir a los 3.812 msnm (abril 1985).

Las sequías y las inundaciones han constituido los riesgos naturales de mayor impacto ambiental, social y económico en la región del TDPS. Durante los años 80, ocurrieron sequías muy importantes en 1982-83 y 1988-89 y, en los años 1986-87, la mayor inundación del siglo pasado. Esta gran inundación anegó 46.000 hectáreas en las riberas del lago Titicaca y ocasionó pérdidas en todo el Sistema TDPS por US\$125 millones.

Esta variabilidad, a la que también contribuyen los desequilibrios 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, plantearon la necesidad de prevenir futuros eventos, llevando a la ALT a definir como una obra prioritaria la construcción de un sistema de compuertas en la embocadura del río Desaguadero que, asociadas a un dragado del primer tramo de su curso (cuya pendiente es prácticamente nula, haciendo que en la época de invierno su flujo llegue incluso a invertirse) permitieran regular y estabilizar el nivel del lago dentro de parámetros seguros para la población y la economía circunlacustre, reduciendo al mínimo su vulnerabilidad.

El resto de las unidades del Sistema se encuentra mayoritariamente en territorio boliviano. El río Desaguadero conecta los lagos Titicaca con el Uru Uru y el Poopó (figura 1.3).

Aguas abajo, a la altura de la región Chuquiña-La Joya, el Desaguadero se bifurca en dos brazos. El brazo oriental mantiene su curso hasta la comunidad de Burguillos, donde se fracciona en dos canales; el primero desemboca en la planicie de Iroko (aguas aprovechables por las actividades mineras en la mina Kori Chaca), y la segunda de trayectoria normal se dirige a Challacollo y Pumanchalla donde existe otra bifurcación, una se dirige al lago Uru Uru y la otra a la parte de los regantes del Choro. El brazo occidental confluye directamente al lago Poopó (Carrasco, 1985; Arce-Burgoa, 2007; ALT, 2008).

El principal afluente del Desaguadero es el río Mauri, que nace en el Perú y arrastra una importante concentración de arsénico y boro luego de que sus aguas atraviesan por unas borateas en la parte alta de la cuenca, lo que constituye un proceso hidroquímico natural que causa la contaminación de sus aguas. El proceso se ve agravado por la disminución de su caudal, aparentemente originado en un trasvase practicado cerca de sus nacientes, para llevar agua fresca a zonas bajas de la región costera de Tacna.

Esta situación se ve aún más complejizada por los procesos de salinización creciente de los suelos de la cuenca media y baja del Desaguadero, que luego se agudizan en las subcuencas del lago Poopó y el Salar de Coipasa, donde llegan a sus críticos extremos. A ello se suma la contaminación por sedimentos de origen minero que se vierten a la cuenca baja del Desaguadero y, aguas abajo, en la cuenca del Poopó, ya que prácticamente la totalidad de sus afluentes (Santa Fe, Huanuni, Poopó, Antequera) han recibido los efluentes de los procesos minero-metalúrgicos que se han desarrollado en la región desde tiempos de la co-

lonia. Esta situación ha comprometido seriamente la situación ambiental y las condiciones de vida de los pobladores de las comunidades aledañas, así como el hábitat de su flora y fauna, habiendo reportado un estudio de evaluación ambiental del lago Poopó y sus ríos tributarios (UTO, FUNDECO, MINCO, Worley Parsons Komex, 2005-2007) concentraciones excepcionalmente altas de metales pesados, que en época seca han superado 32, 20, 125 y 4 veces los valores máximos permitidos en las normativas vigentes de arsénico, plomo, zinc y cadmio, respectivamente.

El clima de la región es semiseco y frío por encima de los 3.800 msnm, con un comportamiento más lluvioso al norte del lago Titicaca y cada vez más seco hacia el Sur, con precipitaciones promedio de 650mm/año con un valor máximo de 800 a 1.400 mm al centro del lago (ALT, 2007); más del 70% de la precipitación se produce durante el verano austral, de diciembre a marzo, cuando el aire húmedo proveniente de la Amazonía, ingresa al altiplano y se descarga en forma de lluvias convectivas (Grace, 1983). El período libre de heladas varía de 180 días libres en la ribera del lago Titicaca, hasta valores de menores de 30 días en la puna seca (figura 1.5).

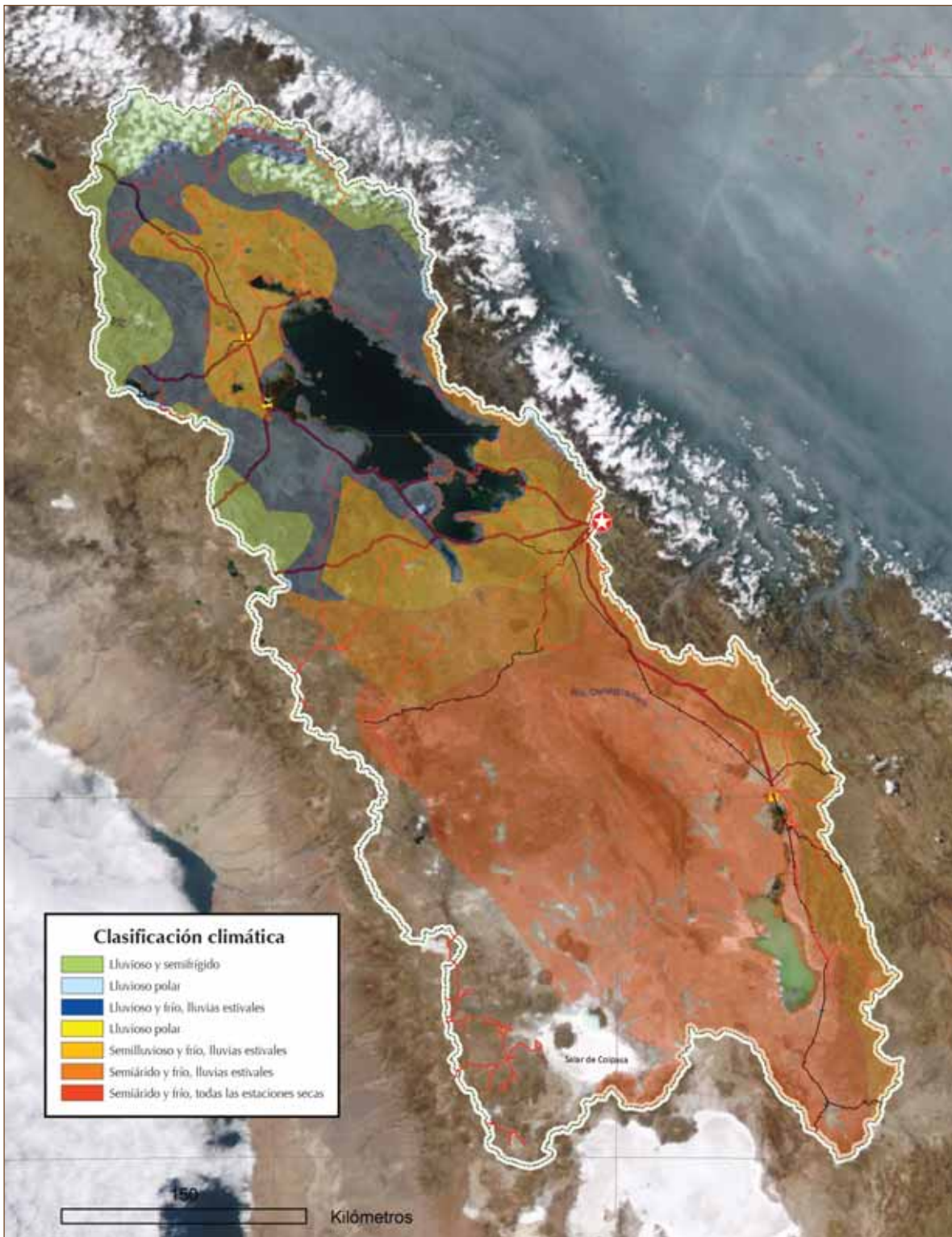
**Cuadro 1.2.** Temperaturas promedio mensuales en el lago Titicaca (Copacabana)

Mes	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)
	Máxima	Mínima	Media	
Enero	15	4	10,7	238
Febrero	15	4	10,7	132
Marzo	15	3	10,3	159
Abril	15	1	9,5	98
Mayo	14	0	8,0	13
Junio	13	-2	6,2	0
Julio	14	-2	5,7	2
Agosto	4	-1	7,4	6
Setiembre	15	1	8,3	33
Octubre	17	2	10,4	16
Noviembre	17	3	10,7	30
Diciembre	16	4	10,3	71
<b>Año</b>	<b>14,2</b>	<b>1,4</b>	<b>9,0</b>	<b>797</b>

Fuente: The Weather Channel, 2011.

En cuanto a las temperaturas del área, en las zonas cercanas al lago Titicaca, el efecto regulador de las aguas determina medias cercanas de 8 a 10 °C en promedio (cuadro 1.2). Hacia el Sur, las medias se elevan un poco debido a la mayor radiación solar directa y menor nubosidad. La limitante más extrema se da en las temperaturas nocturnas, con registros entre 8 a 10 °C bajo cero, llegando en el sector occidental más extremo a 18 a 20 °C bajo cero en invierno, mientras la amplitud diurna es entre 20 a 25 °C.

Figura 1.5. Mapa climático del TDPS



Fuente: Autoridad Binacional Autónoma del lago Titicaca (ALT).  
Elaboración: F.A. Kindgard, Facultad de Agronomía, UBA.

Como es fácil suponer, esta situación favorece la evaporación que, a su vez, influye en los procesos de salinización ya comentados y la desertización de la región.

Estas características generales permiten el desarrollo de una vegetación de pradera de puna, conformada por gramíneas, arbustivas resinosa predominantes, como las tholas, arbóreas como la qeñua y la kiswara, en lugares de microclimas protegidos del viento y la sequedad. En las planicies, una gran mayoría de gramíneas estacionales y plantas adaptadas a la salinidad en las áreas inundables, conforman bofedales para el pastoreo. Existen suelos arenosos que, con la presencia de vientos estacionales, han conformado dunas localizadas. En los cuerpos lacustres se desarrolla la totora en las orillas, el llachu y otras macrófitas que suman 15 especies.

Entre la ictiofauna en lagos, destacan especies nativas de bogas, karachis e ispis, esta última con importantes volúmenes de dispersión en el lago Titicaca, y otras introducidas como el pejerrey y la trucha. En el medio terrestre existen 32 especies de aves entre patos, flamencos y el cóndor andino, hacia las partes altas de la cordillera. Entre los mamíferos se presentan más de doce especies, donde predominan la llama, la alpaca y la vicuña. Entre los reptiles, se encuentran lagartijas, culebras y otros y, entre los batracios, las ranas gigantes del lago.

La configuración fisiográfica, el clima y la vegetación reinante, permiten un patrón de utilización agropastoril con ganado introducido de ovinos y bovinos y camélidos nativos, y la actividad agrícola mayor en territorios del norte. Hacia el Sur con ganadería más extensiva de camélidos, y ovinos y bovinos en forma más limitada. En lagos y lagunas el desarrollo de las pesquerías tiene un rol importante en su aprovechamiento económico, aunque una evaluación de sus impactos es todavía una tarea pendiente.

La figura 1.6 muestra los tipos de suelos de la región según su mayor aptitud, brindando una visión general de las características de ocupación generadas por las

actividades humanas que han modelado el paisaje de la región, los clasifica en:

- Zonas cultivables, 33%.
- Zonas no cultivables (áreas de protección vegetal), 21%.
- Tierras marginales (erosión), útiles para la ganadería, 31%.
- Tierras malas o cárcavas, 13%.

Además de los procesos naturales y mineros ya comentados, muchas de las actividades económicas desarrolladas en la cuenca están siendo afectadas por la contaminación orgánica y bacteriológica del agua, 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 en el río Seco. El problema más grave se presenta en la bahía interior de Puno, donde se ha desarrollado un proceso de eutrofización creciente.

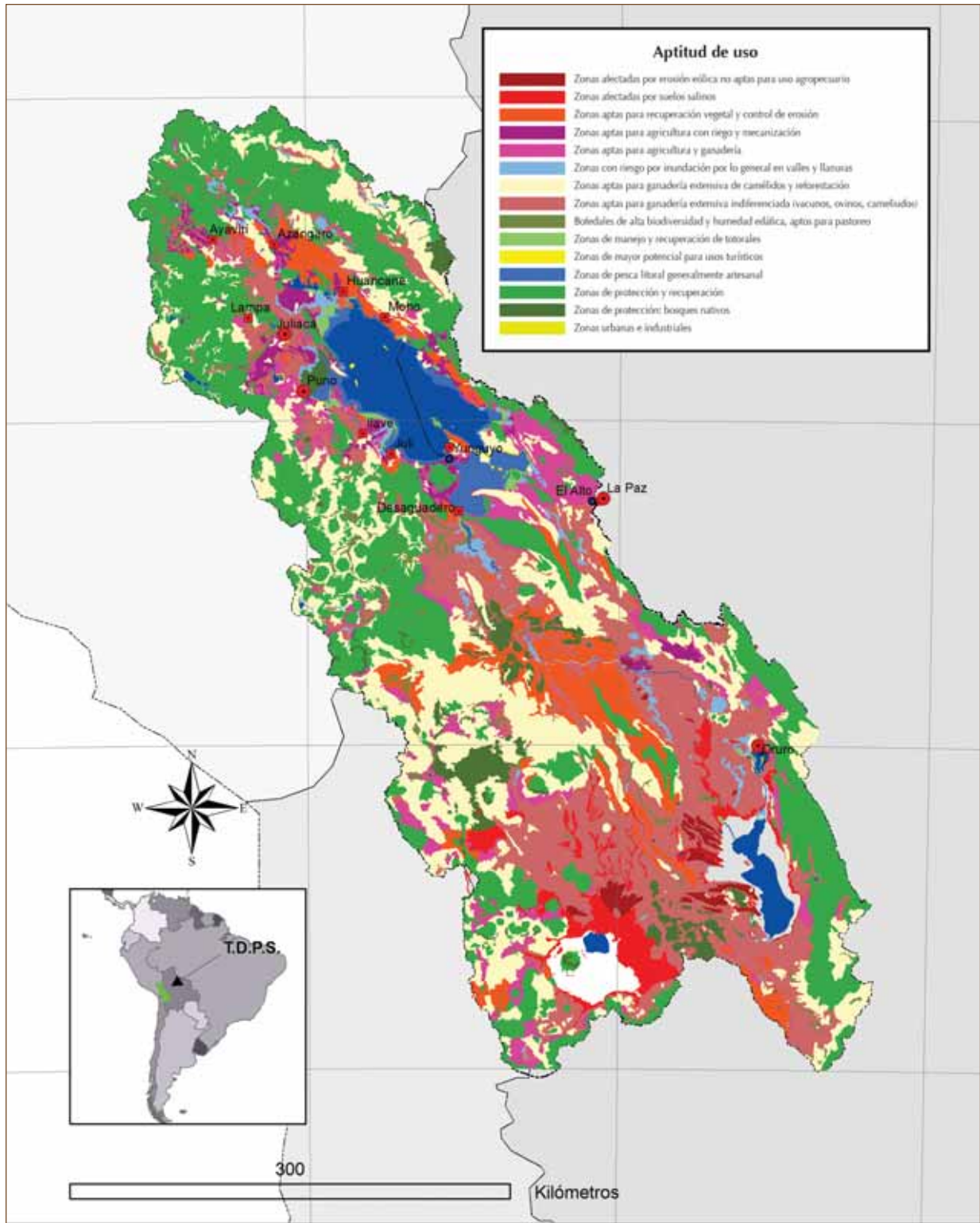
Otro factor limitante de las actividades económicas que se desarrollan en la región lo constituye el proceso de erosión de origen antrópico, que proviene de varios milenios de prácticas agrosilvopastoriles, dejando como consecuencia muchas zonas desprovistas de vegetación natural.

Se observa que por lo menos una tercera parte de las tierras del Sistema TDPS están siendo sobreexplotadas por 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.

## 1.4 Contexto histórico, cultural y social de la región

El análisis del contexto cultural y social de las poblaciones de la cuenca altiplánica implica realizar un barrido histórico para poder entender el devenir de estas poblaciones que, en la actualidad, constituyen el núcleo originario de dos países que, por su composición étnica, podrían ser considerados los más precolombinos del continente.

Figura 1.6. Mapa de aptitud de uso del suelo



Fuente: Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT).  
 Elaboración: Federico Adolfo Kindgard, Facultad de Agronomía, UBA.

En la **Época Prehispánica**, inicialmente fue sede de las culturas Wankarani, Chiripa, Uru, Tiwanaku y Pukara, dedicadas a la agricultura, la pesca y, en menor grado, a la ganadería. Luego, la región fue dominada sucesivamente por señoríos aymaras y el imperio Inka antes de la invasión española.

La población original de la región circundante al lago Titicaca estuvo conformada por los Urus o Uros (aunque se designan a sí mismos como *Nación Qhas Qut Suñi Uros: Gente de las aguas*) primigenios habitantes de esta parte del mundo andino y los Pukina que habitaban la región noreste del Lago, cuya lengua impusieron a los Uru y que posteriormente los Kallawayas la tomarían como lengua ritual de sus prácticas médicas y sanatorias.

**Figura 1.7.** Centro político-ceremonial de Tiwanaku



Foto: Alfonso Alem.

Sobre los orígenes del pueblo Uru existen varias teorías: una lo asocia a la familia *arawak* que habría avanzado desde el Caribe a través de la Amazonía hasta llegar a estas tierras; otra, reclama un origen po-

linesio y una ruta a través del Pacífico, y otra más, afirma que son los actuales sobrevivientes de los Pukina. Como quiera que sea, cuando llegaron los españoles el Uru o Pukina era la tercera lengua de los territorios andinos que hoy cubren Bolivia y Perú. En la actualidad, dentro de los Uru se consideran cuatro divisiones los Uru Chullinis, Uru Iruhito, Uro Muratos y Uru Chipaya. De los Uru Chullinis e Iruhito que vivían en las riberas del lago Titicaca, quedan únicamente algunas comunidades dispersas: al norte del lago, en el sector peruano, los primeros, y a lo largo del Alto Desaguadero, los segundos; el resto ha sido asimilado al entorno aymara circundante. Los Uru Murato tienen también una población reducida y marginada situada en la parte oriental del lago Poopó, y los Uru Chipaya, que habitan el norte del Salar de Coipasa y son los más numerosos, son los únicos que han mantenido en vigencia su lengua, sus formas organizativas y expresiones culturales, constituyendo el pueblo ancestral sobreviviente más antiguo del continente que –paradójicamente– habita una de las regiones más agrestes del planeta.

Aunque las dataciones de la fecha de su origen difieren entre los diversos estudiosos, se puede afirmar que la cultura Tiwanaku (1.500 a. C. - 1.200 d. C.) –la civilización emblemática más longeva de la historia humana conocida– se desarrolló a orillas del lago Titicaca dejando inmensas construcciones megalíticas y sistemas agrícolas complejos, que constituyen el testimonio de una avanzada civilización. Al parecer, la lengua de Tiwanaku fue el Pukina aunque, como puede evidenciarse en el actual sitio arqueológico, se trató de una sociedad multiétnica (figura 1.7). Entre los años 500 y 1.000 d. C. (Período IV), en el centro de su territorio, alrededor de la ribera del lago Titicaca habitaban 250.000 a un millón de personas en las ciudades y áreas rurales (Montes de Oca, 2007); tuvo la primera ciudad planificada de la región andina convirtiéndose en el Estado y capital religiosa más grande del hemisferio occidental, entre cuyos vestigios destacan los templos de Kalasasaya y Pumapunku, la pirámide escalonada de Akapana y decenas de miles de hectáreas de *suka kollos* o *waru warus*. Antes de su inexplicada



desaparición, su arte, cultura y religión se habían extendido a lo largo de gran parte de la región andina, asumiéndose que los aymara procedentes del Sudoeste llegaron a ocupar dicho espacio sometiendo a la población *Pukina* y *Uru* aún existente, y repartiéndolo entre diversos señoríos enfrentados entre sí. Así, se establecieron los Collas al noreste del lago (*Urku Suyu*); los Lupakas entre Puno y Desaguadero en la ribera occidental del lago Titicaca; los señoríos de *Omasuyu* en la ribera oriental; los Pacajes dominando la cuenca del Mauri y el Alto Desaguadero; Karangas en el Lauca, el Bajo Desaguadero y el Poopó, y Killakas la región de Coipasa. Esa sería la composición ocupacional del espacio actual del TDPS hasta la invasión Inka desde el Cuzco entre los años 1440 y 1470, bajo los reinados del Inka Pachacutec y su hijo Túpac Yupanki, cuando se introdujeron la lengua Quechua y diversos grupos de *mitimaes* para la colonización de la región.

La economía precolombina estuvo fuertemente vinculada al aprovechamiento diversificado y sostenible de los recursos naturales de la región, destacándose la gestión territorial que desde muy temprano hicieron sus culturas ocupantes de un espacio muy amplio y diverso, así como por la domesticación de especies vegetales como la papa, la quinua y varios otros cultivos que supieron adaptar a las condiciones extremadamente adversas de suelos, humedad y clima; y animales como la llama, alpaca, conejos, patos y perros. Igualmente sorprendentes fueron las técnicas bajo las cuales lograron aprovechar las condiciones climáticas para la conservación de alimentos (*chuño*) y la parcial inundabilidad de las regiones ribereñas del lago Titicaca con la construcción de camellones (*suka kollo*s o *waru waru*), optimizando la producción agrícola por la vía de aprovechar el microclima que genera debido la gigantesca masa de agua del lago, evitando las heladas y manteniendo adecuados niveles de humedad y nutrientes en los suelos (ver figura 1.8). Las dataciones más antiguas de la utilización de esta técnica en la región son de alrededor del año 100 a. C., aunque existen registros del uso de la misma en los llanos de Moxos (departamento del Beni, Bolivia) que datan de 840 a. C.

No es extraño, pues, que el aspecto que más llamara la atención de los primeros cronistas fuera el sistema de producción como sustento de una poderosa política de seguridad y soberanía alimentaria, pero también de establecimiento de alianzas con los pueblos que sucesivamente fueron sometiendo a la autoridad del Inka.

**Figura 1.8.** *Suka Kollo*s en Tiwanaku



Foto: Alfonso Alem.

En la **Época Colonial**, con la llegada de los españoles en 1532, las comunidades fueron despojadas de sus tierras para ser repartidas entre los recién llegados; se priorizó la explotación de los metales preciosos con una importante movilización de mano de obra indígena hacia las minas y a las encomiendas encargadas de la producción de alimentos, imponiéndose un sistema político-administrativo organizado alrededor de una creciente red de centros urbanos.

En 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 a favor de acaudalados criollos. Este sistema se mantuvo hasta la aplicación de las leyes de reforma agraria de 1953 en Bolivia y de 1969 en Perú. Sin embargo, junto a la lucha por la tierra, las comunidades lucharon por la preservación de sus costumbres, sus sistemas de autoridad y su organización política y productiva.

En las últimas décadas, la región del altiplano se ha transformado en un heterogéneo abanico de unidades productivas de tipo comunitario y familiar, donde se desarrollan predominantemente actividades de agricultura y/o ganadería a pequeña y mediana escala según sea la región, a las que se hará referencia más amplia en los siguientes capítulos de este Informe.

Esta región se caracteriza por la presencia persistente de formas de producción ancestrales y muchas relaciones basadas en la comunidad, entendida como un modo de producción, distribución, forma de organización social, cultural, política y económica. En este espacio geográfico se dan específicas formas de solidaridad que son propias del mundo aymara, como son: la primacía de lo colectivo sobre lo individual, los vínculos intraétnicos fuertemente contrapuestos a los externos, la apropiación del territorio (geográfico pero también el simbólico); que constituyen la forma de reproducción social de la comunidad (Isla, 1992). Estas formas de organización se basan en cuatro principios que sirven para definir de manera abstracta un modo de producción, distribución y consumo, próximo al funcionamiento real de la economía de las comunidades del Sistema TDPS: a) control comunal del medio de producción estratégico, la tierra; b) maximización de las actividades productivas; c) control de la diferenciación interna; y d) la búsqueda del excedente por cada unidad doméstica. Si bien, estas características rigen particularmente la vida rural, no es menor su influencia e inspiración en las relaciones que rigen la vida de las ciudades de la región, cuya población es mayoritariamente indígena.

En cuanto al rol comunal en la producción, las comunidades del altiplano se basan en la tierra, dándose tres tipos tradicionales de tenencia de la tierra: *sayaña*, *aynuqa* y de pastura, a los que se agregan otros dos, producto de la reforma agraria: privadas y de cooperativa. La *sayaña* es la parcela de una familia donde se practica agricultura intensiva. Es, además, la base de su identidad étnica, ya que la relación del hombre con su parcela implica la construcción cultural de la "persona" (*jaqi*), y permite entender la unión entre el hombre aymara y su tierra. Conviene tener las tierras de cultivo divididas para acceder a varios microambientes distribuyendo así su vulnerabilidad, y esto sólo se logra por herencia o mediante el matrimonio entre cónyuges de diferentes zonas de la misma comunidad.

El convertirse en "persona" también le permite a un aymara acceder a otro tipo de tierras: las llamadas *aynuqas*, "del común", "de comunidad" o "de reparto", controladas por la Asamblea, y que son repartidas y rotadas en cada ciclo productivo. Las tierras de pastoreo están por encima de los 4.200 msnm dentro de los límites de la comunidad, donde las pasturas naturales pueden soportar el ganado durante casi todo el año.

Estas formas de producción prevalecen en la zona, pero han sido permeadas por la migración de otros actores hacia estas regiones. Los excedentes que logran los comunarios se invierten en muchos casos en terrenos o edificaciones en las ciudades de El Alto, Puno, Juliaca u Oruro, para que sus hijos puedan estudiar o para acceder a fuentes de trabajo, dejando en algunos casos a las comunidades sin población joven apta para el trabajo agrícola.

Las comunidades se han adaptado a las demandas del mercado para poder sobrevivir, perdiendo prácticas ancestrales de producción para convertirse en muchos casos en monoprodutores; sin embargo, esas prácticas están siendo poco a poco rescatadas principalmente para hacer frente a los impactos del cambio climático.

## 1.5 Aspectos demográficos, sociales y económicos

Actualmente, el Sistema TDPS cuenta con una población estimada de más de tres millones de habitantes. Según el Estudio de Macrozonificación Ecológica y Económica realizado por el ALT, ya para el año 2000, la población que habitaba la región boliviana del Sistema TDPS era de 1.482.436 habitantes, la peruana era de 1.105.126 habitantes y la pequeña porción chilena del territorio del TDPS tenía una población de 9.058. En el anexo 1 se presenta un cuadro con la población total registrada para cada departamento, provincia y municipio de la región cubierta por el TDPS, según los datos de los últimos censos nacionales.

En el cuadro 1.3 se muestran varios de los principales indicadores demográficos y socioeconómicos de la región, que dan cuenta de los equilibrios y desequilibrios que la afectan, tomando para su elaboración la información más actual disponible en cada caso.

En este cuadro se puede apreciar la desigual distribución territorial de la población, situación que es resultado de la acumulación de una serie de factores históricos asociados a los procesos que en las últimas décadas han tenido un impacto significativo en la región. Entre los primeros, se puede mencionar la crisis del paradigma agrario tradicional, que ha producido

un vaciamiento diferenciado del área rural y el crecimiento abigarrado de diversos centros urbanos que han absorbido gran parte de la migración intrarregional, al igual que corrientes provenientes de otras regiones, dada la dinámica alcanzada por las economías locales.

### 1.5.1 Población

En términos generales, se puede apreciar que la población de la región se ha ido desplazando de ser predominantemente rural hace no más de 20 años, al actual equilibrio que muestra la población urbana en ambos casos, aunque dichos porcentajes estén viciados por la distorsión que incorporan los datos de las grandes urbes que existen a ambos lados de la frontera, con lo que podría decirse que la situación de la población rural, a pesar de haber mejorado sus condiciones de vida y su acceso a más y mejores servicios en muchos aspectos, todavía se encuentra por debajo de los estándares de que disfruta la población urbana. Esta valoración tiene particular relevancia a la hora de interpretar los datos sobre densidad demográfica, pues en el caso de Bolivia, la densidad demográfica promedio nacional es de 10 hab./km<sup>2</sup>, mientras en el Perú es de 21,3 hab./km<sup>2</sup>; es decir, en el primer caso la zona del TDPS tiene una concentración poblacional que prácticamente duplica el promedio nacional, mientras en el segundo, ésta se encuentra un poco por debajo de dicho promedio (ver figura 1.9).



Cuadro 1.3. Principales indicadores demográficos y socioeconómicos del TDPS

Descripción	Sector boliviano	Sector peruano	TDPS integrado
Población total (2009B, 2007P)	1.894.245	1.148.112	3.042.357
Densidad (hab./km <sup>2</sup> )	21,7	17,3	21,1
Porcentaje de población masculina	49,8	49,6	49,7
Porcentaje de población femenina	50,2	50,4	50,3
Porcentaje de población rural	53,3	48,6	51,5
Porcentaje de población urbana	46,7	51,4	49,5
Tasa media anual de crecimiento, región TDPS (%)	2,1	0,45	1,5
Población indígena (2001B, 2007P)	83,3	64,9	76,4
Población no indígena (2001B, 2007P)	16,7	35,1	23,6
IDH (2009)	0,54	0,55	0,545
Porcentaje de población pobre	82,7	79,2	81,4
Tasa bruta de mortalidad (por mil)	8,0	6,0	7,2
Tasa global de fecundidad (hijos/mujer)	5,0	3,8	4,5
Tasa de mortalidad infantil (por mil nacidos vivos)	80,5	46,9	67,8
Esperanza de vida al nacer, total (años)	65,8	65,9	65,8
Esperanza de vida al nacer, hombres (años)	64,1	69,3	66,1
Esperanza de vida al nacer, mujeres (años)	68,7	74,6	70,9
Tasa de desnutrición infantil (%)	22,5	29,7	25,0
Viviendas con servicios básicos (%)			
• Energía eléctrica	49,8	51,6	50,5
• Red pública de agua	43,1	26,9	37,0
• Red pública de desagüe	20,9	12,5	17,7
Tasa analfabetismo	16,5	19,7	17,7
Tasa analfabetismo, hombres	4,0	7,3	5,2
Tasa analfabetismo, mujeres	26,7	31,8	28,6
Tasa de asistencia escolar	82,6	86,3	84,0
Nivel de educación alcanzado (%)			
• Secundaria	82,7	85,0	83,6
• Superior	18,1	15,0	16,9
Población en edad de trabajar	1.127.429	760.044	1.887.473
Población económicamente activa	573.240	488.103	1.061.343
Población ocupada (% de la PEA)	545.605	464.474	1.010.079
• Sector Primario (agricultura, caza, pesca, silvicultura, minas y canteras)	33,4	63,1	44,6
• Sector Secundario (industria, manufactura y construcción)	19,2	8,9	15,31
• Sector Terciario (comercio, restauración, hotelería, banca, servicios)	41,2	28,0	36,2
PIB per cápita \$US	1.652	2.050	1.802

Fuente: Elaboración propia, con base en los datos más actuales disponibles.

En cuanto a la tasa de crecimiento de la población de la región, el promedio muestra estar un poco por debajo de los promedios nacionales (1,7% y 1,6%, respectivamente), a pesar de que sus principales centros poblados han superado con creces dichos promedios, lo que se expresa claramente en el índice de crecimiento de la población del segmento boliviano del TDPS (2,1%), magnificado por el fenómeno de El Alto. Por otra parte, el equilibrio entre hombres y mujeres corresponde a los parámetros nacionales aproximados en ambos países.

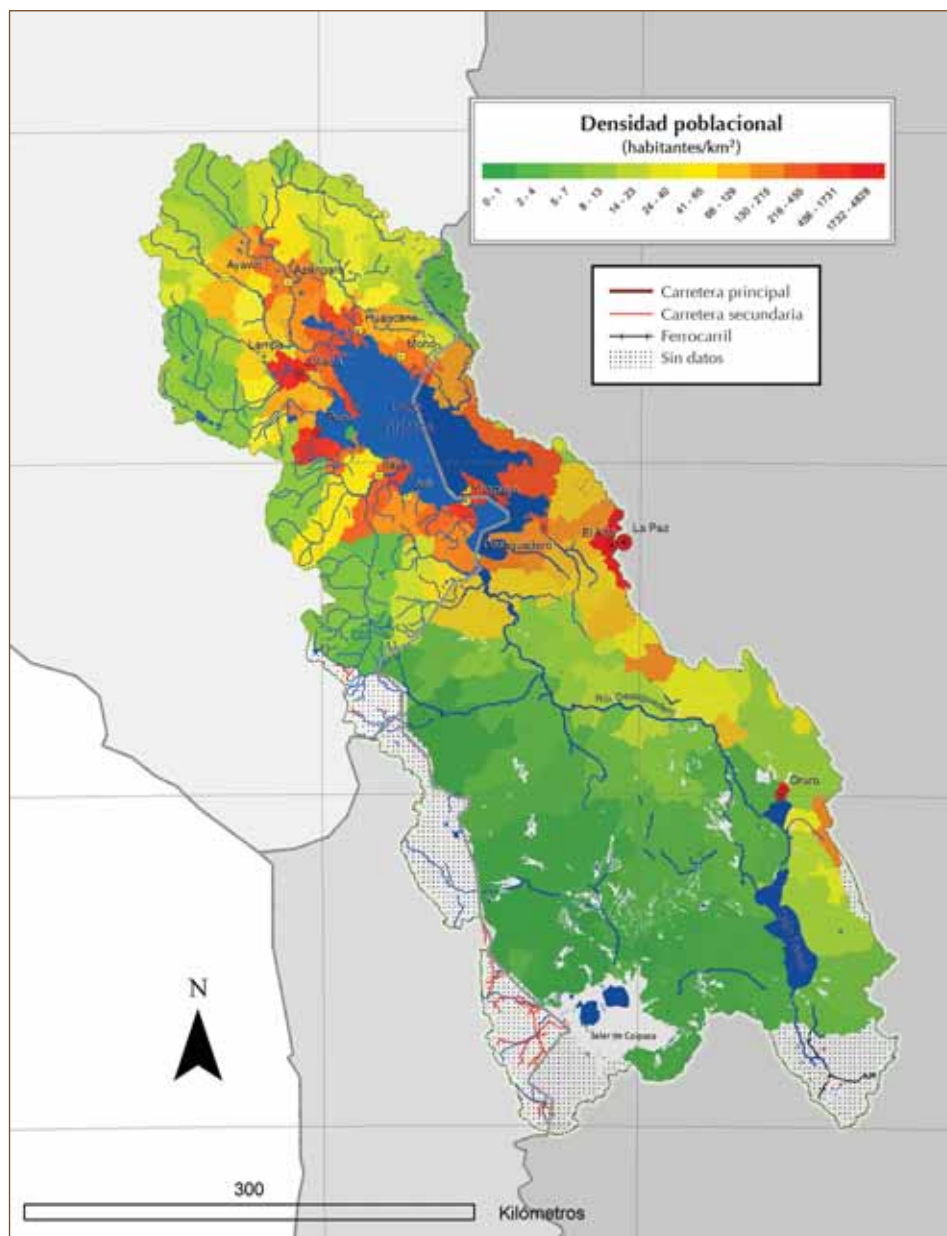
### 1.5.2 Etnicidad y lenguas

Un primer dato que resalta de la información del cuadro 1.3 es la absoluta preponderancia de población originaria que ostenta la región, superando incluso los promedios nacionales (62% en el caso de Bolivia y 30% en el Perú, según datos oficiales), ya que en el segmento boliviano, ésta constituye más del 80% de la población total y en el peruano bordea las dos terceras partes de la misma.

Este dato resulta clave para interpretar los rezagos que existen en la región con respecto a los promedios nacionales, ya que la etnicidad en ambos países ha reforzado hasta ahora las condiciones de exclusión que condicionan el acceso de la población indígena a múltiples servicios y oportunidades.

La figura 1.10 muestra el mapa lingüístico, el mismo que da cuenta de la diversidad lingüística de la región. En la actualidad, podría decirse que el espacio del

**Figura 1.9.** Mapa de densidad demográfica del TDPS



Fuente: Autoridad Binacional Autónoma del lago Titicaca (ALT).  
Elaboración: Federico Adolfo Kindgard, Facultad de Agronomía, UBA.

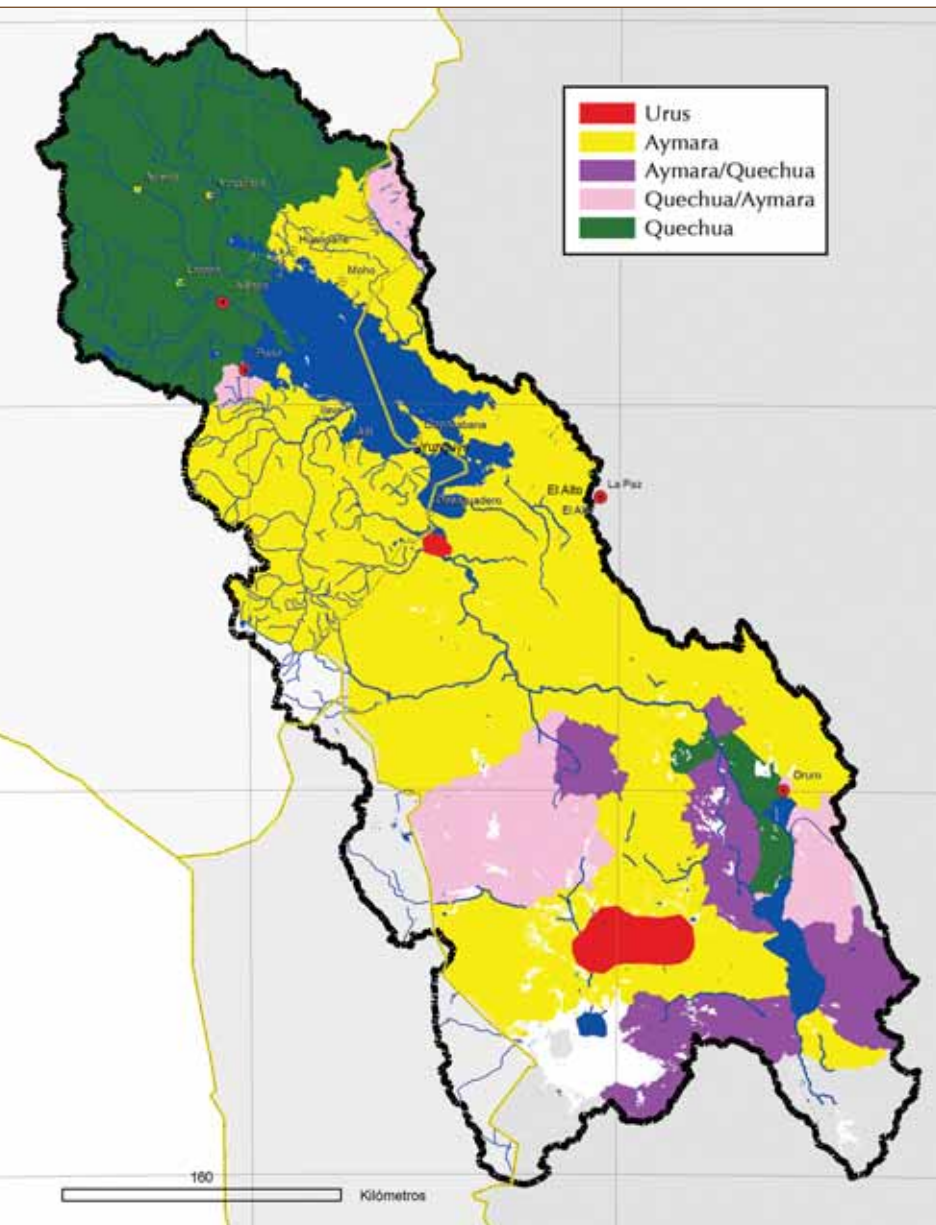
TDPS está poblado mayoritariamente por población aymara, seguida por la quechua, al norte del lago Titicaca y al sur de Oruro; existiendo además pequeñas comunidades del pueblo Uru distribuidas en algunas regiones circunlacustres del lago Titicaca, el río Desaguadero (Iruitos), el lago Poopó (Muratos) y el Salar de Coipasa (Chipayas), y los conglomerados

multiétnicos mayores en sus principales centros urbanos donde el castellano es la lengua común más utilizada por la mayoría de su población.

De cualquier manera, aunque el modo de medir la población indígena en ambos países responde a criterios diferentes, en el caso de Bolivia destaca el dato

de que del total de la población, el 62% es indígena y el 66% urbana (Fundación Jubileo, 2010), siendo así que la mayoría de la población indígena es urbana y la mayoría de la población urbana es indígena, rompiendo los estereotipos existentes en esta materia, que suelen identificar lo "indígena" con una realidad "rural y agraria", predominantemente.

**Figura 1.10.** Mapa lingüístico de Sistema TDPS



Fuente: The UNESCO map of the world's languages in danger, showing 2.500 out of 6.000 tongues at risk, <http://www.muturzikin.com>, Autoridad Binacional Autónoma del lago Titicaca (ALT).  
Elaboración: Federico Adolfo Kindgard, Facultad de Agronomía, UBA.

Como lo anotan varios estudios, la cultura aymara está muy presente en la vida urbana, teniendo efectos en la ocupación del espacio y en los procesos de integración social y económica al interior de las ciudades. Un ejemplo de ello son los centros de residentes u organizaciones de migrantes campesinos en ellas. En tales asociaciones los migrantes encuentran un espacio para reafirmar su identidad originaria en la ciudad y generar redes de solidaridad entre nuevos migrantes, cuya ya difícil inserción laboral se suma a la persistente discriminación cultural. Al mismo tiempo, se debe resaltar que en este proceso la cultura aymara va integrando nuevos rasgos culturales y sociales más urbano-mestizos, que a su vez son transmitidos a sus zonas rurales de origen (PNUD, 2003).

### 1.5.3 Alfabetismo y educación

Los datos de los últimos censos revelan que la población mayor de 15 años que no sabía leer ni escribir era del orden del 19,7% (INEI, 2007) en el sector peruano del Sistema TDPS y del 16,5% (INE, 2001) en el lado boliviano, cifras que se encontraban muy por encima de los promedios nacionales (6,49% y 13,7%, respec-

tivamente). En este aspecto, cabría enfatizar que a pesar de ser las lenguas nativas oficiales en las regiones respectivas de ambos países, la estructura del sistema educativo tiene una crónica deformación castellanizante, lo que constituye un obstáculo evidente para superar esta situación, particularmente en el caso de la población femenina. Sin embargo, esfuerzos recientes de los gobiernos han contribuido a disminuir estos rezagos significativamente, por ejemplo, el programa “Yo sí puedo” del gobierno boliviano redujo la tasa general de analfabetismo por debajo del 4%, habiéndose declarado al país libre de esta deficiencia.

En cuanto a los datos de escolaridad, se puede apreciar que en ambos países se tienen tasas de asistencia escolar por encima del 80%, situándose ésta por encima del 95% en la educación primaria. Otro dato relevante, en el que se percibe el esfuerzo nacional de las últimas décadas, es el de la población que logra concluir la educación secundaria, aunque los datos correspondientes a la educación superior muestran todavía un enorme rezago, incluso frente a los promedios nacionales.

### 1.5.4 Salud y nutrición

En cuanto a los indicadores de salud, la región presenta índices que se encuentran claramente por debajo de los promedios nacionales, aunque nuevamente los promedios encubran la situación diferenciada que se da al interior de la región. Así por ejemplo, la tasa global de fecundidad (TGF) promedio para la región es de 4,5 hijos por mujer; sin embargo, la TGF de la población rural resulta siendo el doble de la que muestra la población urbana.

Lo propio ocurre con los otros indicadores que se ha incluido en el cuadro 1.3, a lo que habría que añadir que, junto con la diarrea y la desnutrición, las enfermedades respiratorias, especialmente la neumonía, constituyen una de las principales causas de mortalidad en la infancia y la niñez.

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el Sistema TDPS Perú, 29,7% de los niños menores de 5 años adolecen de desnutrición; situación que erosiona severamente su real capacidad de crecimiento y desarrollo. En el caso de Bolivia, esta cifra se sitúa en el 22,5%. Sin embargo, cabe preguntarse si la construcción de estos indicadores tiene en cuenta el factor cultural y se adecúan a los parámetros de bienestar prevalecientes en las condiciones ambientales de la región.

En cuanto a otro tipo de patologías propias de la región, son significativas la prevalencia de silicosis en las áreas mineras y el *sorojche* o “mal de altura” que afecta principalmente a visitantes temporales que provienen de regiones de menor altitud y no poseen las condiciones de adaptación a la menor concentración de oxígeno en el aire.

### 1.5.5 Servicios básicos

La disponibilidad de agua potable y alcantarillado está limitada a los principales centros urbanos y es casi inexistente en los pequeños poblados de la zona rural. En 1981, únicamente el 8,9% de la población en el sector peruano contaba con servicios de distribución de agua potable, siendo 32,5% de la existente en el área urbana y no significativa en el área rural. Para 1990, sobre el total de viviendas particulares (234.297) en las principales ciudades, sólo el 30% de las viviendas se servía mediante red pública. Las viviendas restantes se abastecían de pozos, acequias y/o manantiales. En el 2009, el volumen de producción de agua para los principales núcleos urbanos se estima en 16.362.584 m<sup>3</sup> (EMSA-Puno, EPS SEDA-Juliaca, EMAPA-Yunguyo) lo que, sin embargo, llega a cubrir únicamente al 26,9% (cuadro 1.3) de la población a través de conexiones domiciliarias, está mostrando un rezago también en las redes de distribución de agua potable. En el caso de la población boliviana servida con instalaciones de agua potable, el indicador llega al 43,1% del total regional.

En cuanto al servicio de desagüe, algo más de la tercera parte de los hogares del sector peruano del TDPS no cuenta con servicios higiénicos conectados a ningún mecanismo de disposición final, únicamente un 19,8% tiene conexión a la red pública de alcantarillado desde su vivienda, y un 29% tiene pozo ciego. Por su parte, únicamente el 20,9% de la población boliviana de la región cuenta con conexión a algún servicio de drenaje.

### 1.5.6 Pobreza e índice de desarrollo humano (IDH)

La población del Sistema TDPS, en su mayoría, exhibe indicadores de pobreza de alrededor del 80%, que se encuentran por encima de los promedios nacionales (54,8% para el Perú y 59,3 para Bolivia); su acceso relativo a servicios de salud, educación y los servicios básicos, determinan que se trata de población en condiciones de vulnerabilidad, que tiene entre otras limitantes estructurales el grado de dispersión de la población rural y el desorden y aceleración del crecimiento de su población urbana.

Como resultado de la combinación de los indicadores de alfabetismo, asistencia escolar, esperanza de vida al nacer e ingreso familiar per cápita, el índice de desarrollo humano (IDH) para el departamento de Puno (PNUD, 2007) llega a 0,55, mientras en la región bo-

liviana del TDPS, el promedio de sus municipios está en el orden del 0,54, lo que implica que la región en su conjunto cuenta con un nivel de desarrollo humano medio, aunque por debajo de los índices nacionales respectivos.

Estos datos confirmarían el hecho de que la información oficial que habla de porcentajes de ocupación superiores al 95% de la población económicamente activa (PEA), estaría ocultando una realidad en la que el empleo informal únicamente encubre una situación de pobreza y necesidades básicas insatisfechas bastante generalizada.

### 1.5.7 Actividades productivas

Esta evolución demográfica de la región está marcada por el tránsito de una economía local predominantemente agrícola y pesquera a otra signada por la diversificación, con la preponderancia del desarrollo ganadero y la industria láctea y la irrupción del turismo en la subcuenca del lago Titicaca; el sostenido y creciente impacto de la minería; la paulatina sustitución de la pesca artesanal por el desarrollo de la piscicultura; todo ello en el marco de un crecimiento permanente de los servicios de transporte y el comercio articulados con el desarrollo de los principales centros urbanos de la región: las ciudades de El Alto y Oruro en Bolivia, Puno y Juliaca en el Perú, y las dinámicas localidades intermedias.





### 1.5.7.1 Sector agropecuario

Actualmente la actividad agrícola mayormente se realiza en las zonas circunlacustres, por las características climáticas, con microclimas más benignos, con mayor humedad disponible y con producción más intensiva. Está orientada a la producción de alimentos, destacando los cultivos de tubérculos (papa, oca), pseudocereales (quinua, cañahua), leguminosas (habas, arvejas) y cereales como la cebada y avena; siendo el principal producto la papa, cuyo aporte al valor bruto de la producción agrícola es del 29,7%. En la actividad pecuaria, resalta la producción de carnes, leche, lana y fibras, destacando la producción de carne de vacuno y ovino que en conjunto representan el 65% del valor bruto de la producción (VBP) pecuaria, mereciendo especial atención la explotación de derivados lácteos por su dinamismo creciente y sostenido en los últimos años. Esto se da hacia el norte del Sistema, ya que al ser más húmedo la opción de mayor cantidad de pasturas permite una ganadería de bovinos y en menor medida de ovinos.

Hacia el sur del Sistema, la aridez de la cuenca determina el reemplazo del ganado bovino por el ovino con pastoreo extensivo y, además, los hatos están mezclados con ganado camélido, de llamas y alpacas principalmente.

Sus sistemas de producción son especialmente vulnerables, debido a que el fraccionamiento de pequeñas parcelas de tierra, la lógica del mercado, y la tecnología empleada han roto los sistemas tradicionales de rotación de parcelas, reposición de nutrientes, uso de los espacios con menores limitantes climáticas, asociación de cultivos, manejo de la diversidad específica y otros.

### 1.5.7.2 Sector pesca y acuicultura

Éste es un sector que ha sido fuertemente afectado por dos fenómenos: la sobrepesca y la introducción de especies carnívoras exóticas que han afectado grandemente a la biomasa de especies nativas. Las capturas

han tenido enormes fluctuaciones en las últimas décadas, y hoy la actividad de producción de trucha en granjas acuícolas, que no termina de eliminar las causas del deterioro de la riqueza ictícola de la cuenca sin provocar nuevas amenazas, desplaza gradual pero sostenidamente a la pesca artesanal, aunque nunca ha dejado de ser una actividad importante para las comunidades circunlacustres.



Foto: Albatros Media, A. Belaguer.

### 1.5.7.3 Sector turismo

Otra actividad que viene creciendo en la zona es la actividad turística controlada desde las ciudades de La Paz y Puno, con un intenso flujo binacional de visitantes nacionales y extranjeros.

En el sector peruano, la ciudad de Puno y sus alrededores han dejado de ser únicamente un lugar de tránsito entre Cuzco y La Paz, para convertirse en un destino en sí mismo; mientras en Bolivia, Copacabana y las islas del Sol y de la Luna constituyen el principal destino turístico del país desde hace más de medio siglo.



Foto: Albatros Media, A. Belaguer.

Hacia el sur del sistema, se tienen los glaciares de la cordillera Real, los Parques Nacionales de Sajama y Apolobamba, la *puya raimundi* y las canteras de Comanche, entre otros. Tiwanaku es famoso por restos arqueológicos de su centro político y ceremonial, y Oruro por su tradicional carnaval. Estos dos últimos han sido declarados por la UNESCO como Patrimonio Artístico y Cultural de la Humanidad.

#### 1.5.7.4 Sector minería

En el Sistema TDPS, dado su enorme potencial mineralógico, se ha venido desarrollando una intensa actividad de explotación minera informal de la riqueza aurífera en la Región Norte (especialmente en las cuencas del Ramis y del Suches), y de los minerales tradicionales (cobre, estaño, plomo, plata, oro y zinc), en la Región Sur (el Medio y Bajo Desaguadero y la cuenca del Uru Uru y el Poopó). Además de los yacimientos nuevos y viejos que se encuentran en explotación por parte de empresas

públicas y privadas, existe un sinnúmero de cooperativas mineras y de trabajadores independientes que participan de esta actividad bajo diversas modalidades, aprovechando incluso las altas concentraciones de las colas y desmontes de explotaciones más antiguas.

Desafortunadamente, ésta es una actividad que ha carecido de una labor de fiscalización y contraloría ambiental eficaz, por lo que sus impactos han crecido con los años sin que autoridad alguna haya tenido la capacidad de establecer los límites permisibles. Por otro lado, teniendo la cuenca fronteriza del río Suches un enorme potencial para la explotación aurífera, en tiempos recientes, han proliferado los eventos de penetración de mineros furtivos peruanos que han cruzado la frontera con el propósito de aprovechar esta riqueza llegando, incluso, a desviar el cauce del río, generándose conflictos locales sobre los que las fuerzas armadas bolivianas y las cancillerías de ambos países expresaron su preocupación.

## 1.6 Evolución de relaciones y políticas binacionales

Un hecho trascendental para el Sistema TDPS lo constituyó la voluntad política de Perú y Bolivia de generar una gestión compartida de sus recursos hídricos, ya que al ser una ecorregión frágil, donde el agua representa la variable de desarrollo del Sistema, cualquier alteración que afecte el equilibrio dinámico de la misma, generaría grandes efectos en el corto, mediano y largo plazo.

Para el manejo concertado del Sistema se creó la Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT), mediante notas reversales de diciembre de 1992 y mayo de 1993, creándose el Estatuto de la ALT en el cual se plantean los objetivos, funciones, ámbitos de competencias y responsabilidades legales. Es el organismo responsable de organizar, dirigir, normar, coordinar y ejecutar actividades y de conservar la documentación que se genera de las diversas actividades que se desarrollan.



Foto: Albatros Media, A. Belaguer.

Entre los primeros logros obtenidos, se cuenta el estudio conjunto de todo el sistema hidrológico, con el fin de interpretar la dinámica hídrica del sistema y sus posibilidades de aprovechamiento concertado. En este sentido, y teniendo en cuenta que más del 90% de las aguas de recarga anual del sistema se pierden por evaporación, infiltración o escurrimiento, se definió que los eventuales excedentes de agua susceptibles serían aprovechados por ambos países a partes iguales. Sin embargo, la ALT no generó mecanismos que le permitieran asegurar este compromiso de los países, habiéndose dado diversas formas de aprovechamiento inconsulto de caudales en las diferentes subcuencas, con la consiguiente generación de impactos ambientales y tensiones sociales y políticas; lo que llevó a los presidentes de ambos países a reafirmar su compromiso para que cualquier aprovechamiento se dé “única y exclusivamente en función de acuerdos y decisiones bilaterales y dentro de las políticas de preservación del medio ambiente, con la finalidad de asegurar un desarrollo local sustentable y excluyendo todo aprovechamiento o desvío unilateral de sus aguas”<sup>1</sup>, garantizando la sustentabilidad del recurso agua y cualesquiera de los diversos componentes ecosistémicos.

Otro paso significativo lo constituye el registro de los lagos Titicaca, Uru Uru y Poopó en la Convención Ramsar, de humedales de importancia internacional, aunque hasta el presente no se ha avanzado significativamente en la elaboración e implementación de los respectivos planes de manejo en ninguno de los dos países.

En la actualidad y luego de evaluar el desempeño de la ALT, no desprovisto de dificultades y altibajos, ambos gobiernos han ratificado la vigencia de su interés por relanzar los objetivos de creación de la Autoridad Binacional, comprometiéndose a la actualización de su marco institucional y estatutario y a dar renovado impulso a las tareas que, a casi dos décadas de su origen, continúan como tareas pendientes<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Acta de acuerdos suscrita por los presidentes Evo Morales y Alan García, reunidos en el Puerto de Ilo el 19 de octubre de 2010.

<sup>2</sup> *Ibíd.*

## 1.7 Cambio climático

El cambio climático, según la localización geográfica, afectará (entre otros impactos de igual gravedad) a la disponibilidad del agua, la salud por la ampliación en la distribución de vectores transmisores de enfermedades; provocará mayores inundaciones, pérdida de glaciares, sequías, tormentas, heladas, poniendo de esta manera en riesgo la seguridad alimentaria en ambos países, cuyas comunidades más pobres dependen directamente de los recursos naturales.



Foto: Albatros Media, A. Belaguer.

En el caso del Sistema TDPS, algunos estudios como los realizados por el Programa Nacional de Cambios Climáticos de Bolivia (1997) y el SENAHEMI (1998), predicen que los escenarios climáticos futuros en la cuenca del altiplano presentarán incrementos de temperatura, con sus consecuencias de aridez y de ma-

yores precipitaciones en la época lluviosa. Según el último informe del Servicio Nacional de Hidrografía Naval (SNHN), el nivel del lago Titicaca descendió más de lo esperado: se preveía que los niveles bajaran hasta un máximo de 10 a 15 centímetros; sin embargo, el 26 de noviembre de 2010, el agua descendió hasta 17 centímetros por debajo del nivel de “alerta por sequía” (El Diario, 04.12.10).

En los ecosistemas agrícolas, los estudios de vulnerabilidad al cambio climático muestran que una probable elevación de la temperatura de hasta 2 °C, no se traduciría en serias lesiones al ecosistema cultivado en caso de ir acompañadas de incrementos de precipitaciones e incluso, como en el caso del altiplano, favorecería al desarrollo de los cultivos, siempre que se apoye con opciones de adaptación tales como la incorporación de sistemas de riego y mejoras de las actividades culturales. Sin embargo, de producirse una disminución de la precipitación aun sin incremento de temperatura, los efectos negativos serían catastróficos no sólo en forma directa e inmediata sobre la producción, sino con serias consecuencias a largo plazo, tales como el deterioro irreversible del ecosistema.

Los aumentos en la temperatura incrementan los niveles de evapotranspiración, inclusive tomando en cuenta los altos valores de radiación solar en la cuenca. Los cambios en el régimen hidrológico pueden tener efectos en los niveles de erosión hídrica. Sin embargo, en lugares donde la evapotranspiración es fuerte, los efectos del cambio climático pueden traer consigo mayores niveles de salinización y aridez de los suelos aumentando también los niveles de erosión eólica.

En cuanto a los efectos sobre los ecosistemas de montaña, el cambio climático ya es perceptible en la reducción global de glaciares. Con esta clara tendencia, los ecosistemas de montaña están destinados a recibir menos nieve, disminuir su balance de agua y, en algunos casos, a sufrir alteraciones radicales de las condiciones hidrológicas que serán causa de un fuerte estrés de especies andinas y subandinas.

En la región andina se ha observado una disminución progresiva de los glaciares desde comienzos del siglo XX. Pero a partir de fines de los años 70, se constata una fuerte aceleración: en 30 años, algunos glaciares se han descongelado tres veces más rápido que desde comienzos del siglo. El caso más elocuente –vinculado, además, al TDPS– es el glaciar de Chacaltaya, actualmente casi desaparecido.

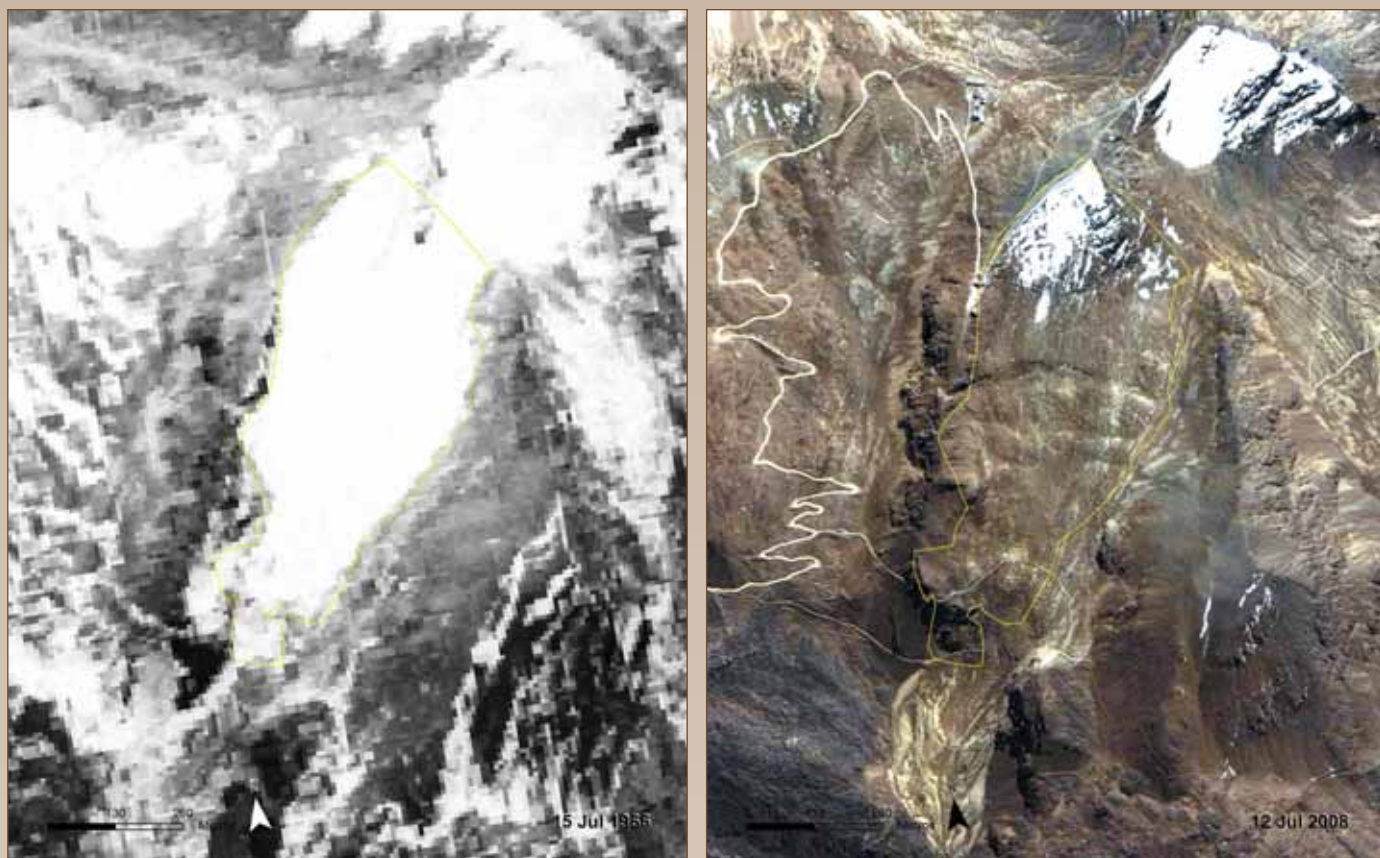
En el Sistema TDPS, el 4,86% de la superficie se encuentra en alto riesgo de vulnerabilidad frente al cambio climático y el 22% se encuentra en grado de vulnerabilidad media. Las áreas vulnerables coinciden con las áreas de mayor densidad de población dentro del Sistema como tal, aunque las poblaciones huma-

nas asentadas en el sistema, en general, se encuentran en riesgo permanente (ALT, 2008).

Como consecuencia del cambio climático, en los últimos años la estacionalidad de las épocas lluviosas y secas se ha visto alterada, poniendo en riesgo el sistema ecológico de la cuenca. De continuar el proceso, aumentará la salinidad del lago Titicaca, habrá problemas de escasez de agua en la parte baja de la cuenca y se generará mayor presión social sobre el Sistema TDPS.

La figura 1.11 muestra la reducción del área promedio del glaciar de Chacaltaya, situado a 20 km de la ciudad de El Alto, entre 1966 y 2008.

**Figura 1.11.** Glaciar Chacaltaya



Fuente: Catálogo de imágenes satelitales del Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE). Consultado en 2010, [www.dgi.inpe.br/CDSR/](http://www.dgi.inpe.br/CDSR/), Google Earth; 2011, [www.googleearth.com](http://www.googleearth.com).

Elaboración: F.A. Kindgard, Facultad de Agronomía, UBA.

# Capítulo

# 2

Estado del medio ambiente



## 2.1 Ocupación del territorio

### 2.1.1 Patrones históricos de ocupación

La situación ambiental del Sistema Titicaca, Desaguadero, Poopó y Salar de Coipasa (TDPS) está estrechamente relacionada con la dinámicas sociodemográficas, económicas, político-institucionales y científico-tecnológicas, las mismas que establecen procesos que condicionan los cambios en los patrones de uso de los recursos naturales, diversidad biológica, y los consecuentes impactos ambientales que afectan directamente a los servicios ecosistémicos.

La dinámica económico-productiva, en respuesta a la demanda de los mercados, genera una presión hacia el uso intensivo de los recursos naturales en la región, fundamentalmente en el suelo y sus cambios de uso. La expansión agrícola, ganadera, comercial y el crecimiento de centros urbanos han fomentado en años recientes el avance de un modelo de producción que no considera criterios de sustentabilidad en el aprovechamiento de los recursos de la cuenca y que resulta perjudicial para el ambiente, con la consecuente pérdida y degradación de bienes y servicios ecosistémicos.

A través de la historia de la humanidad, la problemática ambiental ha estado centrada en establecer una relación directa entre la escasez de los recursos naturales y el crecimiento de la población, así como en los impactos de las actividades humanas en el ambiente (por ejemplo, el control de la contaminación o la recuperación de ecosistemas). Un aumento de la población significa, según algunas interpretaciones, una demanda ampliada de recursos naturales, incrementos en la producción industrial, mayor cantidad de tierra destinada a la producción, intensificación de los procesos de colonización, ampliación de la demanda de leña y otros energéticos para combustibles (Population Reference Bureau, 1997) y el incremento de la contaminación.

En consecuencia, la dinámica de los asentamientos urbanos está intrínsecamente relacionada con factores históricos, condiciones del medio ambiente, condiciones socioeconómicas y políticas que determinan la expulsión o atracción de la población a un determinado lugar geográfico.

Para abordar la dinámica actual de la población en el Sistema TDPS, es preciso partir del análisis histórico – político y cultural– de las diversas fases de ocupación que conoció la región descritas en la sección 1.4, las mismas que implicaron constantes cambios debido al despojo sucesivo –con variables niveles de violencia– que sufrieron unos pueblos a manos de otros.

Así, los cambios en el uso del suelo y el aprovechamiento de los recursos naturales estuvieron habitualmente vinculados a la relación sociopolítica con los centros de poder, cuya hegemonía pasó de los señores indígenas locales, primero, al incario basado en el Cuzco, luego al Virreinato de Lima durante la Colonia y, posteriormente, a las nacientes repúblicas. Este aspecto determina la forma en que se fue estructurando la configuración poblacional en la zona, denotando un patrón de ocupación resultante de la tensión entre la imposición de los vencedores y la resistencia de los vencidos, provocando –las más de las veces– un desarrollo aleatorio que impidió hasta el presente un adecuado ordenamiento territorial.

A este respecto, es de destacar la continuidad que tuvo el control vertical de diversos pisos ecológicos desde Tiwanaku hasta el Tawantinsuyu, como base de un proceso económico de escala variable que, bajo diversas motivaciones políticas, privilegió un sistema de seguridad, suficiencia, diversificación y complementariedad alimentaria, poniendo de manifiesto el sentido de previsión de sus autoridades y planificadores frente a las vulnerabilidades propias de un entorno natural tan agreste como impredecible.

Esta continuidad sobrevivió a la conquista incaica, que aplicó dicha lógica no sólo a la esfera de la economía, sino también con propósitos de control social



y político, al conjunto de territorios ocupados por el Tawantinsuyu, incluida la región del Sistema TDPS que fue íntegramente incorporada al dominio Inca.

Sin embargo, dicho modelo de ocupación y gestión territorial se vio corrompido a partir de la invasión europea, que estableció como objetivo económico fundamental la explotación minera y la exportación de sus excedentes, para lo que convirtió todas las demás actividades, y particularmente la producción alimentaria, en funcionales a tal propósito. A tal fin, creó instituciones como la *mita*, el *repartimiento* y la *encomienda* para garantizar el control de la población local y sus funciones productivas a manos de los peninsulares recién llegados (Murra, 2002).

Este modelo se generalizó en casi toda la región, con la sola excepción de algunos *ayllus* que lograron negociar “a título oneroso” la posesión de sus tierras, aunque bajo la forma de verdaderas “reducciones” que rompieron el sentido de ocupación alterna de territorios discontinuos para garantizar el acceso a los diversos pisos ecológicos, eje del modelo prehispánico que impidió la concentración insostenible de la presión sobre los limitados recursos de la región, condenando a la población nativa al deterioro de sus condiciones de bienestar, y al medio natural, a la sobreexplotación de sus recursos.

El modelo colonial fue mantenido en lo fundamental con el advenimiento de las repúblicas independientes traducándose en el régimen de *haciendas*, el mismo que en la segunda mitad del siglo XIX reemprendió el despojo de las tierras de las comunidades so pretexto de la modernización liberal que inspiró a los nuevos patrones a cargo del poder político, hasta el advenimiento de los procesos de reforma agraria ocurridos a mediados del siglo XX que, antes que proponerse la recuperación de la capacidad productiva de la tierra y la sostenibilidad de un nuevo modelo agrario, privilegió el objetivo político de liberar al campesinado de su condición de siervo y convertirlo en “propietario” y patrón de sí mismo y su familia.

Esta situación derivó en el minifundio que ha crecido exponencialmente en el último medio siglo, afectando seriamente los volúmenes y la diversificación de la producción agraria que hoy padece la región, con el agravante de haber profundizado la erosión de la comunidad como principal referente en la organización de las economías locales y la subordinación del uso de los recursos a los estrechos horizontes del pequeño excedente que pudiera extraerse de las micro parcelas que, ni siquiera, están amparadas por unos derechos propietarios claros e inobjetable (Fundación Tierra, 2009).



### 2.1.2 Nuevos paradigmas, migración y crecimiento desordenado de la población

La crisis rural descrita, sumada al colapso de los viejos paradigmas con que estos dos países organizaron sus economías durante los primeros tres cuartos del siglo XX, produjeron una migración interna que ha tenido un importante impacto en la región, generando un proceso acelerado de redistribución territorial y especialmente un crecimiento urbano concentrado en pocas ciudades. En la región que abarca el Sistema TDPS, los centros urbanos de Juliaca y Puno en el lado peruano concentran más del 30% de la población del departamento de Puno y, en el lado boliviano, de los 87 municipios que conforman la región de estudio, sólo dos (El Alto y Oruro) concentran más del 50 por ciento de la población.

La tendencia poblacional en el área rural del Sistema TDPS muestra una dinámica contradictoria, debido a la marcada relación que ella tiene con la estacionalidad agrícola. En 1993, en el sector peruano, la mayor población se ubicaba en la zona rural, con un 60% (656.548 hab.) y un 39.2% en la zona urbana (423.300 hab.); y para 2007, este esquema fue revertido, encontrándose la mayor población agrupada en la zona urbana con un 51.35% (590.049 hab.) y 48.65% en la zona rural (558.966 hab.). Durante el período 1981-1993, esta tasa fue de 1.6, con un crecimiento urbano de 3.4% anual y 0.7% de crecimiento rural (PNUMA, 1996); y para el período 1993-2007, la tasa fue de 1.1 (INEI, 2009) y -0.2% en el ámbito rural.

En el caso boliviano, se estima que entre 1992-2001 el 81% del crecimiento de población del departamento de La Paz (2.4% por año) puede ser atribuido al aumento de población de las zonas urbanas, mientras que en el caso de Oruro su modesto incremento de población (1.6% por año) puede ser atribuido en un 75% al crecimiento de sus zonas rurales. En ese período, curiosamente, la tasa de crecimiento anual

de la población rural vuelve a ser positiva en ambos departamentos e incluso superior a la urbana en el caso de Oruro. Si bien el proceso de urbanización continúa, al parecer entre 1992-2001 se habría atenuado su dinámica. Ésta es una tendencia no solamente regional, sino también nacional; entre 1992-2001, la tasa anual de crecimiento intercensal de la población rural boliviana no solamente fue muy superior a la registrada entre 1976-92, sino incluso a la de 1950-1976 (PNUD, 2003).

Estos aspectos indican que hay una tendencia hacia la migración extrarregional de la población y una migración rural hacia los centros urbanos del altiplano, generándose una consolidación y crecimiento de las principales ciudades como Juliaca, Puno, Ayaviri, Ilave, Azángaro, Yunguyo y Desaguadero, en el sector peruano; y El Alto, Oruro, Viacha, Huachacalla, Sabaya, Santuario de Killacas y Curahuara de Karanagas, en el boliviano. Sin embargo, como consecuencia de la estacionalidad de la actividad agropecuaria, que no está en condiciones de retener permanentemente a la población del medio rural, considerando que otras actividades como el comercio y los servicios le proporcionan mejores expectativas de desarrollo, se da también una dinámica migratoria urbano-rural, e incluso una dinámica rural-rural, haciendo muy difícil establecer la línea divisoria entre la población “urbano” y la “rural”. Esta situación configura un cuadro de concentración desigual de la población en el territorio, tal como se describe en la sección 1.5.1 y se muestra en la figura 1.7 de este Informe.

Uno de los factores que explican la dinámica de migración en la zona del TDPS es la dislocación entre la urbanización, la industrialización y la escasa modernización agraria, que muchas veces ha impedido que los excedentes laborales agrarios sean absorbidos por el trabajo industrial, con la consecuente emergencia de la marginalidad urbana, el desempleo, la informalidad y la fuerte segmentación social de los principales centros poblados (Prats y Catalá, 2000). Esta migración afecta de manera especial a los grupos jóvenes de la población, observándose una reducción

en el núcleo familiar de 6 a 4 personas en las últimas cuatro décadas por efectos del incremento de la migración. Por esta razón, la población de muchos pueblos del altiplano está conformada especialmente por adultos y adultos mayores, quienes se encargan del cuidado de las tierras (Fundación Tierra, 2007).

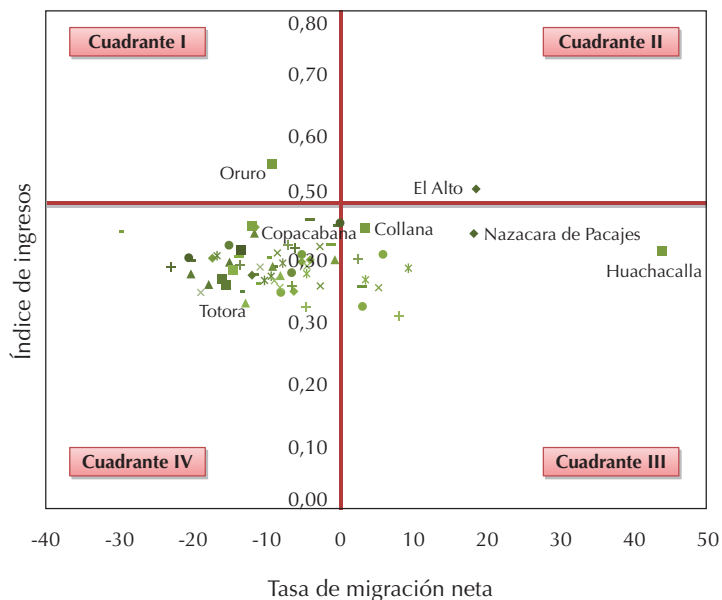
En el Sistema TDPS se desarrollan dos tipos de migración. Una, definitiva, que se origina mayormente de las zonas sobrepobladas, con hiperparcelación de tierras e infraestructura socioeconómica limitada o nula; y otra, temporal, que se da en el área circunlacustre y que ocurre luego de finalizada la actividad agrícola, migrando a lugares de creciente actividad comercial dentro y fuera del Sistema.

En los últimos diez años, el incremento de precios de productos agropecuarios ha favorecido el retorno temporal de una parte importante de la población migrante a sus tierras de origen en la región circunlacustre; este comportamiento ha generado una dinámica muy fluida de intercambios entre EL Alto –principal destino de la migración– y el resto de municipios de la región.

En el caso de Oruro, ésta se constituye en una de las ciudades con más altas tasas de migración negativa de Bolivia, lo que responde fundamentalmente a la contracción de la actividad minera y a los impactos que esta actividad ha generado en el área rural aledaña. Sin embargo, algunas de sus provincias y municipios registran una tasa de migración neta positiva, debido entre otros factores al desarrollo de la actividad comercial desregulada y, en menor medida, al turismo.

La figura 2.1 muestra la situación relativa de la migración en el segmento boliviano del TDPS de acuerdo al índice de ingresos de la población, mostrando claramente que, a excepción de las ciudades de El Alto y Oruro, el resto de municipios de esta región se encuentran en una situación de precariedad evidente.

**Figura 2.1.** Índice de ingresos y tasa de migración neta en municipios TDPS (Bolivia)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística de Bolivia (INE), 2001.

El sector peruano, además de lo ya señalado en relación al desproporcional crecimiento de Juliaca, Puno y algunas ciudades intermedias, muestra una situación diferenciada en las diversas provincias que hacen parte del TDPS con relación al fenómeno migratorio, la misma que se muestra en el cuadro 2.1. Los emigrantes a nivel del departamento de Puno para el año 1993 fue de 6,1% (297.487), para el año 2007 el porcentaje rebajó a 5,9% de emigrantes. Respecto a la migración a nivel de provincias, podemos indicar que la provincia con una mayor población migrante por lugar de nacimiento es San Román con un 35,0%, y las provincias con menor migración son Moho y Chucuito con el 2,4%.

Ante la situación descrita, por el volumen y el carácter desorganizado de estas migraciones, el Estado y los gobiernos locales no tienen la capacidad de invertir en infraestructura y servicios públicos al mismo ritmo del crecimiento urbano, lo cual agudiza los déficits en los niveles de vida de importantes sectores de la población e incide negativamente en todo el

**Cuadro 2.1.** Migración en las provincias del departamento de Puno

Variable / Indicador	Departamento de Puno		Provincia de Puno	
	Cifras absolutas	Porcentaje	Cifras absolutas	Porcentaje
<b>PROVINCIA DE CARABAYA - MIGRACIÓN</b>				
Población migrante 3 / (por lugar de nacimiento)	33.317	2,6	5.516	7,5
Población migrante 3 / (por lugar de residencia 5 años antes)	22.391	2,0	2.729	4,2
Hogares con algún miembro en otro país	22.358	6,2	654	3,3
<b>PROVINCIA DE SANDIA - MIGRACIÓN</b>				
Población migrante 3 / (por lugar de nacimiento)	33.317	2,6	8.324	13,4
Población migrante 3 / (por lugar de residencia 5 años antes)	22.391	2,0	2.527	4,5
Hogares con algún miembro en otro país	22.358	6,2	680	3,5
<b>PROVINCIA DE MELGAR - MIGRACIÓN</b>				
Población migrante 3 / (por lugar de nacimiento)	33.317	2,6	5.610	7,5
Población migrante 3 / (por lugar de residencia 5 años antes)	22.391	2,0	2.901	4,3
Hogares con algún miembro en otro país	22.358	6,2	933	4,5
<b>PROVINCIA DE AZANGARO - MIGRACIÓN</b>				
Población migrante 3 / (por lugar de nacimiento)	33.317	2,6	3.771	2,8
Población migrante 3 / (por lugar de residencia 5 años antes)	22.391	2,0	2.304	1,9
Hogares con algún miembro en otro país	22.358	6,2	1.189	3,1
<b>PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA - MIGRACIÓN</b>				
Población migrante 3 / (por lugar de nacimiento)	33.317	2,6	12.638	25,0
Población migrante 3 / (por lugar de residencia 5 años antes)	22.391	2,0	7.260	16,1
Hogares con algún miembro en otro país	22.358	6,2	1.263	8,1
<b>PROVINCIA DE LAMPA - MIGRACIÓN</b>				
Población migrante 3 / (por lugar de nacimiento)	33.317	2,6	3.343	6,9
Población migrante 3 / (por lugar de residencia 5 años antes)	22.391	2,0	1.800	4,1
Hogares con algún miembro en otro país	22.358	6,2	538	4,0
<b>PROVINCIA DE HUANCANE - MIGRACIÓN</b>				
Población migrante 3 / (por lugar de nacimiento)	33.317	2,6	3.140	4,5
Población migrante 3 / (por lugar de residencia 5 años antes)	22.391	2,0	2.516	4,0
Hogares con algún miembro en otro país	22.358	6,2	1.511	6,7
<b>PROVINCIA DE MOHO - MIGRACIÓN</b>				
Población migrante 3 / (por lugar de nacimiento)	33.317	2,6	655	2,4
Población migrante 3 / (por lugar de residencia 5 años antes)	22.391	2,0	595	2,3
Hogares con algún miembro en otro país	22.358	6,2	1.525	16,2
<b>PROVINCIA DE SAN ROMÁN - MIGRACIÓN</b>				
Población migrante 3 / (por lugar de nacimiento)	33.317	2,6	84.223	35,0
Población migrante 3 / (por lugar de residencia 5 años antes)	22.391	2,0	25.832	11,9
Hogares con algún miembro en otro país	22.358	6,2	4.668	7,3
<b>PROVINCIA DE PUNO -MIGRACIÓN</b>				
Población migrante 3 / (por lugar de nacimiento)	33.317	2,6	30.989	13,5
Población migrante 3 / (por lugar de residencia 5 años antes)	22.391	2,0	12.033	5,7
Hogares con algún miembro en otro país	22.358	6,2	3.109	4,6
<b>PROVINCIA DE EL COLLAO - MIGRACIÓN</b>				
Población migrante 3 / (por lugar de nacimiento)	33.317	2,6	4.146	5,1
Población migrante 3 / (por lugar de residencia 5 años antes)	22.391	2,0	2.047	2,8
Hogares con algún miembro en otro país	22.358	6,2	1.922	7,3
<b>PROVINCIA DE CHUCUITO -MIGRACIÓN</b>				
Población migrante 3 / (por lugar de nacimiento)	33.317	2,6	2.993	2,4
Población migrante 3 / (por lugar de residencia 5 años antes)	22.391	2,0	2.722	2,4
Hogares con algún miembro en otro país	22.358	6,2	2.242	6,7
<b>PROVINCIA DE YUNGUYO - MIGRACIÓN</b>				
Población migrante 3 / (por lugar de nacimiento)	33.317	2,6	2.004	4,2
Población migrante 3 / (por lugar de residencia 5 años antes)	22.391	2,0	1.354	3,1
Hogares con algún miembro en otro país	22.358	6,2	2.124	15,6

Fuente: INEI, 2007.

conglomerado urbano. A lo anterior se agregan la carencia en el tratamiento de efluentes urbanos e industriales por las pequeñas empresas y empresas de servicios públicos, 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.

La mayoría de los centros urbanos del Sistema TDPS no cuenta con un plan integral de desarrollo urbano y/o planes de ordenamiento territorial, y si bien los principales núcleos urbanos como Puno, Juliaca, Desaguadero, Yunguyo, Ilave, Oruro, El Alto, Huachacalla, Sabaya, Santuario de Killacas, Curahuara de Karangas y Poopó cuentan con sendos planes de desarrollo municipal, éstos no responden adecuadamente a la dinámica de crecimiento poblacional y los flujos migratorios, por lo que no existen instrumentos de previsión para evitar el crecimiento desordenado de la población, con los correspondientes problemas de desorganización urbanística y déficits de servicios básicos.

### Cuadro 2.2. Derechos mineros en Puno

Provincia	Número derechos mineros	Superficie en hectáreas
Azangaro	196	87.040,43
Carabaya	828	414.653,09
Chucuito	43	29.800,00
El Collao	66	36.174,46
Huancane	53	15.316,68
Lampa	364	207.143,19
Melgar	119	86.230,22
Puno	335	218.695,88
San Antonio de Putina	301	126.798,76
San Román	136	73.184,38
Sandia	558	207.266,15
Yunguyo	2	700,00
Moho	1	100,00
<b>Total</b>	<b>3.002</b>	<b>1.503.103,24</b>

Fuente: Dirección Regional de Energía y Minas, Gobierno Regional de Puno, 2009.



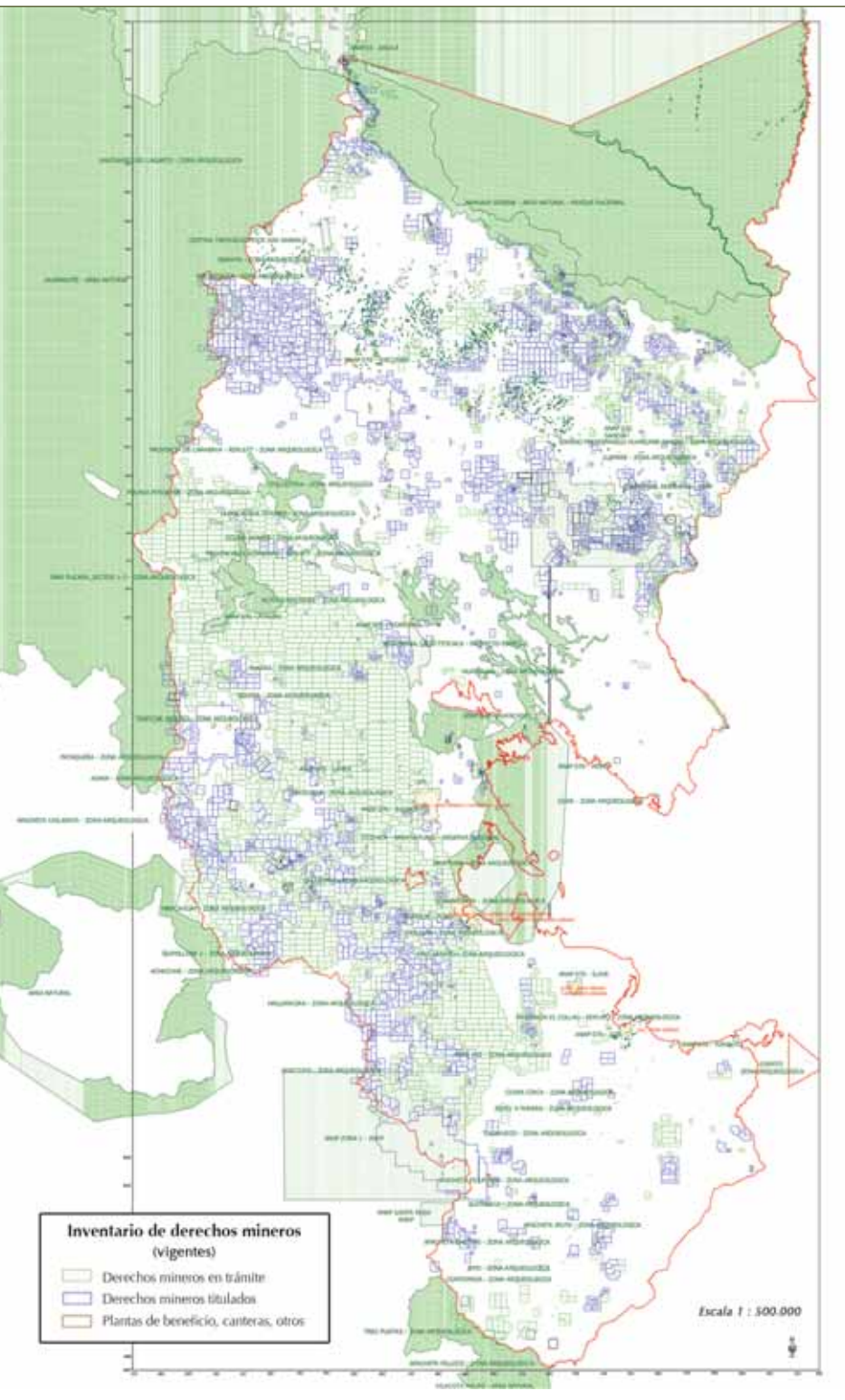
Impactos de la minería en Perú. Foto: Alejandro Balaguer, Fundación Albatros Media.

### 2.1.3 La actividad minera en el Sistema TDPS

Como ya se apuntó en la sección 1.5.7.4 de este Informe, la minería es una actividad históricamente presente en el contexto territorial del Sistema TDPS. Muchos de sus pobladores han encontrado en ella una fuente de sustento para sus familias, y la suerte de la actividad económica de la región se explica, entre otros factores, por los períodos cíclicos de bonanza de este componente.

Sin embargo, la imprevisión y falta de un adecuado procesamiento de los impactos que genera la minería son responsables de la mayor parte de los problemas ambientales más agudos que enfrenta la región. El cuadro 2.2 y la figura 2.2 muestran la densidad de las concesiones mineras del departamento de Puno, y en las figuras 2.3 y 2.4 se muestran las de los departamentos de Oruro y La Paz.

Figura 2.2. Concesiones mineras en el departamento de Puno



Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú, 2009.

## 2.2. Diversidad biológica

El altiplano peruano-boliviano es un área con presencia de diversidad biológica con características particulares, moldeada por el efecto termorregulador del Titicaca. Las especies, ecosistemas y la diversidad genética, se han desarrollado en condiciones extremas de concentración de oxígeno, temperatura, presión atmosférica y otros factores ambientales.

El lago Titicaca, como uno de los más grandes lagos montañosos, contiene endemismos importantes en la fauna acuática. La región circunlacustre muestra un clima un poco más benigno que el resto de la cuenca del TDPS, lo que explica que sea la zona más densamente poblada del altiplano, y que miles de años de civilización hayan cambiado completamente la ecorregión. La vegetación originaria de bosques de *Polylepis*, *Buddleja*, *Duranta*, y otras especies fue mayormente destruida para el desarrollo de áreas de cultivo, andenes, ganadería de ovinos y vacunos, explotación de minerales y más recientemente por el turismo intensivo (Ibisch *et al.*, 2003).

La Puna Norteña es una ecorregión distribuida en el sudeste del Perú y el noroeste de Bolivia. Especialmente en la región del lago Titicaca, brinda un buen potencial natural permitiendo una agricultura bastante productiva. Es la región de origen de varios cultivos importantes como la papa.

**Figura 2.3.** Concesiones mineras en el departamento de Oruro



Fuente: SITAP, Atlas de Potencialidades Productivas del Estado Plurinacional de Bolivia, 2009.

En toda la cuenca del Sistema TDPS, por las características topográficas, ambientales, climáticas, se han generado patrones bastante homogéneos de diversidad biológica, riqueza de especies y endemismos. Los grandes cambios ambientales ocurridos en el mundo, sobre todo en el régimen hídrico, son causas de impactos sobre los ecosistemas y las oportunidades de mejoramiento de la calidad de vida del hombre.

### 2.2.1 Diversidad en ecosistemas

El ecosistema terrestre propio de la cuenca es la puna, una formación de gramíneas rígidas y arbustos enanos de hojas coriáceas, con presencia de bosques de qeñua (*Polylepis*) y, en menor proporción, de qolle o kiswa (*Buddelia* sp.). No obstante, la fisonomía 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 puna húmeda al Norte, hasta puna árida 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 (ALT/OEA, 1999).

**Figura 2.4.** Concesiones mineras en el departamento de La Paz



Fuente: SITAP, Atlas de Potencialidades Productivas del Estado Plurinacional de Bolivia, 2009.

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 qeñua intervenidos. 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. En el sector peruano, sólo se encuentran qeñuales en los bosques de Pampas de Capazo, de Santa Rosa de Juli, Quenoapacheta en Pizacoma, Lampa y Pucara (PNUMA, 1996).

De los distintos tipos de este ecosistema 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.

Los ecosistemas regionales de la cuenca del TDPS se pueden clasificar en tres grandes grupos: ecosistemas de puna, altoandinos y acuáticos.

- **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.
- **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, se puede diferenciar un piso altoandino húmedo y subhúmedo de un piso altoandino seco y árido.
- **Ecosistemas acuáticos:** Formado por 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 Uru 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 y el Suches, en la cuenca del lago Titicaca sector peruano y el río Desaguadero en el sector boliviano.

### **Bofedales: características y distribución**

En el Sistema TDPS, los bofedales denominados también “turberas de altura”, son un tipo de vegetación intrazonal característico de las zonas altoandinas de gran valor forrajero, especialmente para el sector alpaquero, ya que soportan una buena carga animal durante la mayor parte del año. Están constituidos por suelos orgánicos y se desarrollan en un medio con alta humedad subterránea y de afloramientos. Se presentan principalmente en terrenos planos o con ligeras pendientes, donde el drenaje superficial es imperfecto, así como a lo largo de riachuelos lentos.

Los suelos donde se desarrollan los bofedales, en general son ácidos, con un pH entre 4.9 a 6.3 y un contenido de materia orgánica que va desde 6.6 a 8.6%. La planta característica de esta formación es la *Distichia muscoides* de la familia de las Juncaceas; la cual presenta la apariencia de almohadillas bien convexas, dando al bofedal una superficie ondulada. Estas formaciones se presentan a partir de los 3.850 msnm, pero con mayor frecuencia a partir de los 4.000 msnm. Constituyen la principal fuente de alimentación de las alpacas.





De acuerdo a las diferencias en su composición vegetal, producción de biomasa aérea y con base a la calidad agrológica del suelo, es posible clasificar a los bofedales en las siguientes asociaciones de fito-especies:

- **Bofedal pluviiforme de *Distichetum***: Se encuentra en el piso ecológico de puna, sobre suelos hidromorfos. Está constituido por especies herbáceas semihidrófitas, de fisonomía muy densa y de apariencia almohadillada, dominada básicamente por la especie *Distichia muscoides*, careciendo de gramíneas altas. Las especies componentes menores son: *Eleocharis albibracteata*, *Hypochoeris stenocephala*, *Carex spp.*, *Alchemilla diplophylla* y *Gentiana prostrata*.
- **Bofedal de *Wernerichetum***: Ocupa suelo orgánico de color pardo grisáceo, con humedad moderada. La especie dominante *Werneria pigneae*, se encuentra asociada con las especies *Eleocharis albibracteata*, *Hypochoeris stenocephala*, *Festuca rigescens* y *Calamagrostis minima*.
- **Bofedal cespitoso de *Calamagrosetum***: Ocupa suelo orgánico de color pardo oscuro y húmedo, con disponibilidad de humedad suficiente y drenaje moderado. En esta asociación, la composición florística en orden de dominancia es como sigue: *Calamagrostis rigescens*, *Festuca dolichophylla* y *Ranunculos uniflorus*.

Se ha podido observar que el número de especies vegetales varía con la altitud (Atayupanqui, V., citado por Flores, A. y E. Malpartida, 1993): así a los 3.850 msnm se tienen 13 especies, a los 4.000 msnm 12 especies, sobre los 4.200 y hasta los 4.400 msnm 25 especies, pudiendo afirmar que a mayores altitudes, el número de especies en el bofedal es mayor. La composición botánica, promedio en general está dominada por herbáceas entre 54 y 59%; seguida por gramínoideas como las Juncáceas y Cyperáceas con 20 y 32% y; de gramíneas con 16 y 26%. Otras especies se encuentran de 3 a 4%. Los bofedales que se

encuentran en la cordillera Oriental de los Andes, se localizan en mayores altitudes que los ubicados en la cordillera Occidental.

Los bofedales u “occonales”, al ser pastizales propios de ambientes edáficos húmedos, ocupan áreas muy definidas conocidas como “turberas”. Geográficamente en el altiplano de Puno, se encuentran distribuidos en los distritos de Nuñoa, Santa Rosa, Ayaviri, Ocuvi, Mañazo (Norte) y; Pizacoma, Huacullani, Capazo, Santa Rosa de Juli, Mazo Cruz y parte de Condorire (Sur).

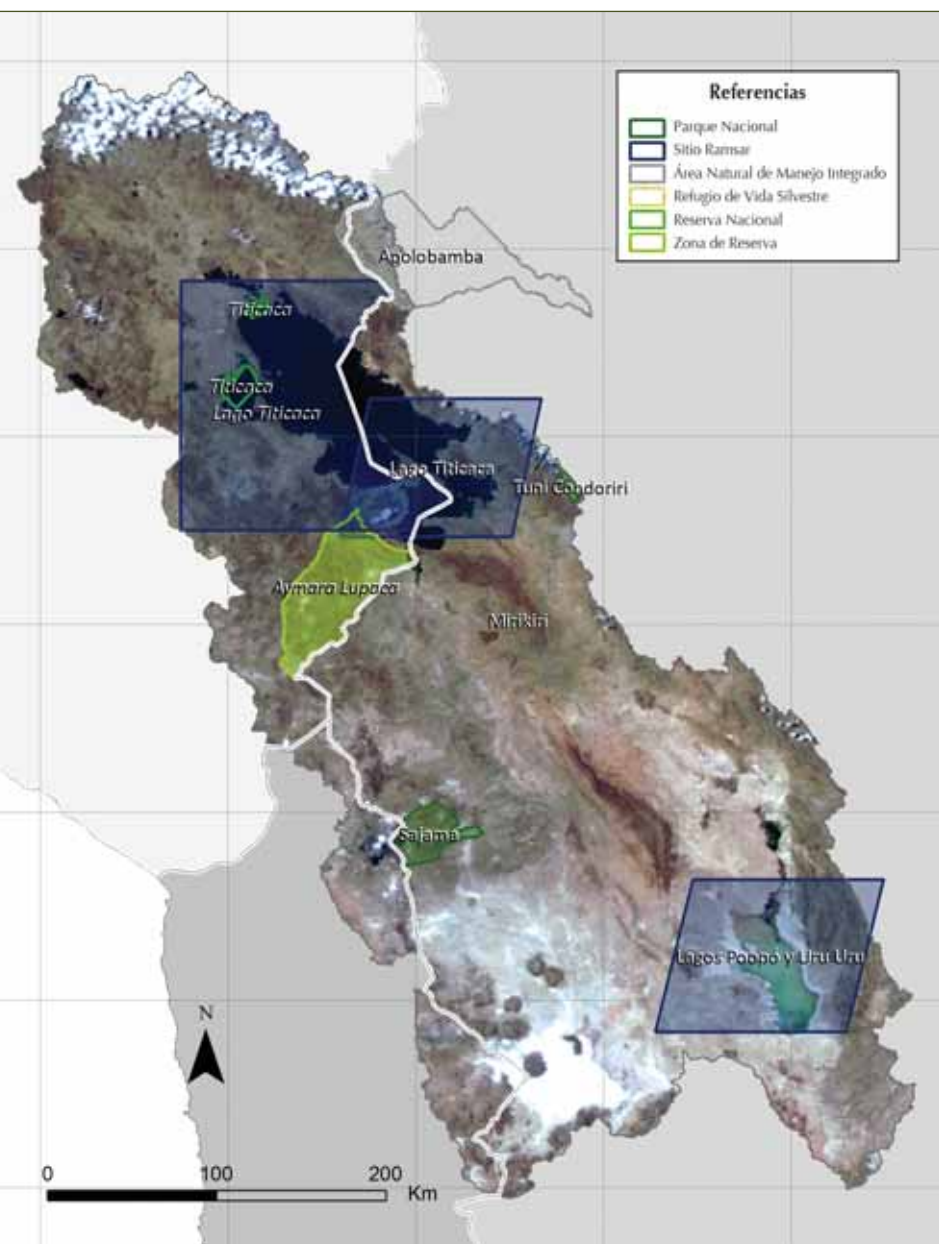
Dentro la cuenca del Sistema TDPS-Bolivia, el mayor número de bofedales está concentrado en el segmento altoandino, tanto semihúmedo como semiárido, en un total de 931 equivalente al 59% y el restante 41% (655) en el altiplano; sin embargo, este mayor número de bofedales no corresponde al mayor porcentaje en superficie, donde los bofedales altoandinos solamente suman el 36% (36.765 ha) mientras, los altioplánicos llegan al 64% (65.575 ha). El total de superficie de los bofedales en toda la cuenca del Sistema TDPS-Bolivia alcanza a 102.340 hectáreas (Prieto *et al.*, 2003).

En el área del lago Poopó (Sitio Ramsar), los bofedales méxicos están distribuidos en pisos altitudinales entre 3.726 y 3.830 msnm de forma muy dispersa. Cubren un área total de 10.417 ha, equivalente al 0,95% de la superficie total del área. Se sitúan en depresiones de lechos y terrazas aluviales de ríos, bordes de lagunas, vertientes y manantiales permanentes y temporales (Prieto y Laura, 2009).

El rendimiento promedio de forraje disponible de estos bofedales es elevado de 4.539 kg MS/ha; en consecuencia, la capacidad de carga también es elevada de 7,1 ULL/ha<sup>3</sup> como promedio. Existen algunos estudios sobre bofedales altioplánicos méxicos alcalinos

<sup>3</sup> ULL/ha: Unidades o cabezas de llama por hectárea, medida utilizada corrientemente para referirse a la capacidad de carga animal en superficies de praderas.

Figura 2.5. Mapa de áreas protegidas en el Sistema TDPS



Fuente: The world database on protected areas. 2011. [www.wdpa.org](http://www.wdpa.org).  
Elaboración: Federico Adolfo Kindgard, Facultad de Agronomía, UBA.

dentro del Sistema TDPS-Bolivia, donde se reportan rendimiento promedio de fitomasa de 4.349,3 kg MS/ha. Sin duda, estas cifras expresan la potencialidad de los bofedales, que incluso con sus características de temporalidad y superficies reducidas, se constituyen en un importante recurso alimenticio para la cría de camélidos (Prieto y Laura, 2009).

## 2.2.2 Fragmentación del ecosistema

En los ecosistemas altoandinos del Sistema TDPS, desde el punto de vista agrostológico, se desarrollan grandes áreas de “pastizales”. Así por ejemplo, el departamento de Puno está ocupado por 3.133.000 ha de estas asociaciones vegetales de pastos naturales (Flores y Malpartida, 1988), a las cuales se considera como ecosistemas de algún modo “naturales”; mientras que los ecosistemas forestales tienen un área de 1.417.141 ha, de un total de 6.698.822 ha, que ocupa el área del departamento de Puno, sin considerar el ecosistema lago Titicaca. El resto del área, entonces, se considera intervenida por la mano del hombre, son áreas naturales cuya conversión ha significado un cambio de uso.

En la sierra peruana, la cobertura forestal en el año 2005 llegó a 68.345 ha, siguiendo una curva decreciente desde el año 1975 donde la cobertura llegó a unas 450.189 ha (FAO e INRENA, 2005), producto del uso indiscriminado de especies forestales y arbustivas como combustible doméstico o industrial (panificación, yestería y otros).

## 2.2.3 Áreas naturales protegidas

El lago Titicaca ha sido registrado como Humedal de Importancia Internacional por la Convención Ramsar, por Perú el 20 de enero de 1997 y por Bolivia el 26 de agosto 1998, en tanto que los lagos Poopó y Uru Uru fueron inscritos por Bolivia el 11 de julio de

2002. En este entorno geográfico, se han creado varias áreas naturales protegidas cuyo detalle se puede apreciar en la figura 2.6.

En lo que se refiere a áreas bajo protección especial dentro del Sistema TDPS, en el Perú existe la Reserva Nacional del Titicaca y la Zona Reservada Aymara Lupaca, desafectada del Área de Conservación Regional Vilacota Maure. **La Reserva Nacional del Titicaca** está comprendida en la categoría de áreas naturales protegidas (ANP) del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE) denominada de uso directo. Está ubicada al sureste del Perú en el Departamento de Puno, provincias de Puno y Huancané, sobre una superficie de 36.180 ha, comprende dos sectores: Sector Ramis, con 7.030 ha, ubicado al norte del lago Titicaca en las inmediaciones del delta del río Ramis, en la provincia de Huancané; y el Sector Puno, con 29.150 ha, ubicado en la bahía de Puno, entre la península de Capachica y la isla Esteves. La Reserva tiene, además, una zona de amortiguamiento en el área circundante que incluye comunidades y parcialidades ribereñas de los distritos de Puno, Paucarcolla, Huata, Coata, la península de Chucuito y Capachica y parte de las islas Amantaní y Taquile. De igual modo, en el sector Ramis están incluidas las zonas ribereñas de los distritos de Taraco y Huancané.

El **Sitio Ramsar del Lago Titicaca** (Bolivia) es de aproximadamente 800.000 ha. Se encuentra ubicado al norte de la cuenca lacustre, comprendiendo las provincias del departamento de La Paz: Omasuyos, Los Andes, Manco Kápac en su integridad y parte de Franz Tamayo, Bautista Saavedra, Camacho, Muñecas, Murillo, Ingavi, Pacajes y Aroma. Comprende el sector boliviano del lago Titicaca, su área circunlacustre, las serranías interaltiplánicas de Machaca, Viacha y las cordilleras de Apolobamba, Muñecas y Real o de La Paz (dentro de la cordillera Oriental).

El **Sitio Ramsar de los Lagos Poopó y Uru Uru** tiene una extensión de 967.000 ha, el sistema lacustre Uru Uru-Poopó, ubicado en el flanco oriental del depar-

tamento de Oruro, ocupa las provincias Cercado, Poopó, Avaroa, Sebastián Pagador, Ladislao Cabrera, Sur Carangas y Saucarí, las cuales tienen influencia de los ríos Desaguadero, Mauri, Márquez y Paso Julián, conjunciando la cuenca lacustre del lago Poopó (Montes de Oca, 1997). Ambos lagos se encuentran a una altura promedio de 3.686 msnm, y el principal aporte hídrico proviene del Norte por el río Desaguadero y del Sur por el río Márquez. La superficie media en conjunto para los lagos Poopó-Uru Uru es de 3.084 km<sup>2</sup> (ALT, 1999).

En el sector boliviano del Sistema TDPS, existen otras dos áreas protegidas de carácter nacional y otras áreas de conservación:

**Figura 2.6.** Sitio Ramsar Lago Poopó



Foto: Alfonso Alem.

**Parque Nacional Sajama**, con una superficie de 100.230 ha y un rango altitudinal que oscila entre 6.542 - 4.200 msnm, se encuentra ubicado en el noreste del Departamento de Oruro, en la provincia Sajama. Esta área protegida de ubicación fronteriza es altamente representativa de la cordillera Occidental volcánica, integrando exclusivamente una importante diversidad de ecosistemas altoandinos

de extraordinaria belleza escénica (Servicio Nacional de Áreas Protegidas, 2001). Este Parque Nacional tiene aptitud para la cría de camélidos y fue creada para preservar los relictos de queñua.

**Área Natural de Manejo Integrado Nacional (ANMIN) Apolobamba**, se encuentra ubicada en el extremo oeste del departamento de La Paz, entre las provincias Bautista Saavedra y Franz Tamayo. Constituye una de las áreas protegidas con importante superficie de ecosistemas de tierras altas por encima de los 3.500 msnm. La cordillera de Apolobamba se destaca por la gran extensión de los glaciares y campos de nieve permanente de sus elevadas montañas. La meseta de Ulla Ulla, situada entre los 4.200 y 4.900 msnm, se caracteriza por la presencia de sus extensos bofedales, la llanura aluvial del río Suches y un gran número de alrededor de 52 lagunas glaciares que albergan a una rica avifauna altoandina con varias especies de alto valor para la conservación (Ribera y Rocha, 2003). La meseta de Ulla Ulla y los faldíos cordilleranos están sujetos a fuertes procesos de sobrepastoreo por la creciente sobrecarga de llamas y alpacas. A esta sobrecarga se adiciona la carga animal de vicuñas que comparten y compiten por el forraje.

**Otras áreas protegidas** departamentales que se encuentran en el TDPS sector boliviano, son: el Parque Nacional Tuní Condoriri, Santuario de Vida Silvestre Flavio Machicado Viscarra y Parque Nacional Mirikiri, todas en el departamento de La Paz y el Refugio de Vida Silvestre Huancaroma en el Oruro.

**Áreas municipales** como la Reserva Natural y Deportiva Cerro Vizcachani y el Patrimonio Cultural y Paisajístico Arenales de Cochiraya y Santa Fe en Oruro.

**Áreas importantes para la Conservación de las Aves** (IBA por su sigla en inglés "Important Bird Areas") son sitios críticamente importantes a nivel mundial para las aves y la diversidad biológica. De las 42 IBA que se han determinado en Bolivia, tres se encuentran en el Sistema TDPS: el lago Titicaca (sector boliviano), Parque Nacional Sajama y los lagos Poopó y Uru Uru.

## 2.2.4 Diversidad en especies y recursos genéticos

### 2.2.4.1 Fauna

De acuerdo a la información existente sobre la fauna del TDPS, se registran 180 especies de aves, 49 especies de mamíferos, 9 anfibios, 6 reptiles y 26 especies de peces. Con respecto a la fauna introducida, se registran dos especies de aves, 11 mamíferos y 6 peces (ALT-OEA/PNUMA, 1999).

En el Sitio Ramsar Lagos Poopó y Uru Uru, en total se registraron 75 especies de aves, de las cuales 36 (48%) son de ambientes acuáticos y 38 (52%) de ambientes terrestres. Un total de 36 especies de aves acuáticas fueron registradas, pertenecientes a 12 familias y se registraron seis especies migratorias boreales: *Tringa melanoleuca*, *T. flavipes*, *T. solitaria*, *Phalaropus tricolor*, *Calidris bairdii* y *Pluvialis dominica* (Rocha et al., 2002).

En el sector peruano, se reporta la cantidad de 15 especies de mamíferos; 87 especies de aves, tanto migratorias como residentes; 4 de reptiles; 9 de anfibios; y en peces, 21 especies del género *Orestias* y 3 especies del género *Trichomycterus* (IMARPE, 2009). Algunos estudios refieren que la población de aves está por encima de 180.000 individuos, resaltando entre ellas las siguientes:

- Zambullidor del Titicaca o kele (*Centropelma micropterum*) endémico del lago Titicaca.
- Flamencos (Phoenicopteridae) migrantes de zonas alto andinas, costa y otras regiones latitudinales de Sudamérica.
- Chorlos y playeros (Charadriidae y Scolopacidae), migrantes de Norteamérica, en bandadas de varios miles de individuos y considerados como patrimonio internacional.
- Yanavico (*Plegadis ridgwayi*) y cormorán (*Phalacrocorax olivaceus*), utilizados por los pobladores lugareños con fines medicinales.



Foto: Albatros Media, A. Belaguer.

- Patos y chocas (Anatidae y Rallidae), ampliamente utilizados en la alimentación con fines de subsistencia por los pobladores de las islas de los Urus.
- Totorero (*Phleocryptes melanops* y algunas especies de patos) como indicadores biológicos de la precipitación pluvial (PNUMA, 2001).

En el sector boliviano del lago Titicaca, la ictiofauna no es muy diversa, sin embargo es altamente especializada. Sarmiento (1998) reportó 23 especies de los géneros *Orestias* (endémicos de la cuenca endorreica del altiplano) y *Trichomycterus*, cuyas poblaciones han sido afectadas principalmente por la explotación inadecuada y la introducción de especies foráneas como la trucha (*Onchorhynchus mikiss*) y el pejerrey (*Basilichthys bonariensis*) (Lauzanne, 1982; Loubens *et al.*, 1984). La herpetofauna está constituida por pequeñas ranas, sapos y lagartijas. Se han reconocido 7 especies de reptiles y 6 especies de anfibios. Se destaca una especie de anfibio endémico del lago Titicaca conocido como *huankele* o rana gigante del lago (*Telmatobius culeus*), que tiene hábitos estrictamente acuáticos y habita zonas litorales y profundas del lago. En cuanto a la ornitofauna

se conocen 94 especies de aves, de las cuales 36 (38%) son aves acuáticas. Son característicos de este humedal los patos, gallaretas, los zambullidores y aves migratorias. Es importante remarcar la presencia de una especie endémica (*Rollandia microptera*) de la cuencas de los lagos Titicaca, Poopó y Uru Uru. De la mastofauna se han reportado 41 especies entre las cuales se encuentran las que son de amplia distribución en el altiplano asociadas al cuerpo de agua y sus afluentes destacándose: la vicuña (*Vicugna vicugna*) y la taruka (*Hippocamelus antisensis*) en las partes altas de la cuenca, el titi o gato andino (*Leopardus jacobita*), la vizcacha (*Lagidium viscacia*), la alpaca (*Lama pacos*) y la llama (*Lama glama*), camélidos domésticos que son ampliamente utilizados por los pobladores por su lana y carne. Los mamíferos constituyen el grupo de vertebrados más utilizado, para uso en rituales y folklore, vestimenta (pieles y cueros), medicina tradicional y eventualmente para alimentación (Bernal y Silva, 2003). En diciembre 2009, se realizó la estimación poblacional de la vicuña en Bolivia, de donde se determinó que existen 33.372 vicuñas distribuidas en todo el Sistema del TDPS (MMAyA, 2010).

### 2.2.4.2 Flora

La puna cuenta con una diversidad de especies con características particulares, pese a la altitud y a las condiciones extremas alberga aproximadamente 1.500 especies de plantas vasculares y 40 géneros endémicos. Sin embargo, el número resulta elevado considerando las difíciles condiciones bajo las cuales crecen las plantas. La vegetación consta en su mayor parte de comunidades herbáceas, dominadas por gramináceas y graminoides, denominadas en general, praderas o pajonales. También incluye formaciones herbáceas y arbustivas, con especies siempreverdes microfoliadas y resinosas, que forman en algunos casos extensos matorrales conocidos como *tholares*. Otros sectores presentan comunidades mixtas formadas por tholares y pajonales (García y Beck, 2006).



Qeñua (*Polylepis*), una de las dos especies arbóreas nativas de la región, clasificada en peligro. Foto Alfonso Alem.

El paisaje ha sufrido modificaciones a causa de las actividades agropecuarias y por la actividad antrópica, convirtiendo extensas áreas en terrenos de cultivo y de pastoreo de ganados ovino, vacuno y camélido. Varias de las especies que se distribuyen en estos ambientes como la yareta, thola, qeñua y totora están amenazadas principalmente por destrucción de hábitat, uso de leña, ampliación de la frontera agrícola, quema y sobrepastoreo.

En los Andes de Bolivia, los bosques de qeñua (*Polylepis*) se encuentran entre los 2.700 y 4.800 msnm constituyendo manchas o fragmentos en el paisaje como un elemento arbóreo exclusivo o dominante a estas altitudes. Bolivia es uno de los principales centros de diversidad para el género y de acuerdo con Arrázola (2007) se tienen registros de 13 especies de las cuales 4 son endémicas. Estos bosques son de enorme importancia por los servicios ecosistémicos que prestan y los productos que proporcionan y, si bien no cuentan con alta riqueza de especies, poseen una flora y fauna singular, con varias especies de aves endémicas.

Los tholares, aparte de los múltiples beneficios que brindan al ecosistema, juegan un papel importante en el enriquecimiento y recuperación de la fertilidad de los suelos de terrenos en descanso con el aporte de materia orgánica de sus hojas, y su estado fenológico es un indicador en el pronóstico agrícola (Pestalozzi, 1998). En manejo de praderas, este arbusto brinda protección y abrigo a plántulas pequeñas, especies forrajeras palatables, constituyendo además un refugio de vida para la fauna silvestre.

La vegetación de la región circundante a los lagos Poopó y Uru Uru, corresponde al piso altitudinal de Puna donde se presentan de manera dominante especies xerofíticas adaptadas a un clima con temperaturas y aridez extremas. En un área con una superficie de 1.091.725 ha, las praderas nativas cubren el 60,4% de toda la superficie, el resto 39,6% corresponde a otras unidades como eriales salinos sin vegetación, áreas agrícolas, áreas urbanas y cuer-

pos de agua. Sólo un 3,5% de la superficie está destinada a la actividad agrícola, por lo que se deduce que en este sitio la principal actividad es la ganadería y en menor grado los pobladores locales se dedican a la agricultura, probablemente por la agresividad del clima. Se determinan 20 tipos de praderas nativas, las de mayor cobertura corresponden a los *iruales*, *chijiales*, *aymartholares* y *kauchiales* (Prieto y Laura, 2009).

### 2.2.4.3 Riqueza de especies de flora

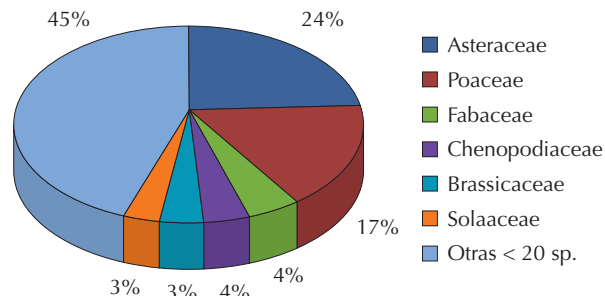
Gracias a la información registrada en la base de datos del Herbario Nacional de Bolivia, y después de un análisis de la misma, se puede indicar que existen aproximadamente 900 especies de plantas vasculares identificadas y registradas para el Sistema TDPS, las mismas que corresponden a 71 familias distribuidas en 340 géneros.

Las familias de *asteráceas* y *poáceas* se constituyen en las más representativas por presentar mayor número de especies (218 y 149) que representan el 24 y 17% del total de especies, respectivamente, y por ser consideradas como las más típicas e importantes de los ambientes áridos (Shimida, 1985), a causa de su fácil dispersión por el viento y por su alta producción de frutos. Les siguen las *fabáceas* (39), *chenopodiáceas* (33), *brasicáceas* (31) y *solanáceas* (28). El resto de las familias cuentan con menor número de especies (figura 2.7)

Alcoba (en Rocha, 2002) hace referencia a que durante la evaluación de la vegetación realizada en los lagos Poopó y Uru Uru y las zonas circundantes, fueron registradas 131 especies de plantas vasculares, que pertenecen a 27 familias y 20 órdenes.

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

**Figura 2.7.** Porcentaje de familias representativas en el Sistema TDPS



Fuente: USAID, 2009.

## 2.2.5 Especies amenazadas de fauna y flora

### 2.2.5.1 Fauna

En el Perú, según el Decreto Supremo 034-2004-AG, de fecha 22 de setiembre del 2004, con el que se aprueba la categorización de especies amenazadas de fauna silvestre y se prohíben su caza, captura, tenencia, transporte o exportación con fines comerciales, se tiene entre las especies consideradas en "Peligro Crítico" en el TDPS peruano, a las especies siguientes. En el grupo de mamíferos: *Chinchilla brevicaudata* (chinchilla), la chinchilla real se distribuye en los Andes del sur del Perú, Bolivia (extinto) y Chile, y habita en los pajonales andinos a 4.000 msnm. En el grupo de las aves: *Pterocnemia pennata* (suri o ñandú americano), es un ave típica de los pajonales de la puna, vive en Puno, Moquegua y Tacna entre los 2.000 y 4.200 msnm.

Entre las especies en situación "Casi Amenazado"<sup>4</sup>, tenemos en el grupo de los mamíferos al *Puma concolor* (puma) y *Vicugna vicugna* (vicuña); en el grupo de las aves, *Fulica gigantea* (gallareta gigante), *Phoenicopterus chilensis* (pariwana) y *Podiceps occipitalis* (zambullidor blanquillo); y entre los anfibios, *Bufo spinolosus* (sapo)

<sup>4</sup> <http://www.inrena.gob.pe/escolares/planeta/>, accedido en diciembre 2010.

De acuerdo al Libro Rojo<sup>5</sup> de la Fauna de Vertebrados de Bolivia (MMAyA, 2009) y sus respectivas categorías, las especies amenazadas en el TDPS sector boliviano son: las especies de peces como *Orestias cuvieri* (EX), *O. pentlandii* (CR), *O. albus* (EN), el resto de las especies del género *Orestias* se encuentran en la categoría de "Vulnerable". Entre los anfibios, la rana gigante del lago *Telmatobius culeos* (CR), *T. gigas* (CR), *T. huayra* (EN), *Psychrophrynella guillei* (EN), *T. marmoratus* (VU), *P. ankohuma* (VU); y entre los reptiles, *Liolaemus forsteri* (VU). En lo que respecta a las aves, *Rhea pennata* y *Rollandia microptera* (EN), *Nothoprocta taczanowskii*, *Phoenicoparrus andinus* y *P. jamesi*, *Vultur gryphus*, *Fulica gigantea*, *F. cornuta* y *Oreomanes frasseri* se encuentran en la categoría de "Vulnerable". En cuanto a los mamíferos, *Leopardus jacobita* (CR), *Lama guanicoe* (CR), *Chinchilla chinchilla* (CR), *Chaetophractus nationi* (EN), *Hippocamelus antisensis* (EN) y *Leopardus colocolo* (VU). Todas estas especies incluyen su distribución en el TDPS.

### 2.2.5.2 Flora

Se puede mencionar que la cuenca del TDPS presenta especies endémicas, amenazadas y algunas muy especializadas al medio, esto confiere a la zona una importancia particular. Dentro de ésta, se localizan como endemismo puneño suroriental, la *Lampaya* (Verbenaceae) (Navarro, 1993) y como endemismos genéricos puneños la *Parastrephia* y *Chersodoma* (Asteraceae) (Cabrera y Willink, 1973). Como endemismos altiplánicos, la cuenca cuenta con *Atriplex nitrophiloides* y *Sarcocornia pulvinata* (Chenopodiaceae) (Navarro, 2002). Según Alcoba (2002), es muy probable que en

<sup>5</sup> La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN1 (también denominada en algunas ocasiones como el Libro Rojo), creada en 1963, es el inventario más completo del estado de conservación de especies de animales y plantas a nivel mundial. Las categorías que establece dicha lista son: Extinta (EX), Extinta en estado silvestre (EW), En peligro crítico (CR), En peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi amenazada (NT), Preocupación menor (LC), Datos insuficientes (DD), No evaluado (NE) (especie no evaluada para ninguna de las otras categorías). Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Lista\\_Roja\\_de\\_la\\_UICN](http://es.wikipedia.org/wiki/Lista_Roja_de_la_UICN), consultada en enero de 2011.

épocas anteriores se haya dado la presencia de la yareta (*Azorella compacta*) en la cara norte de algunos cerros del sur de la cuenca del lago Poopó, en alturas superiores a 3.500 msnm y, debido a su masiva extracción como combustible y su crecimiento lento, puede que se haya originado su detrimento.

Las cactáceas forman el grupo más importante desde el punto de vista de la diversidad, endemismo, presencia de nuevas especies y nuevos registros para Bolivia. Muchas se consideran vulnerables y en peligro, por la extracción no controlada con fines comerciales y por la alteración de su hábitat (García y Beck, 2006).

De acuerdo al *Catálogo de Especies Amenazadas de la Flora de Bolivia* (Meneses y Beck, 2005), las especies registradas dentro del Sistema TDPS son: *Polylepis tarapacana* (EN), *Parastrephia quadrangularis*, *Azorella compacta*, *Lobivia backebergii* y *Polylepis besseri*, en la categoría de "Vulnerable".

### 2.2.6 Especies introducidas

Las especies introducidas son la trucha, con las especies: trucha arco iris (*Salmo gairdneri*), trucha parda o marrón (*Salmo trutta*), trucha salmón (*Salvelinus namaycush*) y trucha arroyo (*Salvelinus fontinalis*); así como el pejerrey (*Basilichthys bonaerensis*). Todas ellas son utilizadas por los lugareños como fuente de proteína y como especies de aprovechamiento económico por su gran aceptación en el mercado.

En el TDPS peruano, el Proyecto Binacional Lago Titicaca (PELT) reporta una biomasa de especies de peces introducidos en el lago Titicaca de 11.516 t para el pejerrey; en cambio, para las demás especies introducidas de peces, como truchas (*Salmo spp.*), señala que no se ha detectado biomasa.

La liebre europea (*Lepus capensis*) es una especie invasora, que se encuentra entre los totorales en el borde del lago, cuando alcanzan las orillas, en áreas próximas a cultivos (Sarmiento y Osorio, 2003).



En cuanto a la flora, existen bosques de especies exóticas conformadas por eucaliptos (*Eucalyptus globulus*), pinos (*Pinus radiata*) y ciprés (*Coppresus sp.*). En el sector peruano, estas áreas boscosas se ubican principalmente en los distritos de Moho, Conima, Chucuito y península de Capachica y en la península de Taraco en el sector boliviano.

### 2.2.7 Uso de especies

Los bosques de *Polylepis* son fuertemente influenciados a causa de la actividad antrópica que está originando la reducción de su extensión y calidad. También están siendo amenazados por la tala para fuente de energía y material de construcción, quema y ramoneo.

Hacia el sur de la cuenca del Sistema TDPS, otro de los ecosistemas que está siendo fuertemente afectado son los tholares, en los que es frecuente encontrar arbustos de los géneros *Baccharis* y *Parastrephia*, donde la especie dominante es *P. cuadrangularis*. Actualmente estos arbustos, además de ser utilizados como combustible y, principalmente por su comercialización como leña, también son extraídos fácilmente para dar lugar a cultivos económicamente más rentables, como el de la quinua, por la demanda a nivel internacional y por la apertura de mercados para la quinua orgánica. El cultivo extensivo ha magnificado la problemática por la pérdida de cobertura vegetal y especies nativas, exponiendo al suelo a una mayor erosión sobre todo eólica. La transformación de las prácticas productivas está convirtiendo extensas áreas en desiertos. La thola en la medicina nativa tiene numerosas aplicaciones para combatir o tratar algunas afecciones (Vidaurre, 1993; Torrico *et al.*, 1994). Las hojas y raíces son utilizadas como tintes naturales en la artesanía para el teñido de textiles y fibras (Cajías y Fernández, 1987).

Actualmente, la totora está sufriendo un proceso de reducción y en algunas áreas está siendo extinguida. Una de las causas que produce esta extinción es la mala utilización, debido a varios factores: no se permite el rebrote, la presencia de abundante ganado va-

cuno, se corta sin planificación y existe poco interés por parte de los comunarios para manejar y cuidar los totorales. Según Lascano (2001), su uso es múltiple, principalmente como forraje para el ganado, en la construcción de techos para viviendas, en la construcción de balsas para el transporte, para el consumo humano, utilizando la raíz y la parte sumergida del tallo; también se utiliza como abono natural en la agricultura, medicina, en la artesanía local y como sustrato. La quema se traduce en una práctica común y negativa tanto para la planta como para los animales que viven en éstos ambientes, destruye los nidos de aves y disminuye la palatabilidad para el ganado (Reyes y Sáez, 2003). 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.



Bosquecillos de eucaliptos en la rívera del lago Títicaca (San José de Taraco). Foto: Alfonso Alem.

Un estudio sobre el uso de la fauna y flora por los Uru Muratos (Ríos y Rocha, 2002) refleja que todas las aves acuáticas son consumidas por los Uru Muratos, según ellos “no existen aves malas, todas son útiles”. De éstas, obtienen carne fresca, carne seca (charque), y también son cosechados los huevos. Los flamencos (pariwanas) son las aves más apreciadas por los Uru Muratos, debido a su tamaño y a la abundancia de las mismas. Además de su carne y huevos, utilizan sus plumas para artesanías, adornos y su grasa (infundia) como remedio contra el reumatismo y la fiebre.

Los peces son otro recurso muy apreciado por los Uru Muratos, la pesca más común se da sobre el karachi entre las nativas, y el pejerrey entre las introducidas. Otra especie de importancia es el ispi. En general, las técnicas de extracción son artesanales, siendo la malla agallera la más utilizada. En los lagos Poopó y Uru Uru existen 18 cooperativas pesqueras, dos de las cuales pertenecen a los Uru Muratos, de las comunidades de Puñaca y Llapallapani.

El uso de los recursos botánicos por las poblaciones de la región tiene diferentes fines, como el medicinal, alimenticio, material de construcción, elaboración de artesanías, fines religiosos y bioindicadores, entre otros. Algunas especies tienen diversos usos. Las plantas para uso medicinal es el grupo más numeroso con 40 especies posibles. Se ha contabilizado 51 especies de plantas utilizadas para otros fines por los Uru Muratos y poblaciones aledañas al lago Poopó, de las cuales, 25 sirven como alimento, 12 forrajeras, 7 como leña, 5 como material de construcción en techos y adobes, y otros con fines religiosos, entre otros.

Los medicamentos utilizados por los comunarios incluyen el uso de animales, plantas y minerales, y contemplan diversas prácticas rituales asociadas con la naturaleza. Lamentablemente, se cuenta con muy pocas fuentes escritas sobre estos importantes conocimientos, que sólo han sido transmitidos verbalmente a través de las generaciones, por lo que se corre el riesgo de que esta sabiduría llegue a perderse.

**Figura 2.8.** *Aptapi* (comida comunitaria) a orillas del lago Titicaca



Foto: Alfonso Alem.

Las plantas acuáticas son las más consumidas. La totora es la principal, además algunos pobladores usan su flor como medicamento. Debido a los cambios producidos en el lago y a su uso intensivo, se están perdiendo los totorales y sólo en el sector de Puñaca y el lago Urú Uru quedan manchones de esta planta. Otro grupo a destacar son los pastos o gramíneas, de los que aprovechan principalmente su raíz para fines medicinales. El ichu (*Stipa ichu*) es utilizada para las construcciones de los techos de las casas y la chillawa (*Festuca sp.*) y parawayaya, para la fabricación de sus artesanías como cortinas, lámparas, sombreros y escobas. De las cactáceas de la zona, aprovechan sus frutos y los tallos suelen ser usados como flotador de las boleadoras (*liwi*).

Se cree que el uso actual de los recursos naturales, tanto vegetales como animales, ha disminuido en

cuanto a intensidad. Hoy en día, es mucho más fácil conseguir productos de todo tipo provenientes de la ciudad, los cuales abastecen las necesidades alimentarias, de material de construcción, medicinal y otros, ocasionando una fuerte presión sobre el cambio de usos y costumbres tradicionales referidos a los recursos naturales. También se están perdiendo algunos conocimientos ancestrales, en especial sobre los beneficios medicinales de las plantas.

En el altiplano del Perú, y en el TDPS sector peruano, la explotación de los recursos naturales y la sobreexplotación de algunos de ellos en particular, ha provocado una fuerte modificación en la composición de la fauna y la flora. Algunas especies han desaparecido como la chinchilla y otras se encuentran en proceso de extinción como la taruca, el guanaco y el suri (*Rhea pennata*)

(CIRNMA, 1997). La presión antrópica sobre las reservas naturales ha provocado que las áreas de totora y llachu disminuyan en un 35%, (de 20.000 a 30.000 ha) en la Reserva Nacional del Titicaca y específicamente en la bahía de Puno, y en un 90% en la reserva de Huancané, donde sólo parecen quedar 100 ha.

En este sector no existen registros actuales sobre el número de especies cazadas para subsistencia; sin embargo, por las referencias más conocidas, es común (aunque en proceso de disminución) que la caza de especies de aves y anfibios en áreas de totorales de la Reserva Nacional del Titicaca se encuentre en los mercados de la ciudad de Puno y otros centros poblados del Sistema TDPS para la comercialización de especímenes de gallaretas, patos, flamencos y rana gigante, principalmente.

**Figura 2.9.** Agrobiodiversidad altiplánica



Foto: Alfonso Alem.

### 2.2.8 Agrobiodiversidad

Las primeras evidencias de la utilización de plantas y animales para su cultivo y cría datan de 10.000 a 14.000 años atrás. Sin embargo, una pequeña fracción de la diversidad biológica existente ha sido domesticada y contribuye efectivamente a la alimentación y la agricultura mundial. En este sentido, cabe destacar que apenas 15 plantas y siete animales son responsables de 90% de los alimentos que consume la población del planeta. La ecobase alimentaria de la humanidad es muy estrecha y vulnerable y cualquier desequilibrio podría ser una catástrofe (González, 2002).

El Convenio sobre la Diversidad Biológica ha dado gran énfasis a la instrumentación de un programa mundial sobre diversidad biológica agrícola o agrobiodiversidad, el cual constituye una vía para vincular la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica a la realidad socioeconómica del mundo necesitado de alimentos y el cuidado del ambiente. Sin embargo, a pesar de su enorme potencial y relevancia histórica, este programa no ha apoyado significativamente a los productores e instituciones de la región.

Los ámbitos abarcados por la agrobiodiversidad pueden definirse así:

- Los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, incluyendo sus parientes silvestres.
- Los recursos zoogenéticos de granjas agrícolas y acuiculturas y otros animales como insectos (abejas y gusano de seda, etc.).
- Los recursos genéticos de hongos y microorganismos y componentes biológicos de los suelos.
- Los factores abióticos que tienen efectos determinantes en los diferentes aspectos de la agrobiodiversidad.
- Las dimensiones económicas, culturales y sociales que determinan las actividades agrícolas, como el conocimiento tradicional de las comunidades locales, los factores culturales y los procesos participativos, el turismo agrícola y otros factores socioeconómicos ligados a la actividad agrícola.



Los países andinos tropicales pertenecen a la selecta élite de países megadiversos, tanto por la condición amazónica de todos ellos como por su condición andina. Se estima que 35% de la producción mundial de alimentos proviene o se origina de los recursos genéticos andino-amazónicos, lo que se explica por la megadiversidad de especies que alberga su extensa gama de paisajes, hábitat, biorregiones y ecosistemas, tanto naturales como intervenidos. Sólo el banco de germoplasma del Centro Internacional de la Papa (CIP) conserva los genes in vitro de siete mil 180 variedades de papa, ocho mil 26 variedades de camote, además de mil 556 variedades de raíces y tubérculos andinos (Paredes, 2010).

Como parte de esta realidad, Bolivia y el Perú son países ricos en diversidad genética de especies como los tubérculos y granos andinos, siendo las familias campesinas de escasos recursos y con limitado acceso al mercado –las descendientes de aquellos pueblos que domesticaron esa admirable cantidad de especies y variedades– las depositarias naturales de toda o gran parte de esta riqueza genética, por lo que su rol en la conservación y aprovechamiento de la misma –y los conocimientos asociados a ellas– es fundamental ya que constituyen la base de su seguridad y soberanía alimentaria (Proinpa, 2010).

A pesar del escaso apoyo e interés gubernamental en la materia, diversos organismos no gubernamentales y académicos promueven con éxito procesos de recuperación y preservación de la riqueza genética de la región, entre los que destaca la experiencia comentada en el recuadro 2.1.

## Recuadro 2.1. Estrategias campesinas para la conservación y promoción de la agrobiodiversidad: ferias y concursos

Wilfredo Rojas y Milton Pinto<sup>a</sup>

Bolivia y el Perú son países ricos en diversidad genética de especies como los tubérculos y granos andinos, siendo las familias campesinas de escasos recursos y con limitado acceso al mercado, las depositarias naturales de toda o gran parte de la riqueza genética, por lo que su rol en la conservación y aprovechamiento de las especies y variedades –y los conocimientos asociados a ellas– es fundamental porque son la base de su seguridad y soberanía alimentaria.

Las ferias y concursos de agrobiodiversidad constituyen un factor estratégico para estimular la conservación o mantenimiento de los recursos genéticos, incrementar su consumo y promocionarlo, además de concienciar a la población en general sobre la importancia de estos recursos.

En el marco del proyecto NUS IFAD II “Especies Olvidadas y Subutilizadas”, se desarrolló –conjuntamente con los agricultores– una experiencia piloto denominada “Concursos de agrobiodiversidad y uso de los cultivos andinos” durante tres años (2008-2010) en dos comunidades rurales (Santiago de Okola y Coromata Media) circundantes al lago Titicaca del departamento de La Paz, Bolivia. Los concursos tuvieron tres categorías: diversidad de semillas, comidas tradicionales y artesanías.

### Categoría: Diversidad de semillas

La diversidad de especies vegetales expuestas en Santiago de Okola varió de 13 a 17, mientras que en número de variedades se advirtió un incremento notable, como es el caso de la papa (*Solanum tuberosum*) con más del 95% de incremento, seguido de la oca (*Oxalis tuberosa*), quinua (*Chenopodium quinoa*), maíz (*Zea mays*), haba (*Vicia faba*), papalisa (*Ullucus tuberosus*) y cañahua (*Chenopodium pallidicaule*) que registraron incrementos del 40 al 60%. En el caso de Coromata Media, se expusieron 12 especies entre tubérculos, granos andinos, cereales y leguminosas, donde también se observó un incremento en la cantidad de variedades. En el caso de la papa, el número de variedades se incrementó en un 68%; entre tanto en oca, isaño, quinua, cañahua, cebada y haba el incremento fluctuó entre 40 a 166%.

### Categoría: Comidas tradicionales y no tradicionales con base en la quinua y cañahua

Los agricultores de Coromata Media participaron con preparados tradicionales que acostumbran a consumir, entre los que se destacan la *kispiña*, *p'esque*, *t'ayacha*, refrescos y *pito*, todos a base de quinua y cañahua. También presentaron alimentos no tradicionales como tortas, galletas, jugos, y otros nuevos preparados a base de productos locales, como parte de la “diversificación de usos alimentarios” promovida por el proyecto.

### Categoría: Artesanías asociadas al manejo de la agrobiodiversidad

Tanto en Santiago de Okola como en Coromata Media se registró una diversidad importante de tejidos utilizados como vestimentas y utensilios del hogar, asimismo se mostraron herramientas de trabajo utilizadas en las labores de cultivo. Estos concursos han promovido una alternativa económica para los comunarios que pueden vender sus artesanías en estos eventos y a los turistas que los visitan.

Los concursos de agrobiodiversidad contribuyen a la inventariación de cultivos y variedades locales que cultivan y conservan los agricultores de un determinado espacio geográfico, contribuyen a la identificación de variedades raras o en peligro de extinción, las cuales deben ser priorizadas en programas de conservación *ex situ* e *in situ* para no perderlas.

Los productos transformados han permitido revalorar y recuperar preparados tradicionales y difundir alternativas de nuevas de preparación utilizando la diversidad genética local. La participación de las mujeres contribuye a recuperar los conocimientos tradicionales asociados a las cualidades culinarias de los cultivos y a sus diversas formas de uso en el campo alimenticio, medicinal, y ritual.

<sup>a</sup> Fundación PROINPA; e-mail: w.rojas@proinpa.org.

## 2.3 Ecosistemas acuáticos, recursos hídricos e hidrobiológicos

### 2.3.1 Ecosistemas acuáticos

Dentro del Sistema TDPS los lagos mayores han sido inscritos como Sitios Ramsar. La Convención Ramsar sobre los humedales<sup>6</sup> es un tratado intergubernamental cuya misión es la conservación y el uso racional de los humedales de importancia internacional, a través de la acción nacional y la cooperación internacional, a fin de contribuir al logro de un desarrollo sostenible.

Ecológicamente, el lago Titicaca está ubicado en el piso altoandino semihúmedo, puna semihúmeda, y el piso altoandino árido y semiárido.

En general la subcuenca del lago Titicaca incluye sistemas acuáticos fluviales, algunos palustres (bofedales) y el lago. Los ríos provienen principalmente de la vertiente oriental, permanentes y temporales de fondo no consolidado formado por rocas y guijarros en la parte alta, cascajo y arena en la parte baja y orillas consolidadas, y con vegetación graminoide.

De acuerdo a los estudios de (Richerson, *et al.*, 1991) en (Dejoux, C. e Iltis, A., 1991) se menciona que el lago podría describirse como moderadamente “eutrófico” basándose en su producción anual total, comparado a otros lagos a nivel mundial, recomendando una clasificación general de “mesotrófico” como más apropiado. Cuerpos de agua como la bahía interior de Puno y las desembocaduras de los ríos Ramis, Coata, Ilave y Katari, entre otros, podrían clasificarse como “eutróficos” considerando sus valores en clorofila “a” en ciertas épocas del año.

En relación al hidroclima, el lago Mayor se caracteriza por ser un lago monomítico cálido, o sea que pre-

senta una circulación total en la época de invierno seco (julio y agosto), en tanto que el resto del año se halla en una permanente estratificación. El lago Menor presenta características un tanto diferentes ya que es de tipo polimítico cálido o sea con varias circulaciones al año, en tanto que la fosa de Chúa tiene las características del lago Mayor (monomítico).

Las comunidades y poblaciones vegetales y animales han sido estudiadas por equipos de investigación del Perú como de Bolivia a través de universidades, institutos, misiones científicas y convenios de cooperación. Estos trabajos que se iniciaron desde los años 30 y 40, han permitido conocer ampliamente la diversidad biológica acuática del Sistema TDPS. Es importante señalar que una importante comunidad que permite caracterizar el lago Mayor, el lago Menor, así como el lago Uru Uru y Poopó, son las macrófitas. En el lago Mayor por la gran profundidad los cinturones de vegetación acuáticos son someros, en tanto que en el lago Menor y Uru Uru, son mucho más representativos y en el lago Poopó, por las variaciones de nivel de agua y la contaminación, es escasa la presencia de esta comunidad. Una población clave sobre la que existido una fuerte presión son los peces endémicos del sistema del género *Orestias* con una veintena de especies dependiendo de los autores. Asimismo, otros grupos como las algas han sido descritos por diferentes autores, como Reyssac (1977), Lazzaro (1981) e Iltis (1992).

Se realizaron estudios extensos sobre invertebrados y el zooplancton, con la caracterización de especies endémicas como los copépodos dominantes *Boeckella titicacae* y *B. occidentalis*. Los invertebrados inferiores fueron analizados desde principios de siglo XX y, en los años 90, y se tuvo una colección completa de los macroinvertebrados tanto del Perú como de Bolivia, principalmente en relación a grupos importantes como moluscos, insectos y otros.

Por su parte, los lagos Uru Uru y Poopó, según Navarro y Maldonado (2002), están ubicados en la provincia biogeográfica altiplánica y en el piso climático

<sup>6</sup> [http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-about-about-ramsar/main/ramsar/1-36%5E7687\\_4000\\_2\\_\\_](http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-about-about-ramsar/main/ramsar/1-36%5E7687_4000_2__).

altoandino. La vegetación que crece en la zona es xerófila propia de zonas áridas puneñas y endurecida por suelos salinos.

### 2.3.2 Recursos hídricos

Los cuerpos de agua del Sistema TDPS cumplen una acción vital en la regulación de las relaciones bióticas y abióticas de la región. En los últimos años esta función ha sido motivo de diversos estudios y análisis referidos a los sistemas productivos acuáticos y a la contaminación que sufren sus aguas, como efecto de las acciones antrópicas y factores físico-topográficos propios que contribuyen a profundizar los procesos de erosión del medio ambiente y el equilibrio de su frágil ecosistema.

#### 2.3.2.1 Balance hídrico del Sistema TDPS

La cuenca del Titicaca tiene un área de 56.270 km<sup>2</sup>, de los cuales 8.440 km<sup>2</sup> pertenecen al lago, lo cual revela que esta cuenca cuenta con un extraordinario potencial hídrico; los principales aportes son de las precipitaciones pluviales, con un promedio anual de 270 m<sup>3</sup>/s correspondientes principalmente a las pre-

cipitaciones sobre el lago, que equivalen al 55,5% del volumen que ingresa a la cuenca; luego están los afluentes, con 210 m<sup>3</sup>/s, correspondientes al 44,37%, y las aguas subterráneas que contribuyen con 0,13%. Las mayores pérdidas se dan por la evaporación, estimadas en 436 m<sup>3</sup>/s, equivalentes al 93,93%, y el escurrimiento por el río Desaguadero, por donde pierde 35 m<sup>3</sup>/s es decir, el 4,83%; además se producen pérdidas menores por cambio de volumen de lago correspondientes al 0,97% y por intercambio con el aguarapa donde se estima una pérdida del 0,27% (Boulangue y Aquize, 1981; ALT, 2003, Plan Director Global Binacional del Sistema).

El río Desaguadero, por su parte, tiene un recorrido de 436 km y una pendiente promedio de apenas 0,28 m/km, creciendo su caudal –a pesar del significativo uso que hacen las comunidades del mismo para sus actividades agrícolas– desde los 35 m<sup>3</sup>/s en la embocadura del lago Titicaca, a los 52 m<sup>3</sup>/s antes de la desembocadura del Mauri, su principal afluente, y hasta los 89 m<sup>3</sup>/s a la altura de Chuquiña, antes de su bifurcación entre el Uru Uru y el Poopó, lo que muestra que el Titicaca aporta únicamente con una tercera parte del caudal con que alimenta la parte baja de la cuenca del TDPS.

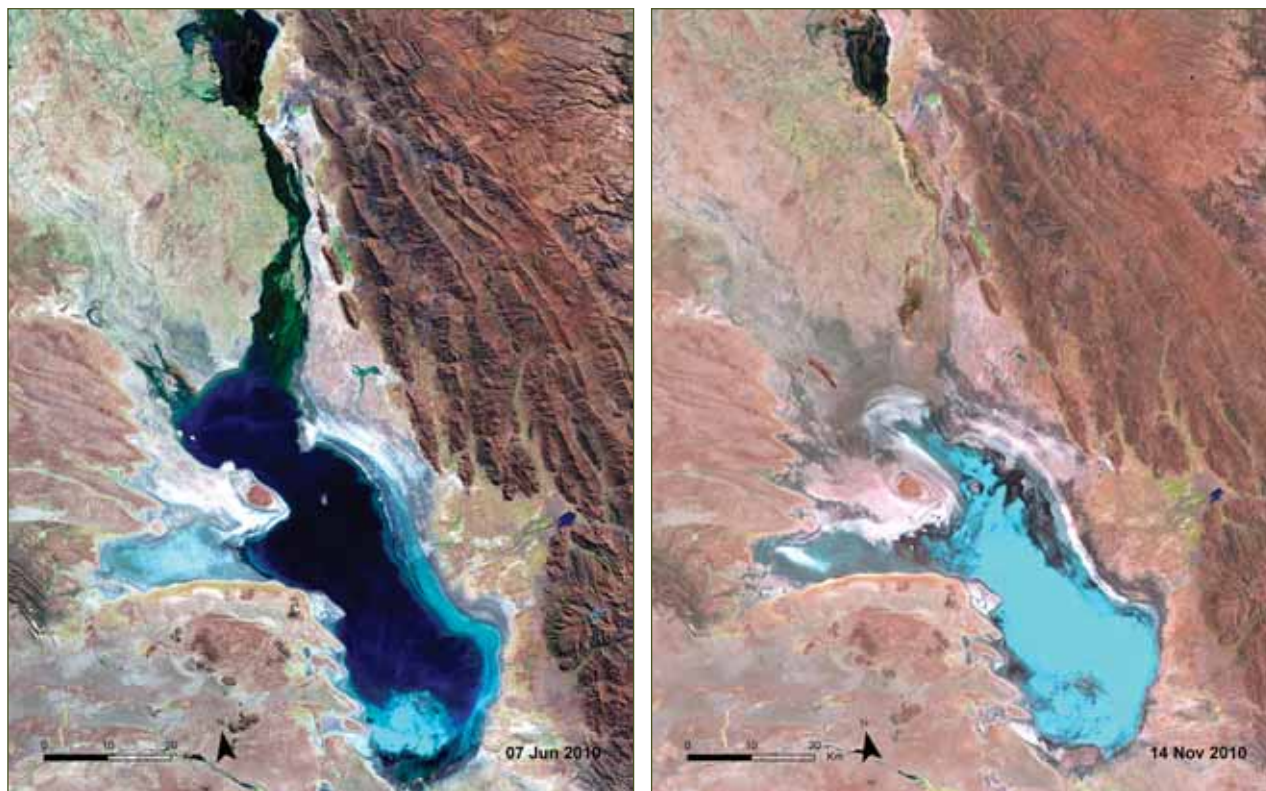


El lago Uru Uru está formado por un desborde del río Desaguadero, ocurrido en 1963 sobre la extensa planicie sedimentada denominada "Santo Tomás", próxima a la ciudad de Oruro. Tiene una longitud de 21 km, una anchura de 16 km, y una superficie de 214 km<sup>2</sup> a una altitud promedio de 3.686 m.

Hasta 1997, el lago Poopó tenía 84 km de largo por 55 km de ancho y un área de 2.337 km<sup>2</sup>; sin embargo, la precipitación ha disminuido en un valor promedio de 220 mm, y la evaporación muchas veces ha sido más alta, llegando a valores de entre 1.650 a 1.850 mm (UTO *et al.*, 2007; Pillco y Calizaya, 2008). En este caso, el Desaguadero aportaba con más del 80% del caudal de entrada (Carrasco, 1985), antes de la construcción de las obras de trasvase de aguas del río Mauri hacia el Perú. Al sur del lago, otro afluente contributivo importante es el río Márquez, y al Este los

ríos Santa Fe, Huanuni, Antequera, Poopó, Tacagua y Juchusuma; aunque dichos ríos presentan una relativa proporcionalidad entre las tasas de precipitación y evaporación. Asimismo, los valores de precipitación mencionados están conectados con anomalías del ENSO (El Niño/La Niña-Southern Oscillation), cuyos valores altos están relacionados con el episodio de La Niña y los más bajos con El Niño (Pillco y Calizaya, 2008). Al igual que los años 1993 y 1994, desde el 2006 los volúmenes de agua del Poopó se han reducido y en la actualidad el agua se restringe a un pequeño espejo de agua en la región noroeste del lago y con una profundidad no mayor a 1 m (expedición científica realizada en octubre y noviembre del 2010 entre la Unidad de Limnología del Instituto de Ecología de la Universidad Mayor de San Andrés de La Paz, Bolivia y el Instituto de Investigaciones para el Desarrollo, IRD por sus siglas en francés) (figura 2.10).

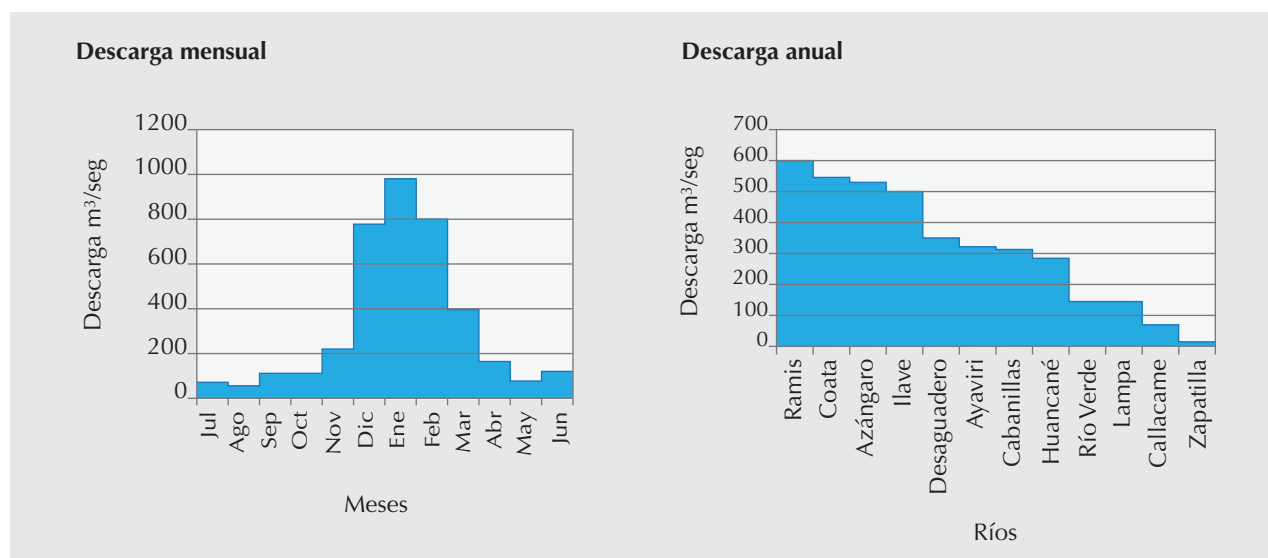
**Figura 2.10.** Imágenes satelitales del lago Poopó que dan cuenta de la dramática variación de sus niveles



Fuente: Catálogo de imágenes satelitales del Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE). Consultado en 2010, [www.dgi.inpe.br/CDSR/](http://www.dgi.inpe.br/CDSR/).  
Elaboración: F.A. Kindgard, Facultad de Agronomía, UBA.



**Figura 2.11.** Descargas recibidas por el lago Titicaca



Fuente: Registro Hidrométrico, SENAMHI, 2007.

El único efluente del lago Poopó es el río Laka Jahuirá, que funciona generalmente en época de aguas altas (Carrasco, 1985), conectándolo con el Salar de Coipasa, a través de un cauce de 135 km de longitud y una pendiente media de 0.02% (Montes de Oca, 1997).

Finalmente, el Salar de Coipasa, ubicado también en el departamento de Oruro, a una altitud de 3.657 msnm, tiene alrededor de 70 km de largo por 50 km y una superficie de 2.218 km<sup>2</sup> y sus dos afluentes principales son el Laka Jahuirá y el río Lauca, que nace en las lagunas de Cotacotani en territorio chileno, cruza la frontera con Bolivia a 3.892 msnm en Macaya, con un caudal aproximado de 2,6 m<sup>3</sup>/s y recibe aportes de diversos cursos, como el río Sajama y el río Copasa, aumentando su caudal hasta los 8 m<sup>3</sup>/s antes de girar finalmente al Sur para terminar en el Salar de Coipasa. El salar presenta un espesor máximo de 100 metros en capas superpuestas de 1 a 2 metros de grosor.

### 2.3.2.2 Oferta hídrica del lago Titicaca

El sistema hidrográfico del Titicaca está conformado por ocho cuencas que vienen a constituir afluentes del lago Titicaca, registran una mayor descarga en los

períodos de precipitaciones pluviales (diciembre-marzo), disminuyendo su caudal en el resto del año, por ausencia de lluvias (figura 2.11).

### 2.3.2.3 Frecuencia de eventos extremos

Los principales problemas hidrometeorológicos que afectan al Sistema TDPS son consecuencia de la rigurosidad de su clima, que influye notablemente en la aparición de eventos extremos de naturaleza meteorológica como:

- **Heladas y granizadas**

Existen extensas zonas altiplánicas, principalmente en el Sureste, sometidas a más de 300 días de heladas al año (en Pampahuta se llega a 313), así como zonas donde son muy frecuentes los días de granizo, sobre todo en la parte norte del Sistema, como en Quillisani a 4.600 m de altura, donde se ha llegado a registrar 63 días de granizo en el período 1971-1979. Estos fenómenos meteorológicos constituyen factores limitantes serios para la vida en la región y, en particular, para el desarrollo de la agricultura, principal actividad de sus pobladores (ALT, 2007).

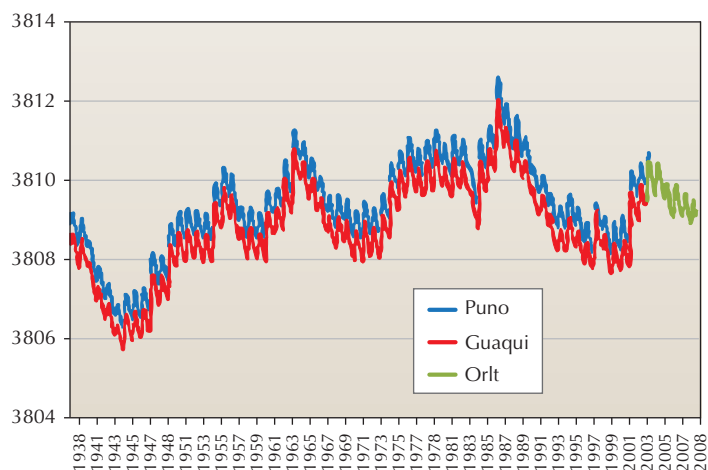
### • Inundaciones y sequías

Estos eventos son los que mayores daños ocasionan a la población de la región. Así, en la segunda mitad de la década de los ochenta, varios años consecutivos de fuertes lluvias produjeron un fuerte aumento de los aportes al lago Titicaca, cuyo nivel fue ascendiendo progresivamente hasta llegar a anegar 48.000 ha. Este fenómeno trajo consigo un gran aumento de las descargas por el río Desaguadero que, al verse incrementadas con los aportes de sus propios afluentes, 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.

Sirvan como ilustración algunos datos. Entre los años 1984, 1985 y 1986, solamente los cinco tributarios principales del lago Titicaca aportaron al mismo un volumen aproximado de 2,9 km<sup>3</sup>, lo que equivale a un caudal medio que sobrepasa ligeramente los 300 m<sup>3</sup>/s. A esto hay que añadir la contribución de los restantes tributarios y, sobre todo, la precipitación directa sobre el espejo del agua, por lo que se estima que la cifra total de aportes duplicó ampliamente la arriba mencionada. Por su parte, aguas abajo del lago, las estimaciones efectuadas evalúan el volumen circulante por la estación de Chuquiña, únicamente en el año 1986, en torno a 10 km<sup>3</sup>, es decir un caudal medio próximo a 320 m<sup>3</sup>/s que es casi cuatro veces superior a la aportación media en dicho punto (ALT, 2007).

Los sectores más sensibles a las inundaciones se ubican en las cuencas bajas de los ríos Ramis e Ilave. En ambos casos se trata de regiones extremadamente llanas, que ocupan deltas de formación reciente y que documentos cartográficos históricos atestiguan que, al menos temporalmente, han llegado a formar parte del espejo del lago Titicaca. Estas zonas fueron las más afectadas por las recientes inundaciones, permaneciendo grandes extensiones anegadas durante meses y, en algunos casos, la situación se prolongó por varios años (UOB, 2010).

Figura 2.12. Niveles históricos del lago Titicaca



Fuente: Unidad Operativa Boliviana (UOB), 2009.

De la observación de la serie histórica de niveles medios anuales de agua en el lago Titicaca en los años 1938-2008 (figura 2.12), así como de la serie de precipitación anual promedio (1960-1990) sobre los sectores peruano y boliviano del altiplano, se puede deducir que los períodos más secos fueron los años 1943, 1982-83 y 1990, y que la frecuencia de aparición de períodos secos, con mayor o menor intensidad, es relativamente alta. Los años secos tienen un promedio de precipitación de 460,3 mm, con una variación entre 552,2 y 368,4 mm.

Se han estimado los siguientes montos de daños globales ocasionados por los eventos extremos en el Sistema TDPS (ALT, 2007):

- Por efecto de las inundaciones:

Inundaciones 1985/1986	US\$ 125,0 millones
Agricultura	US\$ 41,2 millones
Infraestructura	US\$ 83,8 millones

- Por efecto de las sequías:

Sequía 1982/1983	US\$ 128,0 millones
Agricultura	US\$ 105,0 millones
Ganadería	US\$ 23,0 millones

Sequía 1989/1990	US\$ 88,5 millones
Agricultura	US\$ 88,5 millones

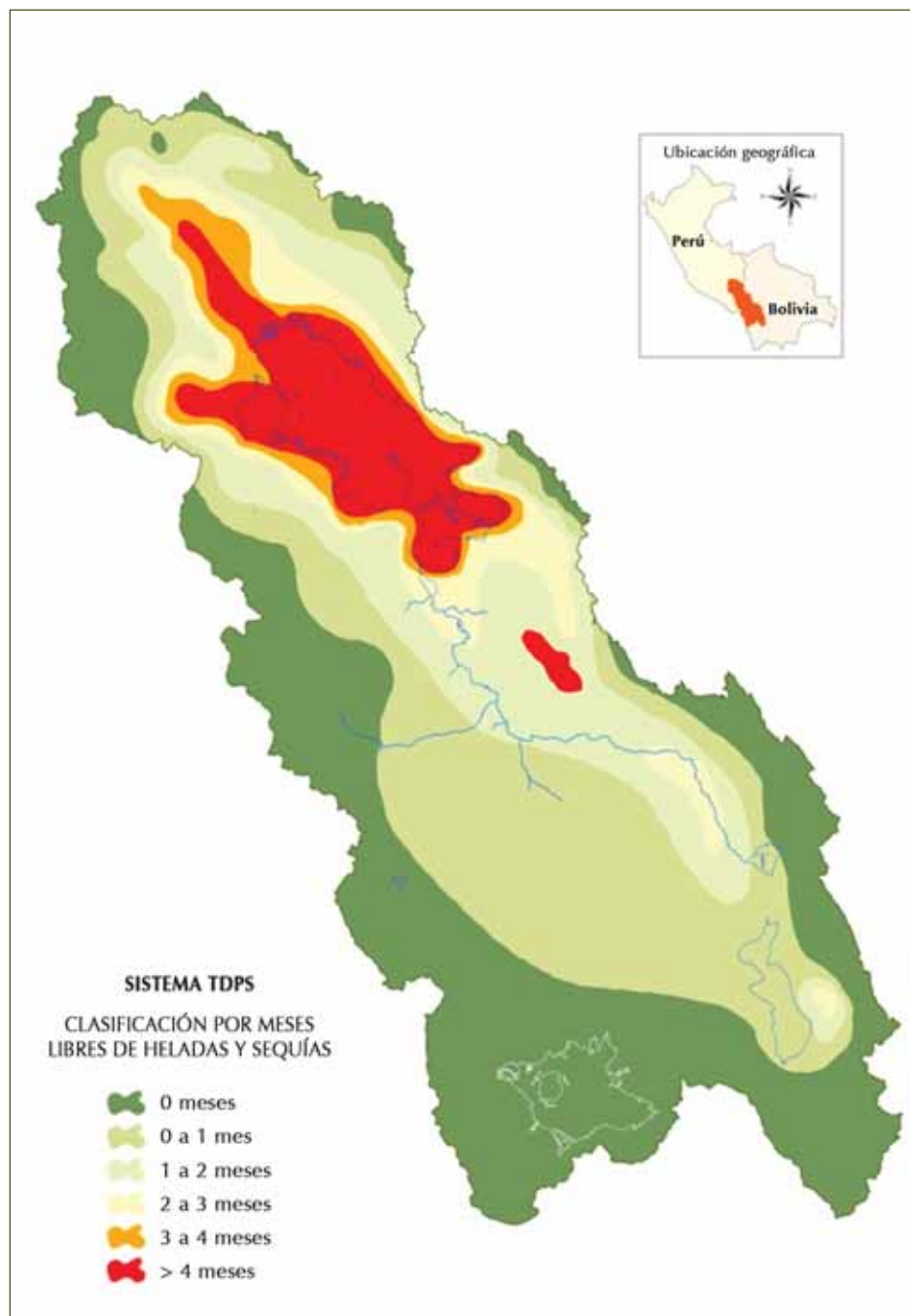
De los estudios realizados, se ha llegado a la conclusión de que las sequías son los eventos extremos más frecuentes, así como los que producen daños más graves en el Sistema TDPS, afectando principalmente al sector agropecuario que es la actividad principal de la población del altiplano.

En general y de acuerdo a la información del ALT, a través del mapa de meses sin presencia de sequías y heladas para el Sistema TDPS, se puede observar que la sequía y la helada afectan principalmente a la región periférica del TDPS, en diferentes meses y con una diferenciación entre el lago Titicaca y los lagos Poopó y Uru Uru, el primero tiene menos de cuatro meses sin sequías y heladas, en tanto que el Uru Uru y Poopó presentan una media de 1 a 2 meses sin sequía ni heladas; el resto de la región presenta sequías y heladas menores a tres meses al año, como se puede observar en la figura 2.13.

De acuerdo a la información de la ALT (2010), la zona de mayor precipitación en todo el Sistema TDPS se da en el centro del lago Titicaca, delimitada por la isoyeta de más de 500 mm; una precipitación menor se da en los alrededores del lago Titicaca, delimitada por la isoyeta de 200 a 500 mm, y la región más alejada de la cuenca está dentro de la isoyeta menor a 200 mm (figura 2.14. Mapa de isoyetas –año seco– en el Sistema TDPS).

Para los años húmedos, se vuelve a repetir la mayor precipitación para el centro del lago con más de

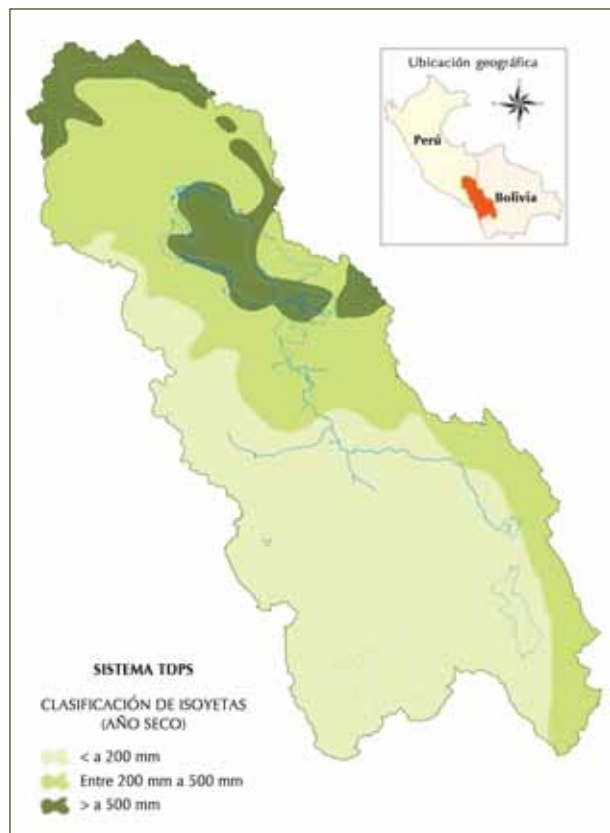
**Figura 2.13.** Mapa de meses sin presencia de heladas y sequías



Fuente: Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT).

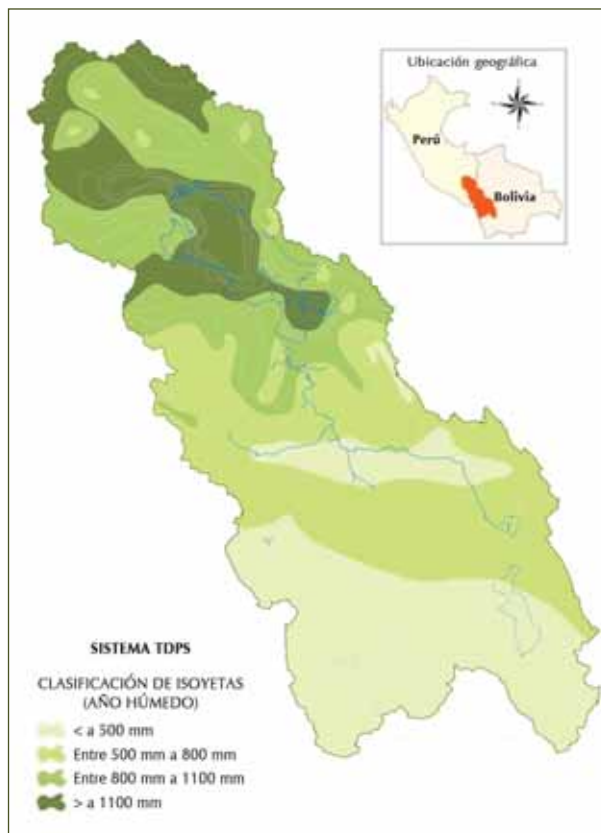
1.100 mm, descendiendo hacia el Sur de 1.100 a 500 mm y en el área de los lagos Uru Uru y Poopó el aporte es menor a 500 mm (figura 2.15. Mapa de isoyetas –año húmedo– en el Sistema TDPS).

**Figura 2.14.** Mapa de isoyetas (año seco) en el Sistema TDPS



Fuente: Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT).

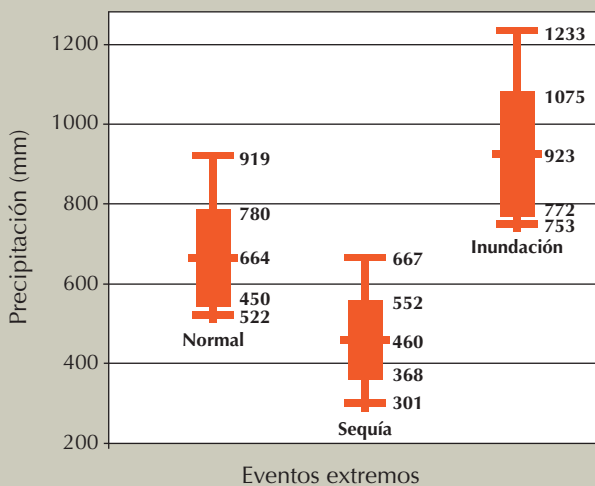
**Figura 2.15.** Mapa de isoyetas (año húmedo) en el Sistema TDPS



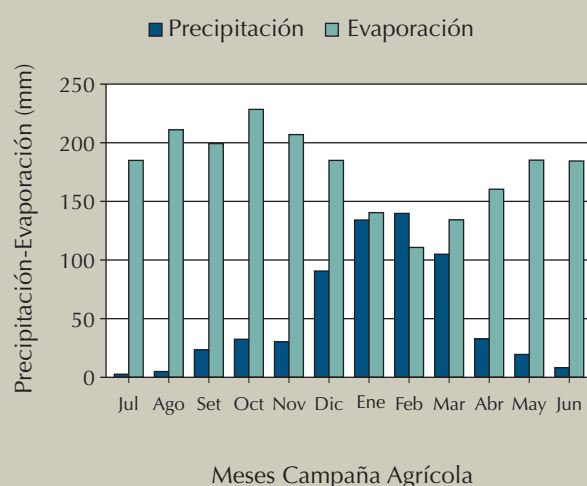
Fuente: Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT).

**Figura 2.16.** Precipitación y evaporación en los ríos Ramis e Ilave

Variabilidad de eventos extremos • Sequía e inundación (mm)



Precipitación y evaporación - Salcedo (1932-1962)



Fuentes: ATDR, 2007 y B. Grace, 1983.

### 2.3.2.4 Precipitación y evaporación

La principal característica de la precipitación es su alta variabilidad. Por ejemplo, los valores de precipitación media anual en la cuenca del río Ramis son de 745 mm/año. Las mayores precipitaciones se dan durante los meses de enero, febrero y marzo, y representan el 50% de la acumulación total anual. Pequeñas precipitaciones entre mayo, junio y julio no son significativas para la agricultura.

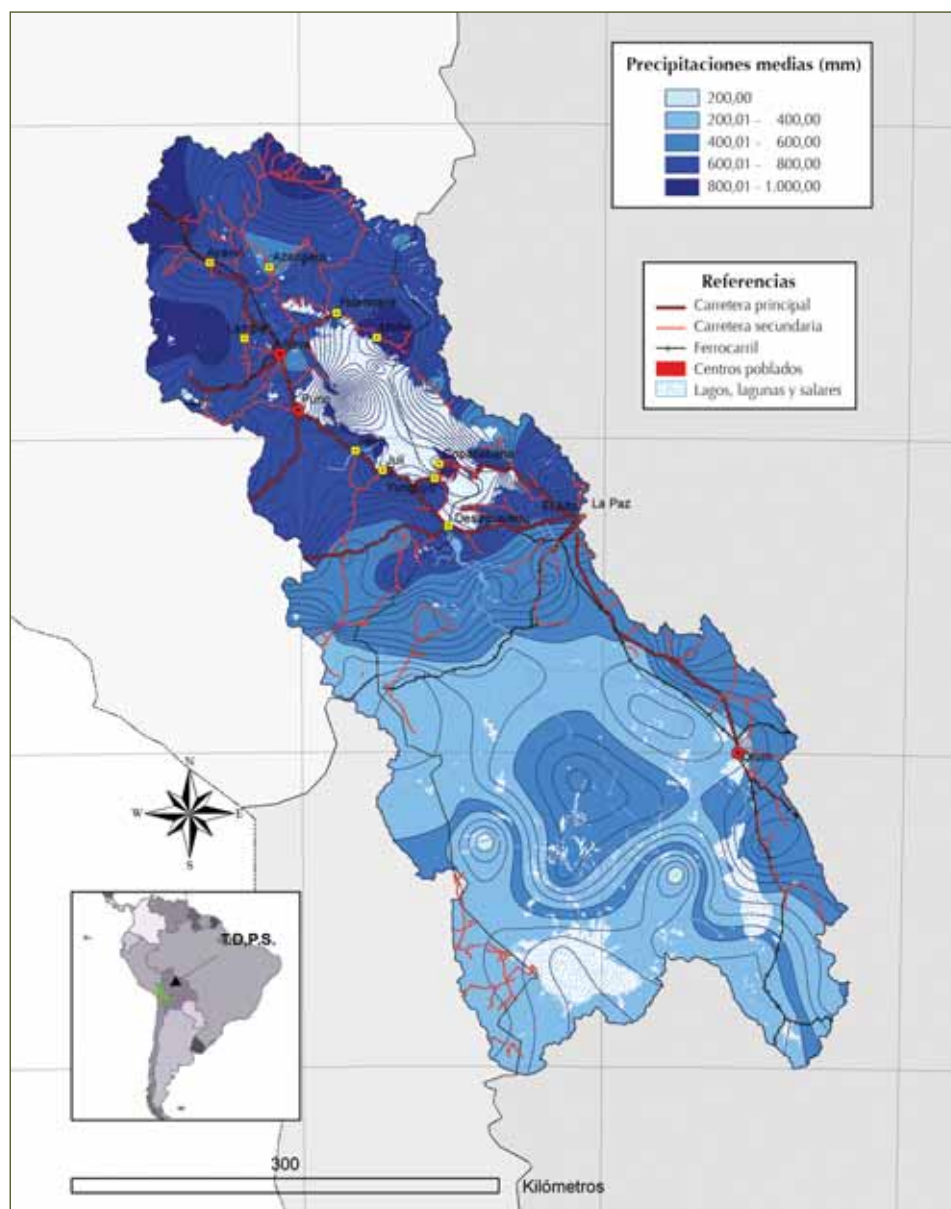
En cuanto a la evaporación para la cuenca del Ramis, el valor más bajo de evaporación se registra en la estación de Crucero, y es del orden de 905 mm/año, y los mayores valores se registran en la estación de Azángaro y Progreso del orden de 1.859 y 1.857 mm/año. En cambio, en la cuenca del llave, los valores son más bajos y su distribución espacial es más homogénea, con una diferencia significativa entre los meses del año (figura 2.16).

La figura 2.17 muestra el mapa de precipitaciones para toda la región del TDPS, donde se puede apreciar la variabilidad de las mismas según diversos factores, entre los que se puede destacar su proximidad al eje cordillerano, a los grandes cuerpos de agua, entre otros.

### 2.3.2.5 Calidad de las aguas

Junto al carácter crítico del balance hídrico (dimensión cuantitativa) de la cuenca del que dan cuenta las secciones precedentes, el tema de la calidad de las aguas del sistema (dimensión cualitativa) ha constituido una preocupación constante y creciente tanto

**Figura 2.17.** Mapa de precipitación media anual en el Sistema TDPS



Fuente: PELT-ALT.

de los gobiernos nacionales como locales y la opinión pública de ambos países.

El cuadro 2.3 brinda un resumen de la naturaleza de los elementos y fenómenos contaminantes que afectan al lago Titicaca en sus áreas críticas ya descritas, aunque los orígenes de estos contaminantes se discuten en la sección 3.1.5 de este Informe.

**Cuadro 2.3.** Principales contaminantes identificados en el lago Titicaca

Contaminante	Categoría				Razón
	Crítico	Preocupante	Emergente	De interés	
Arsénico	X				<p>Se han detectado en las aguas concentraciones altas en varias zonas del lago y en varios puntos de sus tributarios, manifestándose incumplimientos del objetivo de calidad de sustancias peligrosas en tributarios de las unidades hidrográficas del Ramis principalmente, y en menor medida del Coata, Illpa y circunlacustre.</p> <p>Se han detectado en los sedimentos concentraciones altas en la mayor parte del lago.</p>
Cadmio		X			<p>Se han detectado en las aguas concentraciones altas en varias zonas del lago y muy altas en varios puntos de sus tributarios, existiendo incumplimientos en el objetivo de calidad de sustancias peligrosas en tributarios asociados a unidades hidrográficas del Coata, Katari, Illpa y circunlacustre.</p> <p>Se han detectado en los sedimentos concentraciones moderadas en una zona del lago y en varios puntos de sus tributarios.</p>
Cianuros		X			Se han detectado incumplimiento de los objetivos de calidad para vida piscícola y para la producción de agua potable en varios puntos de los tributarios de las unidades hidrográficas del Suches, Ramis, llave, Coata y circunlacustre.
Cobre			X		<p>Se han detectado en las aguas concentraciones moderadas en varias zonas del lago y muy altas en varios puntos de sus tributarios.</p> <p>Se han detectado en los sedimentos concentraciones moderadas en varias zonas del lago y altas y muy altas en varios puntos de sus tributarios.</p>
Cromo		X			<p>Se han detectado en las aguas concentraciones moderadas y altas en varios puntos de los tributarios, existiendo incumplimientos del objetivo de calidad de sustancias peligrosas en las unidades hidrográficas del Suches y Katari.</p> <p>Se han detectado en los sedimentos concentraciones moderadas en varias zonas del lago.</p>
Fósforo				X	<p>Se han detectado en las aguas concentraciones muy altas en varias zonas del lago (próximas a la costa) y en varios puntos de sus tributarios.</p> <p>Se han detectado en los sedimentos concentraciones moderadas en una zona del lago y altas en varios puntos de sus tributarios.</p>
Materia orgánica				X	Se ha detectado en las aguas valores muy altos de DQO en varias zonas del lago (próximas a la costa) y en varios puntos de sus tributarios.

Contaminante	Categoría				Razón
	Crítico	Preocupante	Emergente	De interés	
Acidez				X	Se manifiestan incumplimientos en los objetivos de calidad para vida piscícola y para la producción de agua potable en tributarios de las unidades hidrográficas del Coata y circunlacustre.
Mercurio	X				Se han detectado en peces de varias zonas del lago concentraciones bajas, pero significativas. Se han detectado en los sedimentos concentraciones muy altas en la mayor parte del lago y en varios de sus tributarios.
Níquel		X			Se han detectado en las aguas concentraciones altas y muy altas en varios puntos de sus tributarios, revelándose incumplimiento del objetivo de calidad de sustancias peligrosas en las unidades hidrográficas del Ramis, Coata y Circunlacustre. Se han detectado en los sedimentos concentraciones moderadas en varias zonas del lago y altas en varios puntos de sus tributarios.
Nitrógeno				X	Se han detectado en las aguas valores altos de nitrógeno en varias zonas del lago (próximas a la costa) y muy altos en varios puntos de sus tributarios.
Amonio				X	Se han detectado incumplimientos en los objetivos de calidad para vida piscícola y producción de agua potable en algunos puntos del Lago, así como en varios puntos de los tributarios, principalmente en las unidades hidrográficas del Ramis, Katari, Coata y circunlacustre.
Sulfatos				X	Se ha detectado incumplimiento en el objetivo de calidad para la producción de agua potable en alguno de los tributarios de la unidad hidrográfica del Coata.
Plomo		X			Se han detectado en las aguas concentraciones moderadas en varias zonas del lago y muy altas en algunos puntos de sus tributarios, así como incumplimientos en el objetivo de calidad de sustancias peligrosas en las unidades hidrográficas del Suches, Coata y circunlacustre. Se han detectado en los sedimentos concentraciones moderadas en una zona del lago y en varios puntos de sus tributarios.
Zinc			X		Se han detectado en las aguas concentraciones moderadas en varias zonas del lago y altas en uno de sus tributarios. Se han detectado en los sedimentos concentraciones moderadas en una zona del lago y muy altas en varios puntos de sus tributarios.

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2.18.** Imagen satelital de la bahía de Cohana



Fuente: Google Earth, accedido en junio de 2009.

Las acciones que se han encaminado para prevenir, mitigar y remediar los impactos de los fenómenos tanto naturales como antrópicos que afectan a la calidad del recurso agua en la cuenca, no han estado hasta ahora a la altura de los problemas existentes. A ello han contribuido diversos factores, entre los que destacan: a) la debilidad de la normativa y los sistemas de fiscalización ambiental de ambos países; b) la falta de claridad de los sistemas de competencias (por ejemplo, entre los sectores ambiental y minero, o entre los diversos niveles gubernativos); c) las malas prácticas que se han acumulado a lo largo de la historia, particularmente en el sector minero; d) la emergencia de grandes centros urbanos e industriales y los nuevos hábitos de consumo; y e) los elevados costos y la inadecuación de muchas de las obras de infraestructura sanitaria y de seguridad industrial (incluyendo al sector minero metalúrgico).

Luego de muchos años de acumulación de diagnósticos y esfuerzos importantes, aunque parciales y discontinuos, finalmente, con el apoyo del Proyecto de

Apoyo a la Gestión Integrada y Participativa del Agua en el Sistema TDPS (“Proyecto Titicaca”) del PNUMA, se está desarrollando el diseño y puesta en marcha de una Red de Monitoreo para todo el Sistema TDPS, que incluirá las subredes de lagos, ríos y corrientes superficiales, acuíferos y fuentes contaminantes; el mismo que cuenta con la participación de los ministerios ambientales del Perú y Bolivia, institutos de investigación científica, laboratorios y organismos operativos de ambos países, que permitirá definir un sistema de monitoreo de aguas superficiales.

#### • Características de la contaminación de la bahía de Cohana

El lago Titicaca es el ecosistema acuático de la región más estudiado desde hace varias décadas; sin embargo, cuando se aborda el tema de la contaminación y con especial énfasis en el lago Menor o Wiñay Marka la situación se hace preocupante y muy peligrosa, desde el punto de vista de su acelerado proceso de eutrofización cuya consecuencia es



la pérdida del hábitat acuático tanto para los peces (especies endémica), como para los otros niveles tróficos.

La mayor contaminación que recibe el lago Menor o Wiñay Marka del lago Titicaca, se da a través del río Pallina, principal afluente del río Katari que desemboca en la bahía de Cohana. Consistente en descargas orgánicas e industriales que se originan en las ciudades de El Alto, Viacha y otras poblaciones que se desarrollan aceleradamente en esta región.

La bahía de Cohana se caracteriza por ser una área de inundación de baja profundidad a lo largo de unos kilómetros, cuya baja profundidad favorece la expansión rápida de una eutrofización con el desarrollo masivo de hidrófitas que son aprovechadas por las comunidades del lugar como forraje para sus animales, los mismos que pasan largas horas del día dentro del lecho de la bahía, generando una carga contaminante cuyos niveles, a pesar de no haber sido cuantificados, podrían superar fácilmente la que llega disuelta en las aguas del río Katari.

En la actualidad, esta contaminación se evidencia en casi todas las islas próximas a esta bahía (figura 2.18), incluyendo a la península de Taraco. A esto se suma la intensa proliferación de centros de producción piscícola (la truchicultura), que incorporan materia orgánica al medio considerando que la conversión de alimento balanceado utilizado en esta actividad es de una relación de 3:1. Teniendo en cuenta una explotación de aproxi-

madamente unas 500 t/año de trucha, se estaría añadiendo al lago Wiñay Marka otras 1000 t/año de materia orgánica, cuya degradación incrementará los niveles de contaminación de la bahía. Esta situación se agrava en los años de alta sequía, donde el flujo del caudal a través de la desembocadura del río Desaguadero se minimiza y estos contaminantes quedan en la cubeta incrementando el proceso de eutrofización.

El explosivo desarrollo de las hidrófitas –principalmente *Lemna*, *Hydrocotyle* y *Azolla*–, por ser plantas que caracterizan a la biomasa superficial del lago, favorece la pérdida de oxígeno disuelto en el agua pudiendo percibirse malos olores por la emisión de gases metano y sulfurados. La demanda biológica de oxígeno (DBO) del agua que fluye hacia el curso del río Pallina oscila entre 700 a 800 mg/l, que no se logra reducir de forma eficiente a su paso por la planta purificadora de Puchukollo.

Por otro lado, tal como se puede evidenciar en el cuadro 2.3, la contaminación con metales pesados originados en las industrias de El Alto tiene concentraciones alarmantes de cadmio, arsénico y plomo, entre otros. La magnitud de los contaminantes es una creciente amenaza a los principales hábitat de las diferentes especies piscícolas nativas (género *Orestias*) y los otros niveles tróficos.

En relación a las tasas de sedimentación, los valores que presenta el lago Titicaca son bajos en relación a otros lagos tropicales. Según Binford, Brenner y



Egstrom (1992) la tasa de sedimentación en la localidad de Lukurmata, al norte de la península de Taraco en el lago Menor, es de  $10.7 \text{ mg cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ .

#### • Características de la contaminación de la bahía interior de Puno

En este sector, el lago Titicaca sufre un proceso de contaminación gradual desde hace más de 30 años, los factores conocidos son el vertimiento de las aguas residuales de la ciudad de Puno en las poblaciones ribereñas, la colmatación de plantas de tratamiento; la crianza de truchas en el lago, entre otras. Estas actividades incorporan materia orgánica y por lo tanto estas aguas tienen altas concentraciones de compuestos fosforados y nitrogenados que causan la eutrofización acelerada del lago Titicaca, agravada por la falta de mantenimiento de las lagunas de oxidación y el crecimiento urbano sin ninguna planificación.

El mayor impacto negativo en la fauna acuática es la disminución de la biomasa íctica en el caso del lago Titicaca. En la flora acuática, la proliferación de espe-

cies como la lenteja de agua (*Lemma sp.*) que se alimenta de nitritos provocando la desaparición de otras especies como el llachu (*Myriophyllum quitense*), utilizada para la alimentación de animales, y también causando el deterioro del paisaje (Gobierno Regional de Puno-Diagnóstico Ambiental, 2009). Las imágenes satelitales de la figura 2.19, correspondientes a los años 1984, 2001 y 2008 muestran este fenómeno.

Entre los principales indicadores de la contaminación de la bahía interior de Puno tenemos:

- *La variación de la temperatura del agua* muestra diferencias sustanciales durante el año, de octubre a abril (época lluviosa) se mantiene alrededor de  $16 \text{ °C}$ ; y de mayo a setiembre (época seca), disminuye hasta  $12 \text{ °C}$ . Se estima que las temperaturas de verano contribuyen a la degradación de la materia orgánica, incrementando la dinámica microbiológica, la proliferación de fitoplancton y el crecimiento de la lenteja de agua; asimismo, incrementando la turbidez del agua, acelerando la putrefacción y, en consecuencia, los malos olores (Flores y Ocola, 2007).

**Figura 2.19.** Floración en la bahía interior de Puno: 1998, 2001, 2008



Fuente: Landsat.

Elaboración: Federico Adolfo Kindgard, Facultad de Agronomía, UBA.

- *Los valores promedios mensuales de pH* evaluados en la bahía interior de Puno varían de 7.1 a 8.40, estos valores son ligeramente alcalinos, lo cual demuestra que este cuerpo de agua se encuentra bajo una intensa actividad biológica como producto de la descomposición de la materia orgánica que causa la contaminación y eutrofización, corroborando los hallazgos de Flores y Ocola (2007).
- *Las concentraciones de oxígeno disuelto* son muy bajas. De enero a diciembre del 2008 se registraron valores de 1 a 2 mg/l, y luego, de enero a setiembre del 2009, los valores del efluente y afluente se igualaron a valores de 0.02 mg/l, indicando que la tasa de oxígeno se encuentra en niveles muy bajos calificados como anóxicos. Se estima que si estos valores disminuyen por debajo de 3,0 mg/l prolongadamente, es probable que gran parte del ecosistema colapse biológicamente por falta del oxígeno indispensable para la vida (Flores, 2007). Los niveles de OD entre 0.0-4.0 mg/l, se califican como agua de mala calidad (CIESE, 2003).
- *Los valores de DBO<sub>5</sub><sup>7</sup>* en la bahía interior de Puno, en general, son altos, las aguas del afluente que ingresan en la planta de tratamiento tienen valores mayores a 200 mg/l, y las aguas del efluente disminuyen de 110 a 40 mg/L de DBO<sub>5</sub>. El valor límite permitido referencial para este parámetro en aguas residuales tratadas (efluente final) es de 10.0 mg/l (EMSA Puno, 2009).

Y, entre los indicadores biológicos de contaminación en las aguas de la bahía:

- La calidad del agua en la bahía interior de Puno ha sido afectada sostenidamente por la contaminación de coliformes totales y fecales con valores elevados según las valoraciones realizadas durante los meses de junio del 2008 a marzo del 2009 (EMSA, 2009).

<sup>7</sup> La concentración de DBO<sub>5</sub> es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aeróbicas (Romero, J., 1999).

Las aguas residuales continúan siendo una fuente importante de contaminación biológica. La remoción de coliformes en la laguna de oxidación varía de 93 a 99%; al respecto Flores y Ocola (2007) señalan que “los rendimientos de las lagunas de oxidación, cuando trabajan bajo un adecuado programa de operación y mantenimiento, pueden resultar muy alentadores, pero no siempre lo son para el medio ambiente, sobre todo si se trata de ecosistemas acuáticos como la bahía de Puno, cuya calidad ambiental juega un rol importante en la imagen y calidad de servicios ambientales que ésta puede brindar a los usuarios”. Finalmente, debemos señalar que la remoción de coliformes, tanto totales como fecales en Desaguadero llave y Juli –tres de las mayores poblaciones intermedias de la ribera lacustre–, es menor que en Puno.

#### • **Características de la contaminación de los lagos Poopó y Uru Uru**

Los primeros trabajos realizados en el lago Poopó, se remontan a las primeras expediciones científicas realizadas por Sudamérica; inicialmente D’Orbigny (1845-1847) y Neveu-Lemaire (1906), quienes realizaron la caracterización de la biota acuática y algunos datos morfométricos de lagos Titicaca y Poopó.

Los siguientes trabajos que tuvieron el mismo propósito de caracterización de la biota acuática de los lagos Uru Uru y Poopó –como Servant y Vildary (1978), Collot (1982) e Iltis y otros (1990)– concluyeron que la diversidad del lago Poopó era extremadamente pobre y desde hace mucho tiempo este lago estaba siguiendo un proceso de salinización (Gilson, 1938; Carmouze *et. al.*, 1978; Marín y Quintanilla, 2002; Molina *et al.*, en prensa).

Posteriormente, por iniciativa de la Unidad de Limnología del Instituto de Ecología de Bolivia y con el apoyo financiero del Fondo Nacional para el Medio Ambiente (FONAMA), se realizó una evaluación integral de los metales pesados; es decir, incluyendo la cadena trófica acuática y al hombre, por Apaza *et al.*

(1996). Los resultados obtenidos en peces y aves mostraron valores relativamente bajos de los límites permisibles para el consumo, excepto para el mercurio y el plomo en peces del género *Orestias* en el lago Uru Uru. Observaron también cierto grado de biomagnificación del cadmio, en flamencos que se alimentaban del zooplancton (Apaza *et al.*, 1996).

La composición química de las aguas de los lagos Uru Uru y Poopó varía considerablemente de acuerdo a su evolución hidrológica y a la regulación de ambos cuerpos de agua. Como resultado se han evidenciado fuertes variaciones estacionales (Rocha, 2002). Iltis (1993), mostró un interesante gradiente de salinidad de Norte a Sur en el lago Poopó; donde las aguas del Norte, a la altura de la población de Pazña, tienen una salinidad 7,5g/l (hipohalino), incrementándose diez veces más hacia el Sur cerca de Huari hasta 75 g/l (hiperhalino).

Con base al convenio interinstitucional de cooperación realizado entre la Universidad Técnica de Oruro, FUNDECO, MINCO y Sinchi-Wayra S.A., se realizó la evaluación ambiental del lago Poopó y sus tributarios entre los años 2005 al 2007. Las concentraciones de metales pesados encontradas en el agua siguen el patrón de salinidad de Norte-Sur, es decir, las concentraciones de los metales son menores en el Norte y hacia el Sur estos se incrementan. Las altas concentraciones fueron halladas en el época seca y los máximos valores corresponden al arsénico (1,6 mg/l), cadmio (0,02 mg/l), plomo (1,0 mg/l) y zinc (25 mg/l); estos valores superan a los límites máximos permisibles comparados (UTO-MINCO-FUNDECO-KOMEX, 2008). Aunque no se cuenta con información actualizada para el caso del lago Uru Uru, la información disponible afirma que únicamente el cadmio, antimonio y plomo se hallan por encima del límite máximo (Bocángel, 1999).

El contenido iónico de las aguas de los lagos Uru Uru y Poopó presenta altas concentraciones de sales (Quintanilla *et al.*, 1985; Rocha, 2002). Tanto para el lago Uru Uru y el Poopó, los valores de *pH* presentan un rango básico que varía de 8,0 a 9,1 (Bocángel, 1999; Molina *et al.*, en prensa). En cambio, la composición iónica estaba dominada por los iones cloruro, sulfato y en menor grado por el sodio. Los iones de calcio, potasio, magnesio, carbonatos y bicarbonatos se encuentran en menor concentración. Para los demás iones, en el Poopó también tiene un aumento de Norte a Sur, con excepción de los iones bicarbonato (cuadro 2.4) (Molina *et al.*, en preparación).

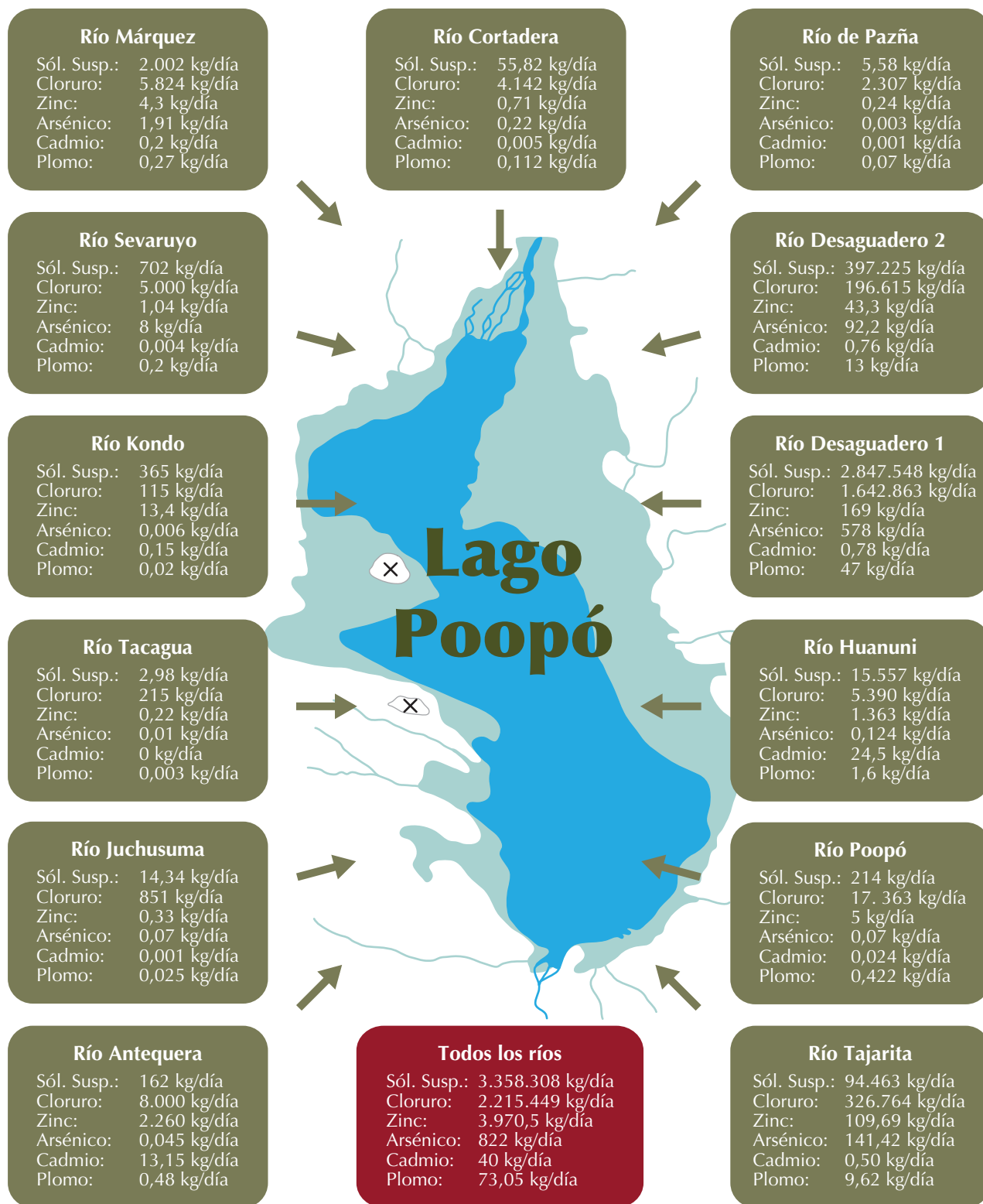
Un análisis de contaminantes por metales pesados que ingresan a través de algunos de los ríos representativos afluentes al lago Poopó, efectuados por el convenio Universidad Técnica de Oruro, FUNDECO, MINCO y Sinchi-Wayra S.A. (2007), son presentados en la cuadro 2.5. En estos resultados se puede constatar que muchos de los elementos sobrepasan muy por encima los valores permisibles especialmente el cadmio y el zinc (ver figura 2.20).

**Cuadro 2.4.** Principales características físico-químicas del lago Poopó

Características	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4	Sitio 5
Conductividad ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	55.500	81.000	97.300	116.400	129.400
<i>pH</i>	8,7	8,7	8,4	8,8	8,5
Na+ (mg 1)	1.156	5.200	8.730	14.500	17.600
K+ (mg 1)	52	100	246	724	778
Ca++ (mg 1)	158	247	369	600	664
Mg++ (mg 1)	96	192	216	235	292
Cl- (mg 1)	9.288	32.116	38.624	41.230	53.382
SO4= (mg 1)	8.118	10.621	12.633	14.440	19.044
HCO3- (mg 1)	61	61	153	<3	<3
CO3- (mg 1)	186	258	278	336	438

Fuente: Molina *et al.*, en prensa.

Figura 2.20. Aportes de metales pesados y sólidos en suspensión al lago Poopó



Fuente: UTO-MINCO-FUNDECO-KOMEX, 2008.

**Cuadro 2.5.** Contaminación por metales pesados en la cuenca del lago Poopó<sup>a</sup>

Elementos	Unidades	Límite de detección	Río Huanuni	Termas de Pazña	Río Cortadera	Río Márquez	Río Antequera
Na	mg/l	0,005	37,2	2.019,9	494,12	140,48	74
Li	mg/l	0,001	0,62	7,68	5,74	1,184	0,665
Mg	mg/l	0,001	59,9	11,88	19,7	6,08	27,15
Al	mg/l	0,002	72,43	0,12	0,06	0,028	16,82
Si	mg/l	0,2	95	24	74	16,4	23
K	mg/l	0,03	5,4	92	43,8	11,6	8,5
Ca	mg/l	0,7	117	80	37	28	114,78
Cr	mg/l	0,0005	0,02	0,04	-0,01	0,002	0,003
Mn	mg/l	0,0001	17,5	0,288	0,016	0,002	8,5
Fe	mg/l	0,01	66,26	0,4	-0,1	0,04	0,1
Co	mg/l	0,000005	0,326	0,0008	0,00029	0,00004	0,103
Ni	mg/l	0,0003	0,445	0,024	-0,003	0,0024	0,1735
Cu	mg/l	0,0002	2,837	0,024	0,005	0,0024	0,38
Zn	mg/l	0,0005	154	0,56	0,096	0,02	74,62
As	mg/l	0,00003	0,0045	0,008	0,0111	0,0736	0,00175
Br	mg/l	0,003	0,09	0,8	0,7	0,332	0,1
Sr	mg/l	0,00004	0,506	1,928	0,833	0,285	0,625
Cd	mg/l	0,00001	1,68	0,0032	0,0012	0,00096	0,425
Sb	mg/l	0,00001	0,0009	0,0188	0,0204	0,00352	0,0008
Hg	mg/l	0,0002	0,002	0,008	-0,002	0,0008	0,001
Pb	mg/l	0,00001	0,0163	0,2008	0,006	0,0062	0,023

Fuente: UTO-MINCO-FUNDECO-KOMEX, 2008.

<sup>a</sup> Los límites permisibles son en referencia a la vigente reglamentación en materia de contaminación hídrica de Bolivia.

En el lago Uru-Uru, el estudio de Molina *et al.* (2010) sobre las interacciones alimenticias acuáticas basadas en isótopos estables de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  dilucidó el origen (fuente) y las transferencias metálicas en las cadenas tróficas. En general, dicho estudio demostró que los sedimentos superficiales eran el recurso básico más importante para la estructuración trófica y no la totora como se suponía (Quintanilla *et al.*, 2008). En la Región Sur también fueron importantes otras plantas acuáticas (*Myriophyllum sp.*) y el perifiton (biofilm). Los invertebrados en general se comportaron como consumidores primarios. Las posiciones tróficas superiores estuvieron representadas por peces del género *Orestia* (karache), y del ave acuática *Rollandia rolland*

(zambullidor), donde las máximas concentraciones estuvieron por encima del límite recomendado para el consumo, como en el caso del estaño (4,2 mg/kg), zinc (52 mg/kg) y mercurio (0,5 mg/kg).

Para el lago Poopó también se estudiaron las cadenas tróficas de acuerdo al gradiente de salinidad de Norte a Sur. La diversidad de organismos acuáticos fue menor y por lo tanto se observó una cadena trófica simple, donde los sedimentos superficiales fueron los únicos y más importantes recursos de estructuración trófica. En dicho lago se hallaron elevadas concentraciones de zinc (>60 mg/kg) y mercurio (>0,6 mg/kg) en el depredador pejerrey y en el karache.

**Cuadro 2.6.** Sólidos suspendidos de los principales ríos del Sistema TDPS

Río-estación	Área 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
Suches-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

Fuente: ALT, Plan Director Binacional Perú-Bolivia, 2008.

Para ambos lagos, respecto a la amplificación metálica en la estructura trófica (desde las fuentes hacia los depredadores superiores), únicamente el mercurio y en menor grado el cadmio y el zinc mostraron patrones de biomagnificación, en cambio el arsénico y el plomo tendieron a biodiluirse.

#### • Características de las corrientes superficiales

En el cuadro 2.6, se da cuenta de la naturaleza de los sólidos en suspensión que arrastran los principales ríos del Sistema TDPS.

En el anexo 2, se incluyen dos cuadros que resumen el panorama general de las condiciones fisicoquímicas y bioquímicas de las diversas subcuencas del Sistema TDPS.

### 2.3.3 Recursos hidrobiológicos

Las estimaciones de biomasa total de peces para el período comprendido entre 1985 y 2008, varían de 49.854 t/año en 1999 y 97.361 t/año para 1997, la curva de la biomasa íctica total, muestra una tendencia decreciente, como también para cada una de las especies (cuadro 2.7)

Un aspecto preocupante es la evidente extinción de especies nativas de la biomasa íctica en el área pelá-

gica del lago Titicaca, la desaparición del umanto (*Orestias cuvieri*) y la boga (*Orestias pentlandii*), entre los más representativos. Hay otras especies nativas en peligro de extinción como el suche (*Trichomycterus rivulatus*), el karachi amarillo (*Orestias albus*) y el ispi (*Orestias ispi*), debido a la pesca irracional y selectiva, la depredación por parte de

especies introducidas y el uso de estos últimos como alimento en los criaderos de truchas. Otros factores son la destrucción de los totorales y la contaminación por el vertimiento de las aguas servidas que provienen de las ciudades ribereñas y cuencas de la región (Gobierno Regional de Puno-Diagnóstico, 2009).

#### 2.3.3.1 Producción pesquera artesanal

La pesca artesanal y la acuicultura son en la actualidad dos fuentes importantes de producción de alimentos para el consumo humano. El primer destino de la actividad pesquera es el autoconsumo, mientras tanto los excedentes y las especies de mayor valor son destinados al mercado. Las principales especies de pesca son el karachi e ispi (nativas), pejerrey, (introducida), mientras que el mauri y la boga son mínimos o simplemente despreciables. La pesca de la trucha arco iris, durante los últimos 10 años, significa menos del 3% de la extracción total, siendo su mayor producción en jaulas y piscigranjas.

El volumen total estimado de extracción de especies nativas e introducidas en Puno para el período 1997-2008 (cuadro 2.8) es de 25.857.785 kg, con una tendencia decreciente en dicho período; sin embargo, se registró una producción excepcional de karachi y pejerrey el año 2001 con 4.032.422 kg, cuyas especies son de la mayor importancia económica (DIREPRO-PUNO, 2008).

**Cuadro 2.7.** Biomasa de los recursos pesqueros pelágicos en el lago Titicaca, 1985-2008

Año	Fecha	Ejecutor	Biomasa (t)				
			Ispi	Pejerrey	Trucha	Karachi	Total
1985		IMARPE	52.000	20.000	13.000	6.000	91.000
1993	Jul-93	IMARPE-PELT	25.060	18.215	625	10.580	54.480
1993	Dic-93	PELT-CEIDAP	42.203	17.673	2.294	14.200	76.370
1994	Mar-Abr-94	PELT-CEIDAP	36.638	19.714	1.450	13.903	71.705
1994	Sep-94	PELT-CEIDAP	34.935	18.874	1.156	13.169	68.134
1996		PELT	27.240	18.619	1.381	27.083	74.323
1997		PELT	37.570	18.031	567	41.193	97.361
1998	Jun-98	PELT	30.903	17.697	705	12.837	62.142
1999	Jul-Ago-99	PELT	32.175	16.900	324	455	49.854
2000	Ago-Sep-00	PELT	49.631	19.497	673	127	69.928
2000		PELT	30.903	17.697	705	12.837	62.142
2006	Abr-May-06	PELT-IMARPE	54.000	13.800		12.400	80.200
2007	Mar-Abr-07	PELT-IMARPE	49.000	11.600		8.250	68.850
2007	Dic-07	PELT-IMARPE	49.400	11.150		8.200	68.750
2008	Dic-08	IMARPE	49.960	11.516		9.184	70.660

Fuente: Informes de Evaluaciones del PELT e IMARPE.

**Cuadro 2.8.** Volumen estimado de extracción mensual de especies ícticas en Puno (miles de kg)

Provincia	Nativas (A)					Introducidas (B)			Total A+B
	Total	Boga	Karachi	Ispi	Mauri	Total	Pejerrey	Trucha natural	
Volumen total (kg)	899,37	0	752.517	116.234	30.615	542,37	482.257	60.109	1.441,70
Puno	325,23	0	294.111	23.652	7.462	125,09	121.030	4.058	450,31
Chucuito	91,30	0	82.042	5.081	4.180	57,07	27.636	29.438	148,38
El Collao	76,67	0	82.766	10.468	3.435	40,28	38.495	1.784	116,95
Yunguyo	55,42	0	49.517	3.562	2.343	31,46	31.231	230	86,86
Huancané	195,96	0	140.375	46.242	9.343	137,76	133.404	4.357	333,72
Moho	70,84	0	43.689	25.247	1.905	63,04	61.961	1.077	133,88
Azángaro	81,30	0	77.981	1.737	1.585	71,45	64.033	7.417	152,75
Lampa	2,64	0	2.036	245	362	14,19	4.381	9.810	16,83
Otros	0,00	0	0	0	0	2,02	86	1.938	2,02
<b>Total</b>	<b>1.798,73</b>	<b>0</b>	<b>1.525.034</b>	<b>232.468</b>	<b>61.230</b>	<b>1.129,28</b>	<b>964.514</b>	<b>120.218</b>	<b>2.883,40</b>

Fuente: Dirección Regional de Producción, 2007.



**Cuadro 2.9.** Extracción trienal de recursos hidrobiológicos en Puno, 1997-2008 (en kilogramos)

Especies	1997-1999	2000-2002	2003-2005	2006-2008
<b>A. Nativas</b>	<b>768.170,50</b>	<b>1.114.971,00</b>	<b>1.248.762,67</b>	<b>152.7276,67</b>
Boga	288,33	661,00	0,00	0,00
Karachi	135.262,57	851.243,33	854.237,67	686.352,67
Ispi	47.120,56	224.421,67	371.896,00	819.163,67
Mauri	1.070,65	38.701,67	22.629,00	17.452,67
Suche	0,00	0,00	0,00	65.51,50
<b>B. Introducidas</b>	<b>1.039.769,00</b>	<b>1.344.611,67</b>	<b>635.670,67</b>	<b>535.650,67</b>
Pejerrey	993.979,00	1.314.561,67	555.973,00	464.921,00
Trucha	15.286,02	30.050,00	79.697,67	70.729,67
<b>Total (A+B)</b>	<b>6.807.939,50</b>	<b>2.459.581,67</b>	<b>1.884.433,33</b>	<b>2.062.987,33</b>

Fuente: Ministerio de la Producción, Dirección Regional de Pesquería de Puno.

El volumen de extracción del pejerrey para el mismo período representa 39,39%. La extracción de la trucha natural representa el 2,53%. La actividad pesquera creció en enero del 2009 en 59,4% respecto al año anterior, explicado por la mayor producción de la trucha en jaulas flotantes (74,4%), y el incremento de la demanda local, nacional y sobre todo del extranjero. También se incrementó la extracción de karachi (43,5%), mauri (19,8%); y una ligera disminución de extracciones de ispi, suche, pejerrey y trucha natural (cuadro 2.9)

La mayor parte de la producción pesquera en el sector boliviano del lago Titicaca es del tipo artesanal, realizada con pequeñas embarcaciones y artes medianas (redes agalleras, redes de arrastre y espineles). Actualmente, existe poca información debido a que el Sistema de Colecta de Estadísticas Pesqueras, operado por el Centro Desarrollo Pesquero (CDP) desde los años 80, fue desarticulado con el proceso de descentralización de 1995 (MACA, 2005; FAO-VDRA, 2009); por esta razón, no existen estadísticas oficiales en el país desde el período 1995-2009.

Las únicas referencias recientes (2007-2008) provienen de un estudio experimental sobre capturas pesqueras locales realizado en cinco comunidades

riberañas: Villa San Martín, Yampupata (Prov. Manco Kápac), Chúa Cayacoto (Prov. Omasuyos), Tintuma, Janq'ó Marka, Kassa y Willacollo (Prov. Ingavi), en el que participaron los pescadores de cada localidad (Lino, 2008). Los volúmenes de captura, obtenidos mediante extrapolación, ascienden a 3.013 t para el año 2007 (Lino, datos no publicados) y se estima que el 80% (2.410 t/año) de estas capturas es transportada a los mercados locales y urbanos; y el 20% (603 t/año) es destinada al autoconsumo local.

De manera generalizada, se aprovechan tanto especies nativas como introducidas, sin embargo, el ispi (*Orestias ispi*) y el pejerrey (*Odonthestes bonariensis*) son las especies de mayor captura (más del 70%) y el resto, lo conforman dos especies de karachi (*Orestias luteus* y *O. agassi*). El mauri (*Trychomycterus rivulatus*) y la trucha de vida libre (principalmente *Oncorhynchus mykiss*) contribuyen en bajos porcentajes a las capturas.

Sin embargo, la disminución del recurso (nativo o introducido) es un problema generalizado, tanto especies nativas como exóticas están sobreexplotadas, principalmente, por capturas intensificadas sin control, por el uso de artes inapropiadas (redes de arrastre), y la

degradación ambiental (contaminación doméstica, minera y extracción de totora) (Lino, 2008; FAO-VDRA, 2009).

Respecto a especies nativas, los pescadores coinciden en que hace 25 años éstas eran más abundantes. En las orillas era posible observar a simple vista grandes cantidades de karachi y que con un esfuerzo de 10 redes/noche se capturaban hasta 300 peces. En 1980 y 1984 se registró un promedio de 4 a 4.5 redes/pescador (Baudoin, 1988), unidad que ofrecía un “buen” rendimiento, según la opinión local. Actualmente, con el mismo número de mallas pero doblando el esfuerzo en horas de pesca (2 a 3 noches), se captura en el mejor de los casos, entre 15 y 20 individuos.

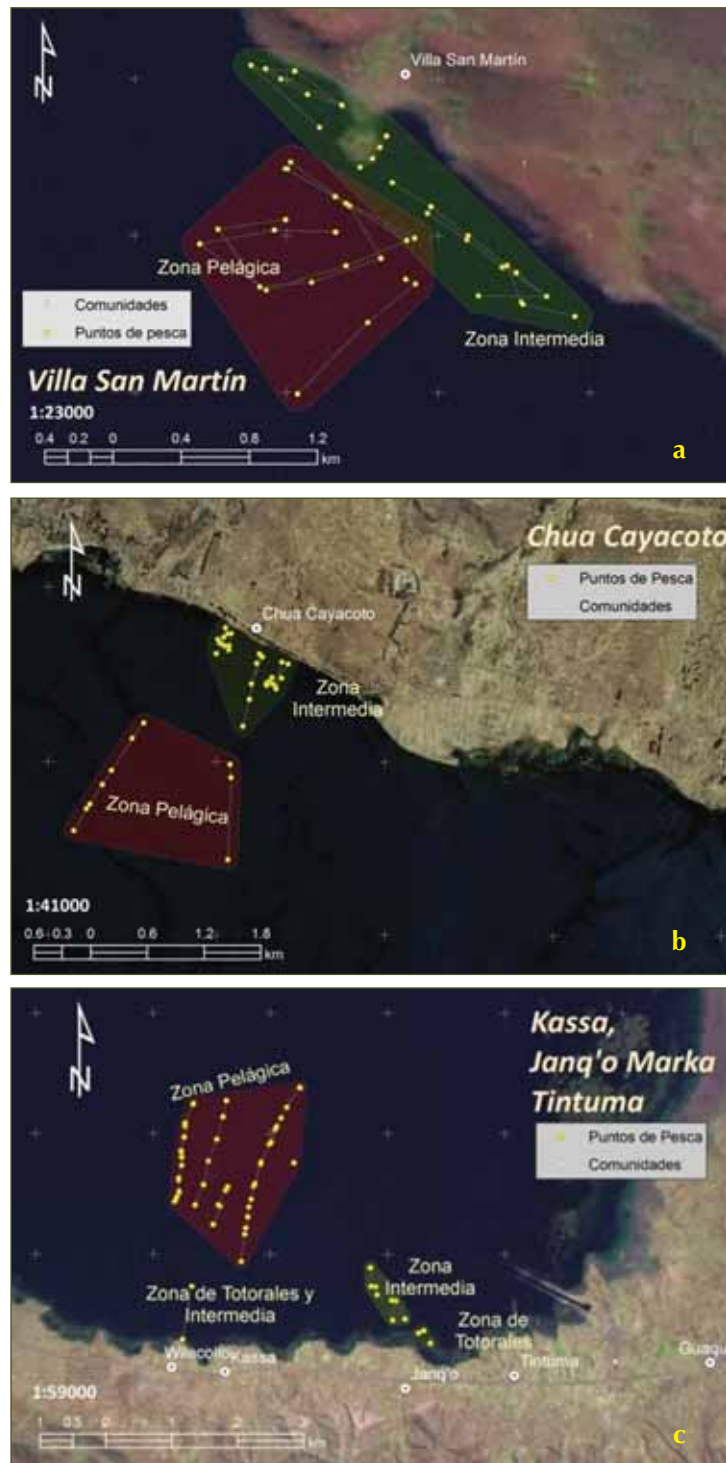
De igual manera, la pesca del pejerrey se redujo. En años anteriores, se capturaban entre siete y treinta arrobas/noche/pescador, que corresponde entre 80 a 340 kg/noche. Actualmente en varias comunidades del lago Menor (Villa San Martín, Chúa Cayacoto, Janq’o Marca y Tintuma), se extrae una arroba como máximo (11 kg).

#### • Captura pesquera por unidad de esfuerzo

La Captura por Unidad de Esfuerzo (CUE) de las embarcaciones en el lago Titicaca fue muy variable durante el año 2007. En la bahía de Puno varió de 4,7 kg/viaje en mayo a 6,7 kg/viaje en abril, para la Zona Norte varió de 5,5 kg/viaje en enero a 27,5 kg/viaje en marzo, y en la Zona Sur fue de 3,8 a 48,0 kg/viaje en abril y febrero respectivamente (Produce, 2009).

En las zonas litoral e intermedia del lago Menor, la media de la captura por unidad de esfuerzo de especies nativas es mayor en

**Figuras 2.21 (a, b y c).** Zonas de pesca en algunas localidades del lago Menor (Villa San Martín, Chúa Cayacoto, Kassa Janq’o Marca y Tintuma)<sup>a</sup>



Fuente: F. Lino, 2008.

<sup>a</sup> Los puntos amarillos corresponden a puntos geográficos de pesca que, unidos por líneas, representan el armado de redes agalleras.

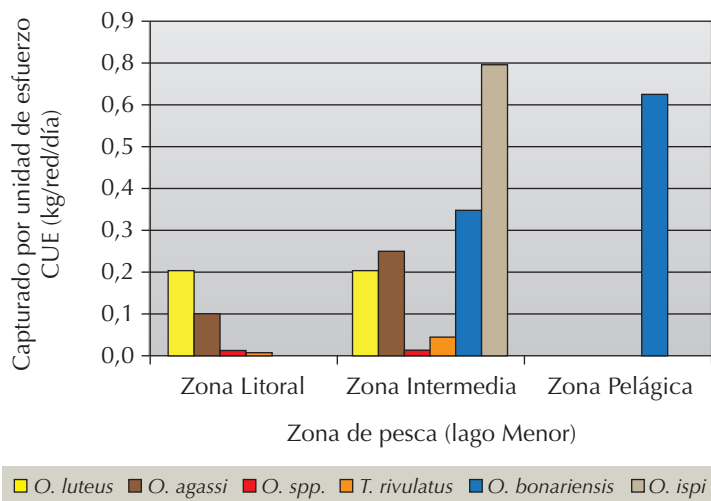
comparación a la del pejerrey, y presenta un gradiente que disminuye hacia la zona pelágica (pampa); contrariamente, el pejerrey incrementa su captura por unidad de esfuerzo hacia la zona pelágica (pampa) donde no se capturan las especies nativas (figura 2.21). En la zona litoral, la mayor CUE es del karachi amarillo (*O. luteus*) con 0,2 kg/red/día, seguida del karachi negro (*O. agassi*) con 0,2 kg/red/día en la zona intermedia. El mauri (*T. rivulatus*), y un conjunto de especies de porte pequeño (*O. spp*) se capturan en todas las áreas pero en menor cantidad (figuras 2.21a, b y c). Estas diferencias pueden deberse a la distribución que presentan las especies dentro de la columna de agua (Lino, 2008).

En el lago Mayor, existe una diferencia marcada por una mayor captura por unidad de esfuerzo de todas las especies en comparación al lago Menor (figura 2.22). El ispi es el que presenta la mayor CUE en la zona litoral-intermedia (6,0 kg/red/día), luego el karachi negro con (0,70 kg/red/día) y en la zona pelágica el pejerrey y la trucha, ambos con 0,7 kg/red/día (Lino, 2008).

Respecto a la época de pesca, tanto las especies nativas como las introducidas se capturan durante todo el año; a pesar de ello, existen espacios de tiempo donde la pesca se intensifica, y se debe principalmente, a que el recurso de mayor valor comercial (ispi y/o pejerrey) se encuentra en mayor disponibilidad. Por esta razón, la extracción de especies nativas disminuye, en función a la época de pesca del pejerrey, esto indica que durante este período el esfuerzo de pesca se concentra hacia esta especie. Contrariamente, los meses en que el pejerrey escasea, normalmente son las especies nativas las que sostienen la alimentación y generan ingreso económico familiar.

Según las capturas experimentales, se detectó que durante la época lluviosa ocurre la mayor actividad pesquera (Treviño *et al.*, 1991); con lo que un mayor

**Figura 2.22.** Captura por unidad de esfuerzo del recurso pesquero del lago Menor, entre octubre 2006 y abril 2007



Fuente: F. Lino, 2008.

número de pescadores aprovecha del recurso disponible en mayor cantidad (pejerrey) durante este período. En algunas localidades como Villa San Martín y Chúa Cayacoto (lago Menor), diariamente se capturan especies nativas (debido a su continua disponibilidad en el medio); sin embargo, de cinco a siete meses (octubre a marzo) su pesca se reduce, para incrementar la del pejerrey o ispi. En Janq'o Marka y Tintuma, ocurre lo mismo, pero la mayor actividad de pesca del pejerrey abarca entre diciembre y abril. En otras localidades (Yampupata, Kassa y Wilacollo) la pesca de especies nativas es mínima u ocasional ya que exclusivamente se pesca pejerrey o ispi ejerciendo la mayor presión entre noviembre y marzo (cuadro 2.10).

De manera generalizada en todo el lago, la disponibilidad del pejerrey y del ispi parecen determinar el incremento o reducción de la presión de pesca hacia las demás especies: con un mayor número de redes o con mayor número de pescadores. El incremento de una o ambas variables pudo haber generado la reducción del recurso pesquero; no obstante, aún se desconocen factores como el grado de resiliencia del ecosistema frente al impacto antrópico, la competencia inter e intraespecífica y la influencia de cambios climáticos sobre la fauna acuática (Martin, 2001).

**Cuadro 2.10.** Períodos de actividad pesquera artesanal en el lago Titicaca

Comunidades	Meses/Especies	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Villa San Martín	Karachi / mauri	x-			x-	x				x-			
	Pejerrey	x+		x-			xx		xi			x+	
	Ispi	No se encuentra en la zona											
Yampupata	Karachi / mauri	Pesca mínima											
	Pejerrey / trucha	x+		x-				xi				x+	
	Ispi	x+		x-				No hay pesca				xi	
Chúa Cayacoto	Karachi / mauri	x											
	Pejerrey	x+				x-				No hay pesca			
	Ispi		x+			x+	x-				x+		No hay pesca
Tintuma	Karachi / mauri	x											
	Pejerrey	x+				x-						xi	
	Ispi	No se encuentra en la zona											
Janq'o Marka	Karachi / mauri	x											
	Pejerrey	x+				x-						xi	
	Ispi	No se encuentra en la zona											
Kassa	Karachi / mauri	Pesca mínima											
	Pejerrey	x+				x-						xi	
	Ispi	No se encuentra en la zona											
Willacollo	Karachi / mauri	No se pesca											
	Pejerrey	x+				x-						xi	
	Ispi	No se encuentra en la zona											

Fuente: F. Lino, 2008.

X = Pesca continua (cotidiana); Xi = Inicio de la pesca (aparición del recurso); X- = Pesca con menor intensidad (reducción del recurso); X+ = Pesca con mayor intensidad (mayor disponibilidad del recurso); X = Pesca normal; XX = No hay pesca

El hecho de tener características particulares, hace que el sistema lacustre sea frágil y posiblemente, a lo largo de varios años, las poblaciones no se hayan recuperado como para generar un rendimiento similar al de años pasados, y que actualmente los pescadores sufran las consecuencias de una actividad sin control ni planificación. A pesar de ello, aún no se generan acciones que mitiguen el problema. No existen zonas de conservación del recurso y manejo (como áreas de desove o áreas de alevinaje); las épocas de veda (enero y febrero) institucionalizadas por el Reglamento de Pesca de 1975 (no vigente) no se respetan y tampoco existe un control gubernamental.

### 2.3.3.2 Producción acuícola

La crianza de truchas en jaulas en los últimos años se ha convertido en una fuente importante de ingresos económicos por la crianza de trucha "arco iris" (*Oncorhynchus mykiss*). La evolución de la producción de trucha tiene un crecimiento sostenido. La Región Puno es el primer productor de trucha del Perú al haber alcanzado un record histórico de 3.446 t, en el año 2007. Actualmente se está exportando truchas a los mercados europeos, estadounidense y canadiense, así como hay una venta de volúmenes considerables a la capital y otras ciudades importantes del sur del

país. Los mayores centros de producción en la región de Puno están ubicados en los distritos de Chucuito, Juli, Pomata, Huancané, Moho y las lagunas de Arapa y Lagunillas (Gobierno Regional de Puno-Diagnóstico, 2009).

Las organizaciones son generalmente microempresas, de tipo unipersonal o unifamiliar, y están inmersas, con frecuencia, en un tipo de economía comunal. Existen agrupaciones de empresas, como José Olalla, en Arapa, que agrupa a siete empresas y 20 trabajadores (18 de los cuales pertenecen a la comunidad), con un total de 220 jaulas. Otras agrupaciones de empresas son APT (Asociación de Productores de Trucha del Lago Titicaca), con 35 asociados, y Titicaca Trout (consorcio de cinco empresas radicadas en Juli). En varios puntos existen empresas creadas por mediación y apoyo financiero de ONG. En el caso de Yunguyo se han constituido cinco empresas con 10-15 socios cada una, que en 1999 adquirieron 150.000 alevinos para el engorde. La producción se destina al consumo familiar en las comunidades. Las ovas para la producción de alevinos casi en su totalidad son importadas. Durante el 2008, se importaron un total de 3.5075.000 de ovas, procedentes de EE. UU., en un 90% y el 10% de Dinamarca (Gobierno Regional de Puno-Diagnóstico, 2009).

En cuanto al desarrollo del sector acuícola en el sector boliviano, las dimensiones de éste son marginales frente a las del sector peruano, como lo son las de la presencia del pescado en la cultura gastronómica boliviana. Sin embargo, la Unidad de Ganadería y Pesca del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras está trabajando en el impulso a proyectos de piscigranjas que comprenden la instalación de jaulas metálicas, dotación de alevinos y alimentos para el primer año de gestión, cada uno con 160 módulos y esperando que cada uno produzca 50 t de trucha. Los mayores obstáculos con que se tropieza son la inexistencia de un marco normativo para el sector y, por otro lado, la marcada división entre productores y comercializadores, que originan presiones de sentidos divergentes afectando el potenciamiento de esta política sectorial.

En general, los acuicultores enfrentan diversos problemas, entre los que se puede referir: el almacenamiento de alimentos, manejo y mantenimiento de jaulas, clasificación de peces por tallas, contaminación orgánica de los fondos bajo las jaulas de engorde, débil organización empresarial para obtener crédito, y la falta de capacitación en los aspectos señalados. Finalmente, el aprovechamiento de los recursos pesqueros, requiere la revisión de estrategias y políticas, con base en las experiencias anteriores y una planificación en relación a diversos factores de producción y la generación de alternativas mediante la investigación.

### 2.3.3.3 Organización del sector pesquero

El número de pescadores en la cuenca del lago Titicaca de la parte peruana es fluctuante con tendencia a la disminución. El IMARPE en el 2006, encontró la existencia de 1.734 pescadores en 130 comunidades pesqueras. Por otro lado, el Programa de Vigilancia y Control Pesquero de la DIREPE-Puno, indica la existencia de un total de 6.970 pescadores localizada en el anillo circunlacustre de Puno.

**Cuadro 2.11.** Pescadores artesanales registrados por provincias, cuenca del lago Titicaca (Perú)

Número	Provincia	Número de pescadores	Porcentaje
1	Azángaro	214	15
2	Chucuito	122	9
3	El Collao	82	6
4	Huancané	79	6
5	Moho	21	1
6	Puno	728	52
7	San Román	37	3
8	Yunguyo	125	9
	<b>Total</b>	<b>1.408</b>	<b>100</b>

Fuente: Dirección de Pesca Artesanal, Extracción y Procesamiento Pesquero (DIREPRO), Puno, 2008.

**Figura 2.23.** Organización de la Federación de Pescadores del Lago Titicaca (sector boliviano)



Fuente: F. Lino, 2008.

La evaluación más reciente señala que existe un total de 1.408 pescadores debidamente registrados (cuadro 2.11), agrupados en 119 Organizaciones Sociales de Pescadores Artesanales de la Región Puno (OSPA), de los cuales 19 se encuentran operativos actualizados, 8 operativos desactualizados y 92 inoperativos.

Por su parte, el sector pesquero del sector boliviano en el lago Titicaca se representa socialmente por la Federación Departamental de Trabajadores Pesqueros, Forrajeros, Artesanos y Comerciantes del Lago Titicaca, Ríos y Lagunas del Departamento de La Paz (FDTPFACLT). Se fundó en 1986, posee personería jurídica y es reconocida a nivel departamental. Se conforma por siete federaciones provinciales (Camacho, Ingavi, Los Andes, Manco Kápac, Omasuyos, Murillo y Abel Iturralde), de las cuales, las cinco primeras se encuentran en las riberas del lago. Cada provincia, a su vez, se compone de subfederaciones que incluyen numerosas asociaciones haciendo un total de 138 organizaciones locales (figura 2.23).

Respecto al número de pescadores, el primer censo realizado por Callizaya (1980) mencionó la presencia de

3.216 pescadores, ADEPESCA (1999) estimó la presencia de 1.500 a 3.200 pescadores entre permanentes y temporales y la ALT (2005) mencionó la existencia de 3.000 pescadores. A la fecha no se cuenta con un registro formal del número total de pescadores; sin embargo, datos recientes provenientes de entrevistas a pescadores bolivianos, mencionan que el número se habría incrementado hasta entre 4.194 o 4.650 asociados activos (Mollo *et al.*, 2006; FAO-VDRA, 2009). Por otro lado, la estimación de la Unidad de Pesca del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras estima que su número no llega a los 2.000 y que uno de los mayores problemas es la subordinación relativa de los productores al poder de los comercializadores que surten el mercado local básicamente con producción peruana (Campero, 2007).

Este incremento de pescadores indicaría que desde 1980 la presión de pesca se incrementó, pero hasta la fecha, se desconoce la magnitud; no todos los pescadores se dedican a la pesca de manera continua y varios abandonaron la actividad, manteniendo su registro sólo para no perder un lugar dentro de su asociación y acceso al lago.

**Cuadro 2.12.** Embarcaciones artesanales y tipo de propulsión empleada en el lago Titicaca

Localidades ribereñas	Embarcaciones					Total
	Remo	MFB <sup>a</sup>	Vela	Vela/remo	Otras	
Lago Mayor Norte	269	43	1	80	62	455
Bahía de Puno	294	14	0	1	114	423
Lago Mayor Sur	160	2	0	81	41	284
Lago Menor	45	0	0	199	7	251
<b>Total lago</b>	<b>768</b>	<b>59</b>	<b>1</b>	<b>361</b>	<b>224</b>	<b>1,413</b>

Fuente: IMARPE, 2007.

<sup>a</sup> MFB = Motor fuera de borda.

En el caso del lago Poopó, en la región existen 17 cooperativas organizadas que mantienen hasta ahora, a pesar del dramático deterioro de las condiciones del sector, un nivel de vigencia nominal (CORIDUP, en La Patria, 25.11.2010).

#### • Embarcaciones pesqueras

De acuerdo a los resultados de la encuesta estructural de la actividad pesquera artesanal en el segmento peruano del lago Titicaca (cuadro 2.12), realizada durante los meses de agosto a diciembre del 2006, con una cobertura del 70% del total de pescadores, se identificó un total de 1.413 embarcaciones artesanales con diferentes tipos de propulsión empleadas, distribuidos a lo largo del lago Titicaca por zonas: lago

Mayor Norte (455), lago Mayor Sur (423), lago Menor (251) y bahía de Puno (294).

### 2.3.4 Producción de totora

Durante la Evaluación de la Totora en el Perú (ALT, 200X), se determinó que esta vegetación de macrófitas se encuentra en una extensión de 31.390 ha (cuadro 2.13), distribuidas en 9 zonas potenciales identificadas en la ribera del lago Titicaca. Se estima que existe una producción de 2.717.292 t de totora verde y 543.458 t de materia seca, calculando un rendimiento de 102 t/ha/año, con una densidad promedio de 336 tallos aéreos/m<sup>2</sup> y una longitud promedio de 2,08 m de tallo.



**Cuadro 2.13.** Áreas de totorales en el sector peruano del lago Titicaca

Zona del totoral	Superficie (hectárea)
Moho - Conima	331,73
Vilquechico - Huancané	291,30
Arapa - Chupa - Saman	1.523,27
Ramis - Pusi - Taraco	4.028,61
Puno - Capachica - Coata - Paucarcolla	13.371,69
Chucuito - Platería	1.723,25
Ilave - Acora - Pilcuyo	4.006,91
Juli - Pomata - Yunguyo	727,03
Zepita Desaguadero	619,71
<b>Total</b>	<b>31.390</b>

Fuente: ALT, Evaluación de la totora en el Perú, Proyecto Conservación de la Diversidad Biológica, 200X.

La totora es extraída en una proporción de 900 a 5.530 kg por familia al año; es decir, un promedio de 2,5 a 15 kg diarios, siendo el período de mayor extracción entre agosto a noviembre, y estando la producción destinada principalmente para la alimentación de una población de ganado vacuno en proceso de engorde estimada en unas 224.000 cabezas, en lugares ribereños al lago Titicaca. Además, la totora es utilizada en la construcción de viviendas, consumo humano, como medicina, combustible, substrato y en la construcción de balsas y “quesanas”, constituyendo por consiguiente un recurso importante en la economía campesina (PELT, 2000).

Un uso adicional que ha proliferado en los últimos años es el de la construcción de las así llamadas “Islas de los Urus”, que se han convertido en uno de los principales atractivos turísticos de la ciudad de Puno. Lamentablemente, esta estrategia turística no ha contemplado el componente ambiental, generándose intensos problemas por la putrefacción de la parte de estas “islas flotantes” que se encuentra sumergida, con los problemas de contaminación del agua resultantes

y el desarrollo inusual de insectos completamente ajenos al hábitat de la región.

La totora es una especie que, además, se ha utilizado con éxito desde hace algunas décadas en la depuración de aguas contaminadas. En la actualidad, son varias las aplicaciones que se le da en esta función en diversos municipios de la región y se está experimentando su utilización ampliada en los casos de las instalaciones que para ese fin tienen los municipios más poblados de la región: El Alto, Juliaca y Puno.

Situándose la mayor parte de los totorales del lago en la región peruana, y habiéndose creado la Reserva Nacional Titicaca –que alberga más de 20 mil ha de totorales, el 65% de todos los existentes en jurisdicción peruana– con el expreso objetivo de proteger esta especie, es de esperar que se controlen las quemadas invernales y se desarrolle una política de aprovechamiento que permita darle un horizonte de sustentabilidad a los diversos usos de esta especie emblemática del lago.





# Capítulo



## Impactos



*En el presente capítulo se analizan los impactos ambientales ocasionados por diversas causas sobre el Sistema TDPS. En él se incluyen los impactos en los servicios ecosistémicos y en el bienestar humano; es decir, se explica cómo la degradación ambiental afecta al funcionamiento de los ecosistemas altiplánicos, limita las oportunidades y capacidades de la población para mejorar sus condiciones de vida y la recuperación del ecosistema en la región comprendida por el Sistema TDPS.*

### 3.1 Impactos sobre los servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que recibe la sociedad del funcionamiento de los ecosistemas. La diversidad biológica desempeña un papel importante en el funcionamiento de los ecosistemas y en los numerosos servicios que proporcionan, no sólo por el número de especies presentes, sino también por la abundancia y concentración de las mismas. Así, los servicios ecosistémicos son de provisión, regulación, culturales y de soporte. Los servicios de provisión consisten en los bienes que se obtienen de los ecosistemas, tales como: alimentos, fibras, hábitat y refugio para diversas especies de flora y fauna, agua para consumo humano, animal y riego, minerales, combustibles, recursos genéticos para diversos usos, entre otros. Entre los servicios de regulación se puede mencionar

procesos diversos, tales como autopurificación del aire y el agua, absorción de carbono, regulación del clima, regulación del ciclo hidrológico, control biológico, polinización. Los servicios culturales, por su parte, se refieren a diversos beneficios de que disfruta el ser humano, tales como educación e investigación, conocimiento tradicional y prácticas culturales y espirituales asociadas, recreación y esparcimiento, reflexión, descanso y enriquecimiento espiritual, entre otros. Por último, los servicios de soporte se refieren a los servicios necesarios para la producción de los otros servicios ecosistémicos, entre ellos la producción de oxígeno y la fertilidad y formación del suelo, la fotosíntesis (WRI, 2005a). Aparte de estos servicios, los ecosistemas tienen también un “valor de existencia” que consiste en la valoración de los mismos por el mero hecho de existir, independientemente del uso que pudiera darse a los bienes y servicios que proveen.



**Cuadro 3.1.** Capacidad de uso de la tierra en el Sistema TPDS

Clase	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje	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.

Fuente: Ministerio de Agricultura, Perú, 2005.

El ecosistema del Sistema TDPS es variado y complejo y tiene funciones muy importantes para la preservación de la vida en unas condiciones geográficas, climáticas y atmosféricas críticas, como las que alberga la región. Este ecosistema viene siendo severamente afectado por la degradación ambiental provocada tanto por procesos naturales como antrópicos, entre los que destacan principalmente el proceso de salinización de suelos y el vertimiento de aguas residuales mineras y urbanas y las prácticas ganaderas, pesqueras y acuícolas inadecuadas, que se traducen en la contaminación creciente de los cuerpos de agua que

conforman el Sistema, pérdida de especies y reducción de hábitat, erosión del suelo y deterioro de los ecosistemas acuáticos. Esta dinámica conlleva el deterioro de los servicios ecosistémicos, tanto en cantidad como en calidad, y pone en evidencia la huella de la degradación ambiental al afectar tanto el *stock* como el flujo de dichos servicios.

Por otra parte, uno de los efectos más visibles del fenómeno del cambio climático en el área geográfica del TDPS es el de la disminución de la masa de los glaciares andinos que, por tratarse de glaciares tropicales,

tienen una vulnerabilidad mucho mayor a la de otras latitudes, dado que la época del año en la que podrían aumentar su masa por las precipitaciones, es justamente la época en la que sufren mayor derretimiento, por lo que constituyen un indicador privilegiado de este fenómeno. Como se señala en la sección 1.7, además de la reducción de los glaciares, la región presenta fenómenos atmosféricos agudizados por el cambio climático como son las heladas, tormentas, inundaciones y granizos, y las precipitaciones pluviales se están concentrando en menos días, ocasionando problemas de creciente intensidad que tendrán influencia negativa en el abastecimiento de agua. Complementariamente, se prevé la aceleración del problema de desertización y salinización en toda la cuenca baja del TDPS (PNACC, 2010).

### 3.1.1 Cambios en el uso del suelo

Como se puede evidenciar en el cuadro 3.1, la tercera parte de la extensión total 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

ellas –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 (OEA, 1996).

Así, mientras sólo el 33,9% de la tierra del Sistema TDPS es cultivable y cubre una extensión de 44.692 km<sup>2</sup>, la superficie no cultivable cubre 28.063 km<sup>2</sup> que representa el 21,3% del total. Del resto, 40.844 km<sup>2</sup>, es decir el 31%, se consideran tierras marginales que se caracterizan por procesos de erosión entre moderados y fuertes, pero con posibilidad de uso para pastos extensos con uso potencial en la ganadería de llamas y alpacas, y 18.178 km<sup>2</sup>, que representa el 13,8%, se consideran tierras malas o cárcavas (ALT, 2003). El cuadro 3.2 muestra el estado de afectación de las tierras por erosión en el Sistema TDPS, y la figura 3.4 presenta la distribución espacial de estas tierras degradadas.

El cuadro 3.3, por su parte, ofrece una descripción de la composición y uso efectivo de la tierra en las distintas subcuencas del Sistema TDPS.

**Cuadro 3.2. Erosión de tierras en el Sistema TDPS (km<sup>2</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
Suches	514	1.967	332				2.813
Coata	620	2.249	1.646				4.515
Ilave	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
<b>Total</b>	<b>42.780</b>	<b>44.822</b>	<b>36.207</b>	<b>2.855</b>	<b>4.798</b>	<b>315</b>	<b>131.777</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>32,5</b>	<b>34,0</b>	<b>27,5</b>	<b>2,2</b>	<b>3,6</b>	<b>0,2</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Elaboración propia, con base en el Plan Director Binacional de la ALT.



Foto: Albatros Media, A. Belaguer.

El deterioro del recurso suelo en el altiplano (por los procesos naturales de salinización, alcalinización, contaminación con metales pesados y erosión) es muy preocupante, ya que este aspecto, junto a otros factores como los cambios climáticos, las condiciones demográficas, socioeconómicas y de mercado ya descritas en los capítulos precedentes, están favoreciendo la desertificación de amplias zonas de esta región, creando una serie de problemas ambientales, económicos y sociales.

Los cambios operados en la economía agraria de la región muestran la migración de cultivos de la papa y otros tubérculos hacia los forrajes y la cebada, explicando el cambio en la vocación productiva de la zona de agrícola a ganadera. Así, en la región circunlacustre, en los últimos 30 años se ha triplicado el promedio de cabezas de ganado bovino por familia, denotando una tendencia hacia la expansión de la ganadería bovina (Fundación Tierra, 2009).

Estos cambios en el uso del suelo derivan a menudo en conflictos por la tenencia, lo que pone de manifiesto que el saneamiento del derecho propietario de la pequeña propiedad es una de las asignaturas pen-

dientes en toda la zona del TDPS, siendo previsible que esta situación lleve a nuevas lógicas de organización socioeconómica, política e institucional en la región, las mismas que estarán entrelazadas con lógicas productivas.

La ampliación de la frontera agrícola hacia zonas de aptitud ganadera (partes altas de colinas y serranías con laderas pronunciadas y tholares) para cultivos de quinua y maca, se debe en parte a la gran demanda que existe por estos productos en el mercado internacional. Esta situación también está favoreciendo el deterioro de los recursos: cobertura vegetal, suelo y agua, debido al uso inadecuado de estos suelos frágiles y sin prácticas de conservación y manejo de suelos necesarias (Orsag, 2009).

El incremento de la población humana y ganadera (ovina, vacuna y camélida) en el altiplano es otro factor que contribuye al deterioro de las tierras agrícolas y de pastoreo. El incremento demográfico está provocando la parcelación excesiva y una mayor presión sobre las tierras, sin permitirles reponer sus nutrientes y su capacidad productiva, lo que determina unos rendimientos cada vez más modestos (Orsag, 2009).

**Cuadro 3.3.** Uso de la tierra en el Sistema TDPS (km<sup>2</sup>)

Uso/Zonas hidrológicas	Ramis	Huancané	Suches	Coata	Ilave
1. Cultivos	509,78	369,21	154,54	132,57	160,94
2. Pastos	10.682,40	1.740,16	1.682,81	2.812,67	4.437,56
3. Cultivos/pastos	2.032,55	1.278,27	472,99	386,52	196,88
4. Cultivos/pastos/arbustos	-	-	-	-	14,06
5. Vegetación arbustiva	-	-	-	-	54,69
6. Bosques	14,80	-	-	-	-
7. Afloramientos rocosos	1.333,66	182,40	402,74	1.183,53	2.912,54
8. Arenales/pedregales	27,96	-	-	-	-
9. Tierras Salinas	-	-	-	-	-
10. Salares	1,64	-	-	-	-
11. Cárcavas ( <i>bad lands</i> )	82,22	-	-	-	-
12. Tierras inundables	3,29	-	-	-	-
13. Vegetación acuática	-	-	-	-	-
14. Cuerpos de agua	118,40	10,30	43,71	91,04	6,25
15. Nieve permanente	52,62	2,94	99,91	-	14,06
16. Áreas urbanas	-	-	-	-	-
<b>Totales</b>	<b>14.859,30</b>	<b>3.583,30</b>	<b>2.856,70</b>	<b>4.606,30</b>	<b>7.797,00</b>

Fuente: Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT), 2005.

Diferentes investigaciones realizadas en la región han cuantificado la pérdida de suelos por erosión hídrica o eólica bajo diferentes cultivos, pendientes de terreno y formas de manejo del suelo. Así por ejemplo, la siembra de cultivos como la papa y cebada en surcos en sentido de la pendiente a partir de 5% de inclinación, influye en el escurrimiento y por consiguiente en el arrastre del suelo. También la pérdida de suelos (erosión eólica e hídrica) por extracción de la thola en terrenos planos a casi planos es significativa, al igual que la ocasionada luego de la cosecha de los cultivos anuales, cuando los suelos quedan sin ninguna protección. La degradación de las coberturas vegetales por actividades antrópicas (ganadería y extracción de la thola y yareta), es una causa fundamental para el deterioro de los suelos de la región y el medio ambiente en general. La sola extracción de la thola para su uso como leña en hogares, panaderías, ladrilleras y yeseras del altiplano, por ejemplo, hace que anualmente se deforesten cerca a 1.600 km<sup>2</sup>/año, situación que está acelerando los procesos de salinización, sodificación y erosión de los suelos (ALT, 2002).

### 3.1.2 Impactos en los recursos hidrobiológicos

En relación con la fauna lacustre, luego de la desaparición del umanto (*Orestias cuvieri*), la boga (*Orestias pentlandii*) y el suche (*Trichomycterus rivulatus*), peces nativos de la cuenca del Titicaca, se encuentran amenazados de extinción debido a la depredación por parte del pejerrey (*Basilichthys bonariensis*) y la trucha (*Oncorhynchus mykiss*); así como, por la explotación irracional de los pescadores artesanales del ámbito binacional, entre otros factores.

Por su parte, las especies susceptibles de caza que han sido objeto de aprovechamiento tradicional, tanto con fines alimenticios como medicinales y culturales, son: la choq'a (*Fulica ardesiaca*), el tiquicho (*Gallinula chloropus*), el pato pana (*Anas ferruginea*) y, ocasionalmente, otras variedades de patos como el *Anas puna* y el *Anas georgica*. De estas especies, es frecuente también la extracción de huevos, particularmente de las dos primeras. También se reconocen



Titicaca	Alto Desaguadero	Mauri	Medio Desaguadero	Poopó y Salares	Total	%
3.620,65	555,27	-	87,27	681,39	6.271,62	4,4
2.269,62	2.526,73	795,12	829,07	3.450,62	31.226,76	21,7
3.287,86	291,24	-	1.108,68	1.013,51	10.068,50	7,0
1.444,58	2.278,70	665,27	3.901,39	13.211,44	21.515,44	14,9
12,27	406,45	774,28	851,71	1.172,56	3.271,96	2,3
-	-	304,58	-	658,00	977,38	0,7
2.315,60	2.771,58	7,225,00	2.282,00	21.495,69	42.104,74	29,3
509,13	-	177,94	463,83	5.212,45	6.391,31	4,4
15,34	-	-	17,78	3.416,30	3.449,42	2,4
-	-	3,21	4,85	1.765,05	1.774,75	1,2
13,80	27,20	-	2.349,88	382,01	2.855,11	2,0
173,29	256,03	8,02	54,95	834,20	1.329,78	0,9
53,64	-	-	-	113,82	167,46	0,1
8.618,39	94,41	4,81	1,62	3.134,07	12.123,00	8,4
93,54	-	30,46	-	31,18	324,71	0,2
38,34	-	3,21	-	6,24	47,79	0,0
<b>22.466,00</b>	<b>9.207,60</b>	<b>9.991,90</b>	<b>11.953,00</b>	<b>56.578,50</b>	<b>143.899,70</b>	<b>100,0</b>

como críticas las capturas de pariwanas (*Phoenicopterus chilensis*) y mijis (*Phalacrocorax brasilianus*) con fines medicinales. Estas especies están marcadas con una "a" en el cuadro 3.4, que presenta una relación de las especies de la fauna que sufren algún grado de amenaza para su supervivencia.

### 3.1.3 Pérdida de áreas naturales y totorales

El grado de deforestación en el área del Sistema TDPS se considera moderadamente elevado. Los bosques (secundarios) que aún se conservan, siguen soportando intensas presiones de las actividades de extracción de leña. La deforestación en el área del Sistema TDPS, es una de las causas principales de la erosión del suelo, y reduce la producción agrícola y la capacidad de retención de agua de los suelos. Esto provoca inundaciones durante las estaciones lluviosas y reduce la disponibilidad de agua para consumo humano y para riego.

Según FAO-INRENA (2005), la evolución de la deforestación en el altiplano peruano (parte del TDPS) ha seguido la siguiente trayectoria: en 1975 se deforestaron 450.189 ha; en 1990, 421.574 ha; en 1995, 412.000 ha; en el 2000, 332.996; y en el 2005, 309.557 ha, respectivamente. Son las poblaciones rurales asentadas dentro del área del Sistema TDPS las que extraen en forma desmesurada arbustos y árboles de su entorno para cocinar y calentar la casa, generalmente.

Uno de los arbustos de mayor demanda pertenece al grupo de los tholares, más de diez especies de este género (con alto valor calorífico) se usan para la industria de la panificación y la yesería. La demanda de leña (thola y otros) por persona del medio rural se estima en 5 m<sup>3</sup> anuales. En el caso de la thola, el promedio en Bolivia va de 0,3 a 0,9 fardos diarios de thola por familia rural, en áreas donde existe buena densidad del tholar; considerando el peso seco por fardo de 20 kg y un consumo promedio de 0.5 fardos por familia, esto representa un uso de 3.650 kg/año,

Cuadro 3.4. Especies amenazadas o en vías de extinción

<i>Nothoprocta ornata</i>	<i>Vanellus resplendens</i>	<i>Colaptes rupícola</i>
<i>Nothura darwinii</i>	<i>Charadrius alticola</i>	<i>Geositta cunicularia</i>
<i>Chloephaga melanoptera</i>	<i>Himantopus mexicanus</i>	<i>Geositta tenuirostris</i>
<i>Lophonetta specularoides</i>	<i>Recurvirostra andina</i>	<i>Upucerthia jelskii</i>
<i>Anas cyanoptera</i>	<i>Tringa solitaria</i>	<i>Cinclodes fuscus</i>
<i>Anas plateala</i>	<i>Tringa melanoleuca</i>	<i>Cinclodes atacamensis</i>
<i>Anas geórgica<sup>a</sup></i>	<i>Tringa flavipes</i>	<i>Leptasthenura andicola</i>
<i>Anas puna<sup>a</sup></i>	<i>Calidris fuscicollis</i>	<i>Phleocryptes melanops</i>
<i>Anas flavirostris</i>	<i>Calidris bairdii</i>	<i>Asthenes modesta</i>
<i>Oxyura jamaicensis</i>	<i>Calidris melanotos</i>	<i>Asthenes sclateri</i>
<i>Rollandia rolland</i>	<i>Calidris himantopus</i>	<i>Lessonia oreas</i>
<i>Rollandia microptera</i>	<i>Tryngites subruficollis</i>	<i>Muscisaxicola cinereus</i>
<i>Podiceps occipitalis</i>	<i>Gallinago andina</i>	<i>Muscisaxicola rufivertex</i>
<i>Phoenicopterus chilensis<sup>a</sup></i>	<i>Phalaropus tricolor</i>	<i>Ochthoeca oenanthoides</i>
<i>Phoenicopterus andinus</i>	<i>Attagis gayi</i>	<i>Ochthoeca rufipectoralis</i>
<i>Phoenicopterus jamesi</i>	<i>Thinocorus orbignyianus</i>	<i>Tachuris rubrigastra</i>
<i>Phalacrocorax brasilianus<sup>a</sup></i>	<i>Chroicocephalus serranus</i>	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>
<i>Ardea alba</i>	<i>Leucophaeus atricilla</i>	<i>Orochelidon andecola</i>
<i>Egretta thula</i>	<i>Rynchops niger</i>	<i>Hirundo rustica</i>
<i>Egretta caerulea</i>	<i>Columba livia</i>	<i>Troglodytes aedon</i>
<i>Bubulcus ibis</i>	<i>Patagioenas maculosa</i>	<i>Turdus chiguanco</i>
<i>Nycticorax nycticorax</i>	<i>Zenaida auriculata</i>	<i>Anthus furcatus</i>
<i>Plegadis ridgwayi</i>	<i>Columbina cruziana</i>	<i>Anthus correndera</i>
<i>Theristicus melanopsis</i>	<i>Metriopelia ceciliae</i>	<i>Conirostrum cinereum</i>
<i>Cathartes aura</i>	<i>Metriopelia melanoptera</i>	<i>Phrygilus punensis</i>
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	<i>Metriopelia aymara</i>	<i>Phrygilus fruticeti</i>
<i>Circus cinereus</i>	<i>Psilopsiagon aurifrons</i>	<i>Phrygilus unicolor</i>
<i>Buteo polyosoma</i>	<i>Tyto alba</i>	<i>Phrygilus plebejus</i>
<i>Phalacrocorax megalopterus</i>	<i>Bubo virginianus</i>	<i>Phrygilus alaudinus</i>
<i>Falco sparverius</i>	<i>Athene cunicularia</i>	<i>Diglossa brunneiventris</i>
<i>Falco femoralis</i>	<i>Caprimulgus longirostris</i>	<i>Sicalis uropygialis</i>
<i>Falco peregrinus</i>	<i>Aeronautes andecolus</i>	<i>Sicalis luteola</i>
<i>Pardirallus sanguinolentus</i>	<i>Colibri coruscans</i>	<i>Zonotrichia capensis</i>
<i>Porphyrio martinica</i>	<i>Oreotrochilus estella</i>	<i>Agelasticus thilius</i>
<i>Gallinula chloropus<sup>a</sup></i>	<i>Patagona gigas</i>	<i>Carduelis magellanica</i>
<i>Fulica gigantea</i>	<i>Fulica ardesiaca<sup>a</sup></i>	<i>Carduelis atratta</i>

equivalente a una tasa de deforestación de 1 hectárea anual, siendo la producción promedio de biomasa por hectárea de tholar de 3.650 kg MS/ha/año (Desertificación y Sequía, PELT, 1998).

En la cuenca del lago Titicaca, la vegetación arbórea disminuye en número y densidad poblacional de árboles. La extracción de plantas normalmente usadas para leña como supu-tholas (*Parastrephia lepidophylla*) y la k'oa (*Satureja boliviana*), estarían en peligro de pasar a niveles críticos de erosión. Las especies mullu mullu (*Ribes brachybotrys*) y kiswa (*Chuquiraga jussieui*), presentan una distribución muy restringida, lo cual es alarmante si se considera que son endémicas (CIRMA, 1997).

La deforestación acumulada para el año 2005, en el departamento de Puno, fue de 146.041 ha (INRENA, 2007).

La quema de totorales (figura 3.1) en la Reserva Nacional del Titicaca y otras áreas ribereñas del lago es uno de los problemas más frecuentes y recurrentes, particularmente en la época de invierno, en que las lluvias se ausentan y esta especie se seca para luego

regenerarse en la próxima temporada de lluvia. Durante el año 2009, se registró un total de 1.476,45 ha de totorales quemados.

El año 2010, la quema indiscriminada de totorales rebasó todo pronóstico poniendo en riesgo la diversidad de especies que alberga la zona de la Reserva. El fuego arrasó unas 400 ha de totorales del área protegida y al menos 1.000 ha del área colindante, cuando lo normal en época invernal es que se quemen sólo entre 150 y 200 ha. Estos valores indican el alto grado de impacto de estas prácticas en la zona.

Por otra parte, las variaciones naturales del nivel del lago obedecen, de acuerdo al análisis realizado por el SIG-PELT, afectan a los totorales en un promedio de 159,87 ha por cada 1,00 cm de variación del nivel entre las cotas 3.808 y 3.809, considerado un efecto alto; entre las cotas 3.809 y 3.810, el promedio de afectación es de 125,06 ha por cada 1,00 cm de variación. Se considera que las áreas más afectadas por la subida o bajada del nivel del lago son los totorales que se ubican en las zonas más someras del lago.

Los agricultores de la región costera suelen utilizar las tierras ribereñas como tierras de cultivo por la humedad que presentan; sin embargo, esta práctica constituye una fuente de vulnerabilidad por lo imprevisibles que pueden ser los cambios de nivel que registre el lago a lo largo del año. Así por ejemplo, resumiendo los promedios ponderados en las distintas épocas del año 2001, se contabilizó la pérdida de un área de 13.790,13 ha con un promedio de 470,73 ha/día, afectando en su mayoría áreas de totorales asociados con llachus y áreas con cultivos de papa, cebada, quinua y avena principalmente, los que se perdieron mayormente por efecto de inundación.

**Figura 3.1.** Totoral en el lago Titicaca



Foto: Alfonso Alem.

Asimismo, el resecamiento de la totora perjudica la producción ganadera, porque la planta es usada como alimento para el ganado y, por tanto, la falta de la misma incide en la baja productividad de la leche y de la carne que abastece los mercados locales y los de los departamentos vecinos de Cusco, Moquegua y Tacna.

Los impactos generados por el cambio climático en esta materia se pueden resumir en los siguientes términos: “Antes, la temperatura en este lugar oscilaba entre 0 °C y 19 °C, pero ahora fluctúa entre 3 °C bajo cero y hasta 22 °C en horas de la tarde. La totora no se adapta a esta brecha tan grande de temperaturas y, por el frío y el sol, se seca más rápidamente, así que los pobladores optan por quemarla con la finalidad de renovarla. Los incendios afectan a la salud de la población, en términos de las enfermedades oculares y respiratorias que pueden ser ocasionadas, y al turismo, pues se puede observar las humaredas negras que oscurecen el cielo, generando impactos negativos en el paisaje” (diario Correo, 2010).

### 3.1.4 Los residuos sólidos y el avance de la basura

El acelerado y desordenado crecimiento de los centros urbanos, los bajos niveles económicos y la indiferencia generalizada por la problemática ambiental de la población, han contribuido al incremento de los daños al medio ambiente, fundamentalmente en los principales centros urbanos y zonas mineras de

ambos países. Las principales zonas urbanas no tienen implementados Programas Integrados de Gestión de Residuos Sólidos (PIGARS), por lo que no han logrado hasta ahora responder de manera eficiente a la necesidad de manejo y eliminación de sus residuos urbanos, afrontando en la actualidad serios problemas y ocasionado problemas críticos de contaminación principalmente en los ríos y el lago Titicaca.

En términos generales, los puntos críticos por contaminación por residuos urbanos se encuentran en las periferias de los principales centros urbanos. Cabe señalar que la gran mayoría de los centros urbanos acumulan sus residuos sólidos en botaderos municipales a cielo abierto, donde realizan una selección artesanal de los desechos con posibilidades de reutilización y queman la basura (PIGARS-Puno, 2009). No existe ningún tipo de control sanitario que impida la contaminación del ambiente; el aire, el agua y el suelo son deteriorados por la formación de gases y líquidos lixiviados, quemados y humos, polvo y olores nauseabundos.

Los botaderos de basura a cielo abierto son cuna y hábitat de fauna nociva transmisora de múltiples enfermedades. En ellos se observa la presencia de perros, cerdos y otros animales que representan un peligro para la salud y la seguridad de los pobladores de la zona, especialmente para las familias de los segregadores que sobreviven en condiciones infrahumanas sobre los montones de basura o en sus alrededores.

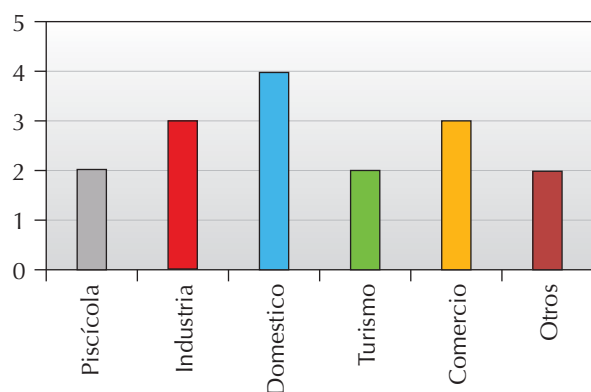
**Cuadro 3.5.** Producción de residuos sólidos en las principales ciudades del TDPS

Ciudad	Producción diaria PPC kg/hab./día	Producción diaria total t/año	Producción anual total t/día
Puno	0,778	97,70	35.684.522
Juliaca	0,666	150,00	54.750.000
El Alto	0,447	400,00	146.000.000
Oruro	0,445	130,00	47.450

Fuente: Elaboración propia, con base en los datos de la Gerencia de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Gobierno Regional de Puno.

La generación de residuos sólidos de origen domiciliario tiene relación con el número de habitantes o pobladores existentes en la localidad. En el cuadro 3.5 a continuación, se muestran los datos de las principales ciudades en el área del Sistema TDPS.

**Figura 3.2. Residuos sólidos según tipos de material**



Fuente: Defensoría del Pueblo, 2008.

La producción per cápita de basura en las zonas rurales en el Perú es de 0,2 a 0,4 kg/hab./día (PIGARS-Puno, 2009) y, en el caso de Bolivia, estos promedios bajan entre 0,05 y 0,26 kg/hab./día (CEPA-GRSU, 2010). Aunque la producción de basura de Juliaca y Puno sobrepasa en gran medida los promedios que se tienen en las ciudades correspondientes de Bolivia; sin embargo, en otras zonas urbanas del Perú, como San Antonio de Putina (PIGARS Putina, 2006) o Ilave (PIGARS Ilave, 2005), ésta se encuentra dentro de esos márgenes, con una producción per cápita promedio de 0,280 y 0,32 kg/hab./día, respectivamente.

En las principales ciudades ribereñas del lago Titicaca se tiene registrado un rango de 103 mil a 116 mil toneladas de residuos al año, que con relación a la población representan un promedio de 100 kilogramos de residuos por habitante-año. Cuando la basura no es recolectada por el servicio municipal o, en su defecto, al no existir recolectores próximos a sus domicilios, la población opta por depositar los desechos en las calles, en las orillas de los ríos (río Torococha

en Juliaca o Pallina en Viacha), o a orillas del lago Titicaca como es el caso de Puno, generando inmensos focos de riesgo sanitario para la población y generando importantísimos impactos en la calidad del ambiente local. La situación más grave se da cuando son los propios servicios de recolección de la basura son los que proceden de esta irresponsable manera.

En cuanto a la composición de la basura, a guisa de ejemplo, se cuenta con la información de la ciudad de Puno (cuadro 3.6 y figura 3.2), que podría ser representativa de la generada en los principales centros urbanos. Este cuadro está mostrando que la materia orgánica es, con mucho, el principal componente de los desechos urbanos, pero en segundo lugar destacan los plásticos, material que ha incrementado su presencia en la basura generada a medida que se han ido generalizando de manera acrítica los hábitos de consumo propios de las sociedades urbanas, sin tomar en consideración el impacto permanente que causan en el medio natural los desechos no biodegradables, lo cual evidencia también un problema de falta de educación ambiental de la población que, lamentablemente, no se circunscribe a esta región.

**Cuadro 3.6. Composición física de los residuos sólidos en la ciudad de Puno**

Componente	Porcentaje
Materia orgánica	54,0
Papel y cartón	10,6
Metal	2,2
Vidrio	1,5
Plásticos	13,7
Jebes	0,5
Cuero	0,2
Madera	0,3
Textiles	0,7
Otros (tierra, polvo)	16,3
<b>Total</b>	<b>100,0</b>

Fuente: PIWANDES, 2003.

En este marco, ambos gobiernos han identificado la necesidad de enfrentar el tema de la acumulación de residuos sólidos como una de sus prioridades. Así, el MINAM ha incluido a éste como uno de los componentes fundamentales de su programa de “Municipios Ecoeficientes”, mientras que en el caso de Bolivia, el MMAyA está impulsando una política al respecto también de alcance nacional. Entre las acciones concretas que se realizan en el ámbito del TDPS podemos señalar, por un lado, la labor pionera del municipio de José Domingo Choquehuanca en la provincia de Azángaro (Puno), las ciudades de Desaguadero (en ambos lados del cruce fronterizo) que, con el apoyo de la Unión Europea a través de la Comunidad Andina de Naciones y el apoyo técnico de la ALT y, por otro, la decisión de cerrar el histórico botadero de Villa Ingenio en El Alto y construir un nuevo relleno sanitario, acción que se está concretando actualmente también en los municipios de Tiwanaku, Copacabana, Tiquina y Achacachi, con apoyo técnico y el financiamiento del Proyecto de Desarrollo Sostenible del Lago Titicaca, buscando resolver este problema con una visión de largo plazo.

### 3.1.5 Contaminación de cuerpos de agua

La contaminación de los recursos hídricos, como se puede apreciar en la figura 3.3, es consecuencia de la actividad humana y se centra principalmente en los centros urbanos con carencia de servicios básicos y actividades industriales, y en cabeceras de cuenca, donde se desarrollan actividades mineras. Como consecuencia, es común observar ríos con importantes cargas de contaminación orgánica, bacteriológica y de sales, que producen niveles elevados de eutrofización, por ejemplo, en el caso del crecimiento anormal de la lemna en la bahía interior de Puno o la bahía de Cohana (ver desarrollo en sección 2.3.2.5). El mismo fenómeno se ha registrado también en poblaciones circunlacustres a lo largo del todo el Sistema TDPS, que carecen de servicios básicos y vierten sus desechos directamente a los cuerpos de agua. Los problemas de contaminación constituyen también una

fuente potencial de conflictos entre poblaciones, como los registrados en la cuenca Ramis por efecto de los relaves mineros, ocasionando inclusive enfrentamientos sociales entre los productores agropecuarios y mineros artesanales.

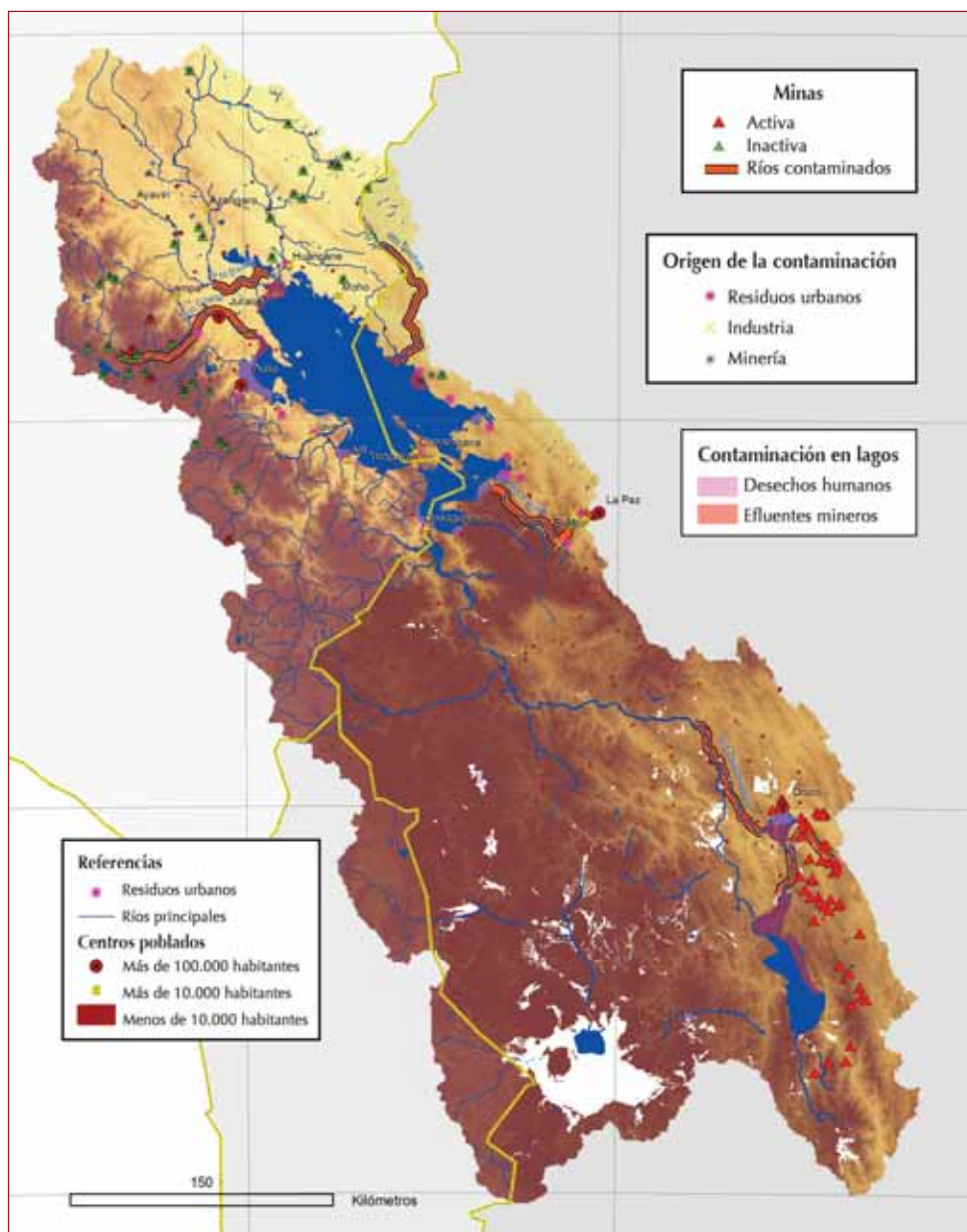
La contaminación orgánica y bacteriológica resulta básicamente de los vertimientos de aguas servidas de los centros urbanos de la cuenca. Las áreas más contaminadas en el ámbito peruano son la bahía interior de Puno, el río Torococha y el curso inferior del río Coata; y en el lado boliviano, destacan la bahía Cohana, el río Pallina, el río Seco y el río Katari. Se estima que para el 2025 el caudal de aguas residuales se duplique.

Como ejemplo de la situación de la contaminación hídrica en la zona del lago Titicaca, se pueden describir los efectos que sufren los cuerpos de agua que atraviesan diferentes centros urbanos medianos y pequeños para finalmente desembocar en el lago más importante de la región altiplánica del Sistema. El río Katari, por ejemplo, recibe antes de su desembocadura en el lago –a través de los ríos Seco y Pallina– todas las descargas de un importante sector industrial y de aguas domésticas provenientes de las ciudades de El Alto y Viacha, incluyendo la descarga de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas de Puchukollo que ya resulta pequeña para abastecer las necesidades de saneamiento ambiental de esta importante urbe y que actualmente se encuentra en fase de ampliación. El río Katari, aguas abajo, recibe nuevos aportes orgánicos provenientes de la actividad agropecuaria que se desarrolla en los municipios de Viacha, Laja y Pucarani, hasta llegar finalmente a la bahía de Cohana, en el lago Titicaca, donde debido al alto contenido de nutrientes se desarrolla un intenso proceso biológico que cubre de lemna el espejo de agua, favoreciendo el incremento de actividad anaeróbica en el cuerpo de agua y el fondo. Las comunidades de la región, por su parte, han venido desarrollando un aprovechamiento inadecuado de este recurso, introduciendo su ganado directamente al lago para alimentarse de la lemna y

otras macrófitas que se benefician de la sobrecarga de nutrientes, con lo que la contaminación por efecto de los desechos de ese ganado que pasa muchas horas del día dentro del agua se eleva exponencialmente. Este esquema se repite en el río Torococha que transcurre por la ciudad de Juliaca en el Perú.

Por su parte, la contaminación físico-química se origina como resultado 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 el río Ramis, el río Suches, el río Desaguadero desde la confluencia con el Mauri, donde hay una concentración elevada de sulfatos (de hasta 600 mg/l), boro y arsénico de origen natural. Asimismo, los ríos Seco y Seque recogen vertimientos tóxicos de muchas de las industrias instaladas en El Alto, además de los efluentes de muchas otras conectados de manera irregular a la red de alcantarillado doméstico. Las aguas desechadas por la actividad minera que recibe aguas abajo son muy ácidas y altamente cargadas de metales pesados, y los sedimentos mezclados en ellas contienen grandes cantidades de pirita, la cual, al oxidarse y entrar en contacto con el agua produce acidificación por ácido sulfúrico. Este ácido lixivia los metales presentes, produciendo así un agua similar a la de las minas (*copajira*). Quizá el problema más grave de contaminación de origen minero en el lado peruano es el generado por las explo-

Figura 3.3. Mapa de contaminación en el Sistema TDPs



Fuente: Prointec, 2004; UTO et al., 2008; Misión SRTM, 2000, USGS United States Geological Service.

Elaboración: F.A. Kindgard, Facultad de Agronomía, UBA.

taciones auríferas ubicadas en la Rinconada, Ananea y en las cuencas altas del sistema Ramis/Huancané, generándose una importante cantidad de partículas finas que, en los tramos medios de los ríos utilizados por las truchas para el desove y el desarrollo de los alevines, causa graves problemas de equilibrio ecológico.

Por otra parte, las condiciones naturales del Sistema hacen que ciertos cuerpos de agua presenten altos niveles de salinidad. 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 (PNUMA, 1996; UTO, 2007). En consecuencia, el uso de las aguas del río Desaguadero para fines de riego puede presentar limitaciones locales y temporales, por los peligros de salinización de suelos que conlleva, afectando igualmente al rendimiento esperado de los cultivos.

En la región de Oruro, en el río Desaguadero y especialmente en la cuenca del lago Poopó, la contaminación hídrica se relaciona fundamentalmente con la existencia de actividades mineras en las cuencas altas de sus principales afluentes: los ríos Huanuni, Santa Fe, Poopó y Antequera, en las que es muy importante la utilización de compuestos tóxicos y la generación de residuos minero-metalúrgicos que, en muchos casos, son vertidos directamente a los cuerpos de aguas superficiales.

Por otra parte, se tienen los derrames de petróleo y aguas en formación (salobres) de los pozos de exploración defectuosamente sellados en la península de Capachica de la región de Puno (Pusi Pirim) y las potenciales exploraciones petrolíferas en las provincias de Putina y el Collao que, aunque en la actualidad no son un problema significativo, pueden convertirse en uno más serio en el futuro si no se toman las medidas oportunas.

El uso de fertilizantes y pesticidas comerciales es muy restringido en el Sistema TDPS, limitándose su uso principalmente en el cultivo de la papa, y en dosis muy por debajo de lo internacionalmente reconocido como recomendable. El fertilizante más difundido es el nitrato de amonio, para incorporar nitrógeno al suelo, usándose en dosis para el cultivo de papa de 130 kg/ha.

La contaminación de las aguas ha afectado, evidentemente, las cadenas tróficas del Sistema TDPS. Aunque los datos no son muy abundantes, se han registrado concentraciones superiores a las normas para consumo humano de mercurio y arsénico en individuos de pejerrey capturados en la bahía de Puno





(0,4 ppm de Hg). Asimismo, las concentraciones de metales pesados encontradas en pejerrey en el lago Poopó son muy altas, especialmente de plomo, cobre, cromo, estroncio, zinc y estaño (PNUMA, 1996; Hacon y Azevedo, 2006) (ver cuadro 2.5).

Varias formaciones geológicas están constituidas de rocas sedimentarias y volcánicas del Terciario, que contienen minerales polimetálicos (plata, oro, cobre, arsénico, zinc, cadmio, plomo, antimonio y otros). De estos elementos, que ingresan en las corrientes de agua existentes en las regiones mineras, el plomo y cadmio son más tóxicos para los animales y el hombre; mientras que el cobre y cobalto son más fitotóxicos, aunque no se han realizados caracterizaciones, por lo cual no se tiene cuantificado el impacto real que pudieran generar en la vegetación de la región. Algunos de estos elementos, como el Cu, Zn y Co, son necesarios para las plantas en cantidades muy pequeñas, ya que juegan un papel muy importante en el metabolismo de las mismas, pero en cantidades mayores son tóxicos.

En 1999, el JICA y el PELT llevaron adelante un estudio sobre sedimentos del lago Titicaca en la zona de la bahía interior de Puno. El estudio estimó un volumen total de 831.600 toneladas de sedimentos generados en el área de captación y vertidas a la bahía durante aproximadamente 42 años; volumen que registra 0,3 m de espesor. El contenido promedio de dichos sedimentos fue de 16,1 mg/g-sólido seco de nitrógeno total y 1,4 mg/g-sólido seco de fósforo total; que en términos de cantidad total para la bahía interior es de 13,389 t de nitrógeno y 1,1645 t de fósforo.

Según resultados de los estudios sobre contaminantes descargados en cinco canales de drenaje y las lagunas de oxidación de aguas servidas de la planta de Espinar, el total de descargas de contaminantes que ingresan a la bahía es superior a la capacidad de autodepuración natural de la misma; siendo este sistema de lagunas de oxidación el mayor contaminante externo de la bahía interior de Puno.

Con relación al agua destinada al consumo humano, en general, sólo los centros urbanos mayores cuentan con plantas de tratamiento de agua potable, las cuales están limitadas a elementales procesos de 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 Puno y Juliaca, a las posibles filtraciones a partir de las redes de alcantarillado.

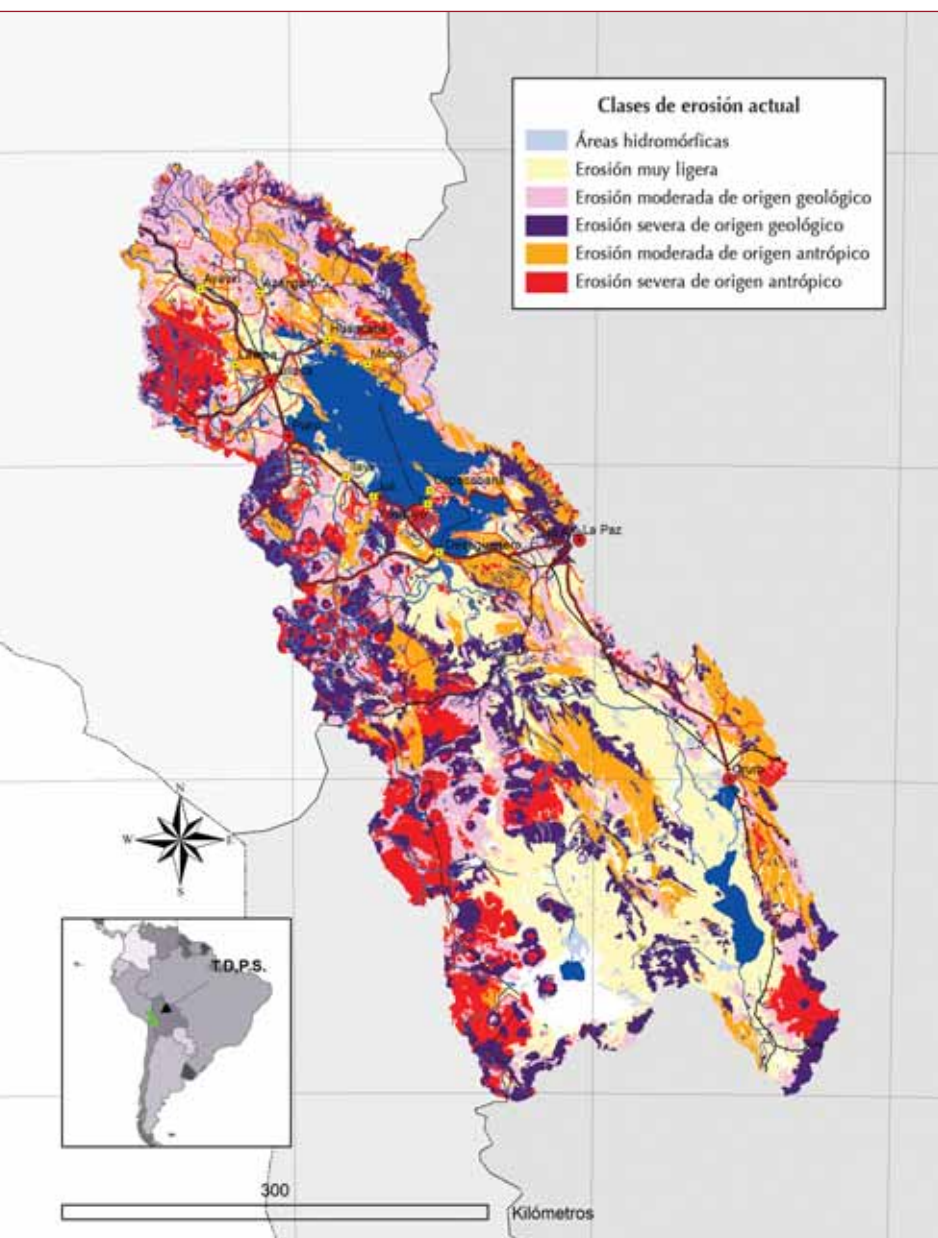
Hacia el futuro, estos problemas pueden ser mayores si no se zonifica y reglamenta adecuadamente el uso del suelo y las zonas adyacentes a las áreas urbanas. Por otra parte, los crecientes volúmenes de aguas residuales urbanas y mineras afectan los suministros actuales de comunidades rurales localizadas a lo largo de los cauces donde son descargados. En consecuencia, muchos pequeños pueblos y comunidades rurales como los poblados alrededor de los ríos Ramis y Pallina podrían estar consumiendo aguas con niveles de contaminación química y orgánica superiores a los aceptables para consumo humano.

### 3.1.6 Degradación de suelos

La problemática de los suelos de la cuenca ha sido poco estudiada y no ha merecido la atención y el sentido de urgencia que requieren las medidas destinadas a la mitigación del proceso de degradación que están confrontando.

Además de los problemas de salinización/alcalinización comentados para la cuenca media y baja del Desaguadero y la región de Oruro en general, los suelos de la región se ven afectados por la contaminación con metales pesados, ya sea que provengan de fuentes naturales o del inadecuado manejo de los residuos que produce la actividad minera; la erosión hídrica y eólica que se genera por efecto de la alta radiación solar, la evaporación, la compactación de suelos y la siembra en surcos en sentido de la pendiente, que provocan el

**Figura 3.4.** Erosión de suelos en el Sistema TDPS



Fuente: Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT).  
Elaboración: F. A. Kindgard, Facultad de Agronomía, UBA.

escurrimiento que evita que el agua sea transmitida hacia las capas más bajas del suelo por capilaridad; el aprovechamiento desmedido de thola y yareta, como combustibles o para efectos de la ampliación de la frontera agrícola destinada a la producción de quinua, maca y otros productos reclamados por el mercado interno e

internacional, provoca la pérdida de la precaria cobertura vegetal de un promedio de 1.600 km<sup>2</sup>/año (ALT, 2002); el sobrepastoreo de los hatos ganaderos en parcelas cada vez más pequeñas; la disminución de los períodos de descanso de las tierras agrícolas de 5-7 a 3-4 años como efecto del mismo fenómeno; y el uso inadecuado de maquinaria agrícola en unos suelos tan frágiles son algunas de las causas que han afectado a la calidad de los suelos de la región, acelerando su proceso de desertización (Orsag, 2009). La situación de los suelos en el Sistema TDPS se puede apreciar en la figura 3.4.

### 3.1.7 Contaminación atmosférica

En los principales centros urbanos, la problemática de contaminación atmosférica se caracteriza por su relación con las emisiones crecientes de gases de combustión provenientes de los automotores que no sólo son obsoletos, en muchos casos, sino que también presentan tendencias de crecimiento casi exponenciales. Un factor que atenúa de alguna manera los efectos de este tipo de contaminación es el régimen de vientos característico de la región, que evitan la concentración de los elementos contaminantes. Como consecuencia de este fenómeno, se tienen

emisiones de principalmente de CO, NO<sub>x</sub> y COVs y, por las características de las zonas con alta irradiación, se espera también la existencia de importantes contaminantes secundarios como el ozono. La misma problemática se relaciona con una creciente contaminación acústica, especialmente en los sitios con mayor tráfico.

La contaminación por actividad industrial es poco significativa en el conjunto. Sin embargo, en algunas ciudades en que esta actividad se ha hecho importante, como en el caso de El Alto, Oruro, Juliaca o Viacha, la industria se ha ido convirtiendo en una seria amenaza para la calidad del aire, máxime teniendo en cuenta la debilidad que caracteriza a los órganos de fiscalización competentes en la región. La planta de cemento Rumi, ubicada en el distrito de Caracoto, constituye una importante fuente de contaminación por emisión de gases dañinos para la salud humana y medio ambiente. En la localidad de Viacha funciona también una fábrica de cemento hace más de 20 años, constituyéndose en fuente de emisión de material particulado; sin embargo, en los últimos años ha venido implementando una serie de mejoras que han reducido sustancialmente sus emisiones a punto que no pueden ser distinguidas de las condiciones de línea base que predominan en la región.

El principal impacto de la minería, propiamente dicha, sobre la calidad del aire es la emisión de importantes cantidades de partículas metálicas tóxicas en suspensión, como producto de la acción del viento sobre los suelos en que los residuos mineros han sido depositados y que han sido secados por la intensa radiación solar. A ello se suma el polvo levantado por la operación de la maquinaria pesada. Este impacto es especialmente notorio en estación seca, durante la cual tienen lugar también los vientos más fuertes.

La contaminación atmosférica es causa directa de enfermedades de diferente tipo. En las áreas mineras, la silicosis pulmonar es la principal de las enfermedades profesionales, a pesar de los múltiples programas nacionales e internacionales para prevenirla. Es ocasionada por el polvo de sílice que, al ser inhalado, penetra en el pulmón formando concreciones y favoreciendo el desarrollo de procesos tuberculosos. También son comunes las intoxicaciones, especialmente por plomo, las cuales ocurren en las plantas metalúrgicas de fundición, tanto de tipo industrial como artesanal.

Con relación a la contaminación atmosférica, se tienen muy pocos estudios que permitan evaluar la problemática cuantitativamente. En las zonas rurales, los problemas más importantes se relacionan con las emisiones naturales de polvo provenientes de la resuspensión de material particulado en zonas de suelo desnudo o con muy poca cobertura de vegetación y en las que se registran vientos de mediana a gran intensidad, especialmente en época seca. A estas emisiones naturales se les suman las emisiones de área, provenientes principalmente de acumulaciones de actividades mineras pasadas (pasivos ambientales) y actuales que contribuyen además con la emisión de metales pesados. Como consecuencia de estas emisiones, se pueden tener concentraciones de sólidos totales en suspensión (PTS, menores a  $100\mu\text{m}$  de diámetro) y partículas en suspensión de  $\leq 10\text{ mm}$  de diámetro aerodinámico  $\text{PM}_{10}$  (polvo fino, fracción respirable) muy por encima de los límites permisibles, y en algunos casos se han registrado (en los pocos estudios de monitoreo atmosférico que se han efectuado en el departamento de Oruro, por ejemplo) concentraciones de arsénico y otros metales pesados por encima de los límites permisibles establecidos en las normas bolivianas y peruanas.



Foto: Albatros Media, A. Belaguer.

## 3.2 Impactos sobre el bienestar humano

Como ya se tiene dicho, la diversidad biológica desempeña un papel importante en el funcionamiento de los ecosistemas y en los numerosos servicios que proporcionan, tanto para la preservación de las condiciones intrínsecas de dichos ecosistemas como para el bienestar humano, mientras que la situación y las tendencias ambientales a las que se ha hecho referencia en los capítulos anteriores, determinan también un impacto específico sobre la salud de las poblaciones de la región, aspecto al que se refiere la presente sección.

Provieniendo entre el 20 y el 30% del agua dulce que capta anualmente la cuenca de los deshielos de los glaciares de la cordillera Real, el retroceso de éstos registrado en las últimas décadas aunado a los otros impactos descritos del cambio climático en la región, representan una amenaza inminente no sólo para la población que cubre sus necesidades de consumo humano, ganadero y riego con este recurso, sino también para el balance hídrico e hidrobiológico de la cuenca, así como para la diversidad biológica en general y la generación de energía hidroeléctrica, por la



Foto: Albatros Media, A. Belaguer.

reducción de volúmenes embalsables<sup>8</sup>. La gravedad de estos fenómenos en la reducción de agua para riego en las actividades agrícolas, provocará modificaciones en el aprovisionamiento de alimentos, la salud y el recrudescimiento de la competencia y los conflictos por el acceso a los recursos hídricos. A su vez, estos desbalances se traducirán en el deterioro de las condiciones de bienestar de la población y en mayores migraciones forzadas.

### 3.2.1 Salud humana

Ya en el capítulo 1 de este Informe, se vieron los rezagos que afectan a la región del Sistema TDPS y la situación de desventaja en la que ella se encuentra aún frente a los estándares de salud nacionales de ambos países.

En una época donde las enfermedades emergentes y reemergentes reciben la mayor atención de la comunidad científica, por causa de la enorme trascendencia social en el mundo de hoy y su repercusión futura, las infecciones respiratorias agudas (IRA) se mantienen como un grupo importante de afecciones con una alta morbilidad y baja mortalidad. Estas afecciones, conjuntamente con las enfermedades diarreicas y la malnutrición, encabezan las principales causas de muerte entre los niños en países como Perú y Bolivia. Así, con relación a la morbilidad infantil, el 45.1% de casos corresponde a enfermedades del aparato respiratorio, el 22.1% a enfermedades de desnutrición, gastroenteritis y a deficiencias de la nutrición (INEI, 2008).

A pesar del gran esfuerzo realizado por ambos países para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio en esta materia, uniéndose a todo el continente en la meta cumplida de reducción de la mortalidad infantil a menos de 40 por cada 1.000 nacidos vivos (Grupo

<sup>8</sup> El cambio climático y el Programa Nacional de Uso Eficiente del Agua, Plan Nacional de Saneamiento Básico, Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Bolivia.

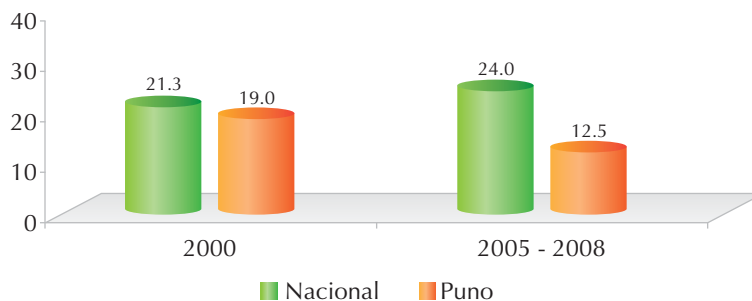
[http://www.mmaya.gob.bo/documentos/pnsb\\_final.pdf](http://www.mmaya.gob.bo/documentos/pnsb_final.pdf), 2010.

Interagencial sobre Mortalidad Infantil: Unicef, OMS, Banco Mundial, División de Población de las Naciones Unidas y la CEPAL, 2010) los promedios nacionales, sin embargo, aún no logran generalizarse hacia las regiones interiores con mayores prevalencias de factores de riesgo. De esta manera, por ejemplo, Perú y Bolivia se encuentran ahora entre los cinco países de la región de América Latina y El Caribe que aportan el 85% de las defunciones por IRA.

Y es que las IRA constituyen la primera causa de consultas médicas y de morbilidad, tanto en países desarrollados como en los países en vías de desarrollo. La presencia de éstas en menores de cinco años es independiente de las condiciones de vida y grado de desarrollo. La diferencia no radica en el número de episodios, sino en su gravedad (Torres Suárez, 2010). A esto se debe que las condiciones ambientales que registra la región del TDPS sean las principales responsables de la gravedad de los casos, a lo que se suman los rezagos en la cobertura de los sistemas públicos de salud y otros factores estructurales como las variables ambientales (contaminación atmosférica, contaminación doméstica por residuos orgánicos, el uso de leña en los hogares), socioeconómicas (ingreso familiar bajo, nivel de escolaridad), hacinamiento (aglomeración de personas), exposición al frío, humedad y cambios bruscos de temperatura, deficiente ventilación en la vivienda, factores nutricionales y déficits inmunológicos, entre otros. La figura 3.5 ejemplifica la brecha que separa a la región de las condiciones promedio nacionales.

Dentro de este grupo de enfermedades, es posible situar a la silicosis y la tuberculosis, cuyas causas más frecuentes suelen asociarse –además de los factores estructurales ya anotados– al trabajo en la minería, aunque las condiciones de sequedad y salinidad del ambiente contribuyen grandemente a potenciar estos cuadros.

**Figura 3.5.** Proporción de menores de 36 meses que, en las dos semanas anteriores a la encuesta, tuvieron IRA



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI), 2008.

Sin embargo, es indispensable situar estos datos en su verdadero contexto, pues la fisiología a 3.800 msnm o más es significativamente diferente a la de una persona que vive a nivel del mar, estimándose que la capacidad pulmonar de una persona adulta que ha crecido en la región comprendida por el TDPS es, en promedio, un litro mayor dado el esfuerzo de oxigenación supletorio que debe realizar para alimentar su flujo sanguíneo; y éste tiene, en promedio, entre 500 mil a un millón de glóbulos rojos adicionales, comparado con el de una persona que vive en la costa o la Amazonía.

En cuanto a la prevalencia de enfermedades gastrointestinales, éstas están asociadas a la problemática de los servicios básicos ampliamente descrita en los apartados precedentes. Entre las principales causas de esta situación, se cuentan: la baja cobertura y la inseguridad de las fuentes de agua potable, la débil infraestructura, el contacto con las aguas residuales y su eventual uso para riego, así como la práctica ausencia de gestión de residuos sólidos.

En este sentido, la tasa de incidencia de enfermedades diarreicas agudas (EDA) a nivel nacional en Perú, para el año 2000, fue del orden del 19,8%; mientras que en ese mismo año el dato para el departamento de Puno fue de 20,2%. Para el año 2005-2008 las tasas de EDA se redujeron a un 17,4% a nivel nacional y al 11,5% en Puno, por lo que en dicho período la

reducción de la incidencia de las EDA en Puno (8,70%) triplicó a la del esfuerzo nacional (2,4%).

El cambio climático también está provocando que se presenten enfermedades tropicales que no son conocidas en el altiplano. El Ministerio de Salud de Bolivia detectó la presencia de malaria en el Departamento de Oruro y, ya en el año 1998, se detectó el primer caso de malaria o paludismo en el altiplano, precisamente en inmediaciones del lago Titicaca en la población de Tuntunani del municipio de Puerto Carabuco. El transmisor de la enfermedad –los mosquitos del género *Anopheles*– han logrado modificar su organismo para sobrevivir en lugares altos y fríos y, por otra parte, los batracios que ejercían el control biológico han migrado hacia otras regiones.

### 3.2.2 Relaciones sociales y conflictos ambientales

En el curso de los últimos años, diversos movimientos sociales han agitado las aguas de la región, reivindicando la atención a sus problemas, en un marco de diferenciación muy amplio.

#### 3.2.2.1 Conflictos de carácter ambiental

En el caso de las comunidades situadas a lo largo de los cursos de los ríos contaminados, el reclamo ha tenido que ver con el control de la contaminación y la dotación de agua apta para el consumo humano y animal. Un resumen de los conflictos suscitados en los últimos años se presenta en el cuadro 3.7.

Por otra parte, diversas obras de trasvase de aguas proyectadas en la cuenca del Sistema TDPS a otras cuencas vecinas, reduciendo el aporte de aguas a los distintos cuerpos que lo conforman, ha sido objeto de una permanente preocupación y movilización de diversos movimientos sociales, siendo las más importantes entre ellas las referidas a los ríos Ilave y Mauri. Una situación equivalente se produce con las poblaciones aledañas a los botaderos de basura en los dis-

tintos municipios, particularmente en los de mayor número de habitantes (El Alto, Viacha, Puno, Juliaca, Ilave). En este caso, la población más directa y gravemente afectada son los pepenadores o segregadores, que han hecho de los basurales una especie de hogar permanente para ellos y sus familias, exponiéndose a residuos con distinto grado de peligrosidad y, por consiguiente, a contraer enfermedades asociadas a la naturaleza de los desechos con los que trabajan.



Foto: Albatros Media, A. Belaguer.

Otro tema de conflicto recurrente ya comentado en el capítulo anterior es el relativo a las quemadas en los totorales, particularmente, de aquellos situados al interior de la Reserva Nacional del Titicaca (RNT), poniendo en entredicho las limitaciones de acceso, uso, manejo y control impuestas a los comunarios protagonistas de dichas quemadas, intentando preservar ese ecosistema frente al inmediatez de dichas prácticas predatorias.

En todos estos casos, se puede observar la debilidad institucional y normativa del Estado para hacer prevalecer el interés común por encima de los grupos que buscan avasallar la legalidad e imponer arbitrariamente sus intereses.

Cuadro 3.7. Comunidades con conflictos de uso de agua

País	Poblaciones involucradas	Tipo de protesta	Fuente de agua afectada	Motivo del conflicto	Solución al conflicto
Bolivia	Más de cuarenta comunidades pertenecientes a los municipios de Laja, Pucarani, Viacha y Puerto Pérez.	Movilizaciones y bloqueos.	Sistema Seco-Pallina-Katari.	Polución de los ríos que atraviesan la región.	La Gobernación del departamento de La Paz se comprometió a perforar pozos de agua, dotar de redes de distribución de agua potable y a la forestación de la zona para el reúso del efluente de la PTAR.
	El Consejo de Defensa del Río Desaguadero y los Lagos Poopó y Uru Uru, Departamento de Oruro.	Movilizaciones y demostraciones.	La cuenca media y baja del río Desaguadero y los lagos Poopó y Uru Uru.	Afectaciones a la salud humana, al ganado, la diversidad biológica y los suelos, debido a la contaminación producida por la actividad minera.	DS 0335 (2009) que declara zonas de emergencia a Huacununi, Machacamarca, El Choro y Poopó.
	Cojata.	Protestas.	Cuenca alta del río Suches.	Explotación minera furtiva.	Movilización de las Fuerzas Armadas bolivianas, reunión de ambas Cancillerías.
Perú	Comunidades ribereñas.	Han solicitado el desalojo de los mineros que explotan ilegalmente yacimientos en la zona.	Ríos Ramis, Llanquimay y Aruntani.	Contaminación minera en el caso del río Ramis. Contaminación por pasivos ambientales de pozos petroleros mal sellados.	Se ha conformado varias comisiones a diversos niveles pero el problema subsiste.
	Corani.	Movilizaciones.		Posible explotación de Uranio.	
	Condoraque.	Movilizaciones.		Explotación minera, empresa Sillustani.	
	Chucuito.	Movilizaciones.		Explotación minera, empresa Santa Ana.	
	Untuca.	Movilizaciones.		Solicitan tierras para dedicarse a la minería artesanal.	
	Cuatrocientos treinta y seis (436) comunidades del departamento de Puno (34% del total) afectadas por los problemas de uso de agua.	Movilizaciones, protestas y bloqueos.	La mayor parte de las subcuencas del lago Titicaca en el sector peruano.	Diversos conflictos.	

Fuente: Elaboración propia, con base en el Directorio de Comunidades, DRA Puno-PETT y otras fuentes.

### 3.2.2.2 Conflictos de carácter socioeconómico

Siendo los niveles de pobreza, necesidades básicas insatisfechas (NBI), y la crisis de la economía tradicional de la región los que ya se comentó en los capítulos precedentes, éstos constituyen el sustrato en el que se desarrolla la vida de los tres millones de habitantes de la región, obligándolos a someterse a una dinámica permanente de supervivencia, improvisación y creatividad, en la que caben desde las migraciones permanentes o temporales hasta la diversificación máxima de opciones de inserción en los mercados laborales.

Como se tiene dicho, encontrándose la mayoría de la población vinculada a diversas actividades del sector agropecuario, una de las principales problemáticas de la región es la seguridad jurídica que afecta al derecho propietario sobre la tierra. En el caso boliviano, a pesar de que la ley que instruye el saneamiento de la propiedad data de 1996, el nivel de avance de este proceso en toda la región del altiplano es prácticamente irrelevante. Esta situación tiene que ver con el hecho de que la mayor parte de la tierra de la región fue dotada a los trabajadores de lo que hasta 1953 fueron las haciendas de la región y, al presente, esas tierras han pasado de generación en generación sufriendo un proceso agudo de minifundización sin haberse regularizado los derechos propietarios. Por otra parte, muchos de los comunarios de entonces y/o sus descendientes han migrado hacia las ciudades u otras regiones del país pero sin desvincu-

larse por completo de sus tierras de origen, lo que mantiene en una situación de *penumbra jurídica* sus derechos sobre las mismas. A ello se suma el hecho de que por su tamaño y el tiempo de su explotación, la mayoría de las parcelas familiares ha perdido significativamente su productividad competitiva y, por otro lado, en la región no existen tierras fiscales para un nuevo proceso de dotación a quienes no poseen tierras en cantidad suficiente. Este estado de cosas representa una continua amenaza latente de conflictos entre comunidades y al interior de éstas (Fundación Tierra, 2009).

En el caso peruano, la problemática agraria puede resumirse en el cuadro 3.8, que da cuenta del número de comunidades campesinas del departamento de Puno que fueron favorecidas por la reforma agraria, donde de un total de 1.270 comunidades para el año 2008, la reforma agraria sólo favoreció 321 comunidades del departamento.

En otro orden de cosas, entre la creciente mayoría urbana de la región que revela el cuadro 1.3, la mayor parte está conformada por trabajadores independien-

**Cuadro 3.8. Comunidades campesinas beneficiadas por reforma agraria en el departamento de Puno**

Provincia	Comunidades campesinas	Comunidades beneficiadas por la reforma agraria	Porcentaje
Puno	210	44	15,54
Azángaro	283	68	22,28
Carabaya	48	28	3,78
Chucuito	133	45	10,47
El Collao	129	43	10,16
Huancané	127	28	10,00
Lampa	96	10	7,56
Melgar	78	19	6,14
Moho	25	7	1,97
S.A. Putina	51	11	4,02
San Román	37	9	2,91
Sandia	32	4	2,52
Yunguyo	21	5	1,65
<b>Total</b>	<b>1.270</b>	<b>321</b>	<b>25,27</b>

Fuente: Con base en el Directorio de Comunidades Campesinas, reconocimiento oficial al 31 de enero de 2008, DRA Puno-PETT.



tes no asalariados, lo que determina un elevado nivel de precariedad en el empleo, con la consiguiente vulnerabilidad para ellos y sus familias.

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

### 3.3 Vulnerabilidad

El 4,86% de la superficie del sistema se encuentra en alto riesgo de vulnerabilidad. El 22% se encuentra en vulnerabilidad media. Las áreas vulnerables coinciden con las áreas de mayor densidad de población del Sistema, las que se encuentran en situación de riesgo permanente. Existen peligros naturales asociados con dinámicas geológicas, geomorfológicas, atmosféricas, hidrometeorológicas y bióticas, como sequías, inundaciones, desbordamientos, sismos, erosión y deslizamientos. Además existen otros peligros siconaturales, que se producen como resultado de la interrelación de las prácticas sociales con el ambiente natural, como son la deforestación, la migración, los incendios forestales y otras prácticas que contribuyen al calentamiento global. Por último, existen peligros tecnológicos asociados de manera directa y unilateral a la actividad humana, como accidentes por explotaciones mineras, explosiones, vertimientos e incendios en instalaciones de gas e hidrocarburos.

En el cuadro 3.9 se observa los diferentes eventos ocasionados por la naturaleza en las épocas de avenidas. Los eventos de mayor frecuencia son las inundaciones y heladas, seguidas de granizadas y fuertes vientos. Estos fenómenos naturales degradan el medio ambiente, generando pérdidas económicas y pérdidas de los diferentes ecosistemas. El mayor número de eventos es ocasionado por heladas e inundaciones; es decir, estos eventos se presentan tanto en épocas de sequía como en épocas de avenidas.

**Cuadro 3.9.** Registro de eventos naturales adversos, 2004

Fenómenos naturales adversos	Número
Aluviones	-
Deslizamientos	7
Granizadas	16
Heladas	89
Huaycos	9
Incendios forestales	1
Inundaciones	99
Vientos fuertes	13
Epicentro de sismos	1
<b>Total</b>	<b>235</b>

Fuente: Defensa Civil, 2004.

#### • Los riesgos de inundación

Para la estimación de la ocurrencia de inundaciones, se ha utilizado como referencia los volúmenes de precipitación en la cuenca. Así, la probabilidad de ocurrencia, en los próximos 50 años de una inundación igual o mayor que la registrada en el período 1985-1986, es de 55% (cuadro 3.10).

**Cuadro 3.10.** Registro de precipitaciones

Año	Precipitación (mm)
1996	734,9
1997	907,1
1998	657,2
1999	1.003,1
2000	740,6
2001	1.018,9
2002	892,0
2003	714,1
2004	654,4
2005	674,5
2006	769,0
2007	799,8

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI), 2008.

Si se observan las curvas de variación de los niveles del lago Titicaca en el período 1912 a 1945, han existido eventos de menor magnitud, pero aún significativos, en los años 1947, 1949, 1954, 1960, 1961, 1963, 1974, 1984 (OMS-OPS, 2008). Éstos son los años en que se registraron las mayores inundaciones. Sin embargo, es necesario tomar nota que no son todas las que se han producido. El registro de períodos de inundaciones se muestra en el cuadro 3.11.

Las zonas afectadas se ubican en las riveras de los ríos y en la zona circunlacustre. Los impactos negativos sobre los ecosistemas se traducen en pérdidas de áreas de cultivo, pastoreo y paisajístico. Las áreas de mayor vulnerabilidad para inundaciones es la zona circunlacustre del lago Titicaca (OMS-OPS, 2008).

En los últimos diez años, se puede observar que la mayor precipitación fue en el año 2001, mientras el

año de menor precipitación ha sido el 2004. Ambos extremos afectan directamente el ecosistema y, como consecuencia, la pérdida de productividad y su impacto en la calidad de vida de los pobladores del Sistema TDPS.

#### • Los riesgos de sequía

En cuanto a las probabilidades de ocurrencia de sequías, sobre la base de la serie de precipitación de 1960 a 1990, los servicios de hidrología han estimado que la probabilidad de ocurrencia de una sequía igual o mayor que la máxima sequía histórica registrada en 1943 en los próximos 50 años es de 5%, la probabilidad de ocurrencia de una sequía igual o mayor que la sequía de 1982-1983 en los próximos 50 años es de 10%, y la probabilidad de ocurrencia de una sequía igual o mayor que la sequía de 1990 en los próximos 50 años es de 15%.

**Cuadro 3.11. Registro histórico de inundaciones en el Sistema TDPS**

Año	Detalle
1921	Se reporta inundación en las riberas del lago Titicaca a consecuencia del crecimiento de su nivel.
1931	Crecida del lago Titicaca provoca inundaciones y daños en la producción de papas. Desborde del lago Poopó por intensas lluvias.
1932	Inundación de las riberas del lago Titicaca. Desborde del río Suches ocasiona pérdidas en la agricultura.
1933	Inundaciones en las riberas a causa del aumento del nivel del lago Titicaca. Según Ahlfeld (200X), desde este año comienza a bajar hasta el año 1943.
1963	Inundación en las riberas del lago ocasionando daños en los cultivos. El río Desaguadero sube 1 metro en 28 días. Formación del lago Uru Uru.
1964	Crecida del lago Titicaca llega a una altura de 3.809,10 msnm, según el Servicio de Hidrografía y Navegación de la Marina.
1984	Inundación de cultivos en la ribera del lago Titicaca y también se ocasionan pérdidas por desborde de los ríos. Se reporta inundación de poblaciones y daños en la infraestructura de caminos, de educación, salud y otros daños.
1985/86	Igual que el año anterior, se alcanzó el mayor nivel (3.812,57) del lago en lo que va del siglo.
2001/2003	Se reporta inundaciones en las zonas de Azángaro, Macusani, Huancané, Putina, Ilave.

Fuente: Proyecto Especial del Lago Titicaca (PELT), 2004.

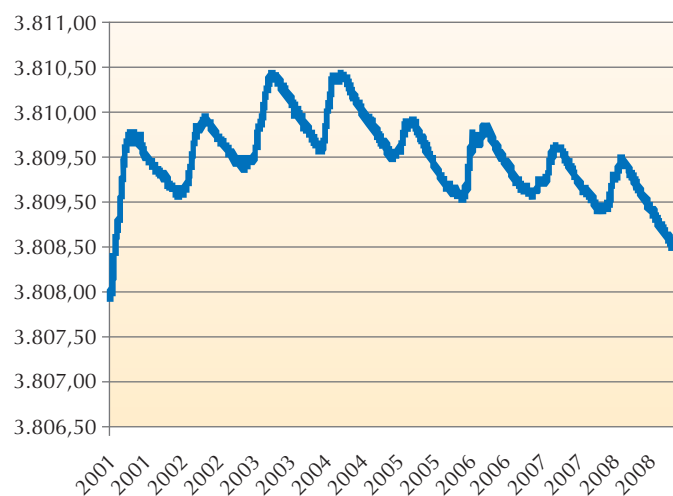
**Cuadro 3.12. Registro histórico de sequías en el Sistema TDPS**

Año	Detalle
1500	Las crónicas de Huamán Poma y Ayala relatan que en tiempo del Inca Pachacutec no llovió de 7 a 10 años.
1815	Sequías en el altiplano, según relata Choquehuanca en <i>Historia de Azángaro</i> .
1915	Sequía en el altiplano.
1937	Los niveles del lago Titicaca bajan considerablemente y asola la sequía en la región.
1943	El nivel del lago registra el más bajo del siglo (3.806,5 msnm) después de más de seis años de sequías. Se la califica como una de las más graves sequías en el ámbito nacional. El nivel del lago alcanza el fondo del río Desaguadero.
1956	La prensa peruana reporta una severa sequía en Puno, que causó las pérdidas de cosechas y descapitalización de los campesinos.
1962	La prensa reporta 20% menos de precipitación normal, con claros indicios de sequía en el territorio nacional, incluyendo la región del altiplano.
1966	Empieza a hacerse sentir la sequía en el altiplano.
1967	Continúa la sequía. El lago Poopó se seca completamente.
1983	Grave sequía en la región del altiplano e inundaciones en la costa norte del Perú. Son atribuidos al comportamiento de la corriente del Niño y la corriente de Humboldt.
1990	Nuevamente, se presenta una sequía en toda la región, se reportan grandes pérdidas en la producción.

Fuente: Proyecto Especial del Lago Titicaca (PELT), 2004.

De los estudios realizados, se ha llegado a la conclusión de que las sequías son los eventos extremos más frecuentes, así como los que producen daños más graves en el Sistema TDPS, afectando principalmente al sector agrario, que es la actividad principal de la población del altiplano. En el año 1989-1990 este sector confrontó una pérdida de 88,5 millones de dólares (ALT, 2010).

En la figura 3.6, se pueden apreciar las variaciones registradas como efecto de las precipitaciones (o la ausencia de ellas) entre los años 2001 y 2008, que respaldan las aseveraciones de los párrafos precedentes, evidenciando que desde el año 2004, los niveles promedio alcanzados por el agua han ido disminuyendo año a año, lo que podría constituir una tendencia que oriente los pronósticos de corto plazo.

**Figura 3.6. Niveles promedio del lago Titicaca, 2001-2008**

Fuente: Unidad Operativa Boliviana (UOB), 2009.

# Capítulo



## Instrumentos de gestión



## 4.1 Gobernabilidad ambiental

### 4.1.1 Marco normativo

En el ámbito del Sistema TDPS existen normas legales de carácter general que rigen a nivel nacional en cada uno de los dos países, por lo tanto, las políticas y competencias regionales en el Perú y departamentales en Bolivia, así como las locales respecto a la gestión ambiental y el sistema hídrico, deben guardar estricta compatibilidad con este marco jurídico.

Entre las normas de carácter nacional relevantes a los efectos de este Informe, se tienen:

#### Recuadro 4.1. Instrumentos normativos relativos a la gestión ambiental en el Sistema TDPS

Bolivia <sup>a</sup>	Perú
<b>Constitución</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Nueva Constitución Política del Estado, de 9 de febrero de 2009.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Constitución Política del Perú, de 30 de diciembre de 1993.</li> </ul>
<b>Descentralización, autonomías y gobiernos subnacionales</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Ley Marco de Autonomías y Descentralización, 19 de julio de 2010.</li> <li>◦ Ley 1551 de 20 de abril de 1994, Ley de Participación Popular.</li> <li>◦ Ley 1702 de 17 de julio de 1996, Ley de Modificaciones y Ampliaciones a la Ley 1551 de Participación Popular.</li> <li>◦ Ley 2028 de 28 de octubre de 1999, Ley de Municipalidades.</li> <li>◦ Ley 1600 de 28 de octubre de 1995, Ley del Sistema de Regulación Sectorial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Ley 27867 de 18 de noviembre de 2002, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales; Ley 27972 de 27 de mayo de 2003, Ley Orgánica de Municipalidades.</li> </ul>
<b>Recursos naturales y gestión ambiental</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Ley 1700 de 12 de julio de 1996, Ley Forestal.</li> <li>◦ Decreto Supremo 24453 de 21 de diciembre de 1996, Reglamento de la Ley Forestal.</li> <li>◦ Ley 1715 de 18 de octubre de 1996, Ley del Servicio Nacional de Reforma Agraria.</li> <li>◦ Ley 3545 de 28 de noviembre de 2006, Modificación de la Ley 1715. Reconducción de la reforma agraria.</li> <li>◦ Ley 1906 de 8 de setiembre de 1879, Ley de Aguas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Ley 29338 de 31 de marzo de 2009, Ley de Recursos Hídricos.</li> <li>◦ Ley 28611 de 15 de octubre de 2005, Ley General del Ambiente. Sustituye al Código del Medio Ambiente de 1990.</li> <li>◦ Ley 29325 de 4 de marzo de 2009, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.</li> <li>◦ Ley 28245 de 4 de junio de 2004, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.</li> </ul>

Bolivia<sup>a</sup>

## Perú

## Recursos naturales y gestión ambiental

- Ley de Prestación y Utilización de Servicios de Agua Potable y Servidumbres para Servicios de Aguas de 22 de julio de 1997; Ley 2029 de 29 de octubre de 1999, Ley del Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario.
- Ley 2066 de 11 de abril del 2000, Alcantarillado Sanitario.
- Ley 2878 de 8 de octubre de 2004, Ley de Promoción y Apoyo al Sector de Riego para la Producción Agropecuaria y Forestal.
- Ley 3030 de 18 de enero del 2006, Ley de Ampliación del Consejo Interinstitucional del Agua.
- Ley 3602 de 12 de enero de 2007, Ley de Entidades Mancomunarias Sociales de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario.
- Ley 1333 de 27 de abril de 1992, Ley de Medio Ambiente.
- Ley 12301 de 14 de abril de 1975, Ley de Vida Silvestre, Parques Nacionales, Caza y Pesca.
- Decreto Supremo 24176 de 8 de diciembre de 1995, Reglamento General de Gestión Ambiental, Reglamento de Prevención y Control Ambiental, Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (RMCA), Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, Reglamento para Actividades con Sustancias Peligrosas, Reglamento de Gestión Residuos Sólidos.
- Decreto Supremo 26705 de 10 de Julio de 2002, Modificaciones al Reglamento General de Gestión Ambiental y Reglamento de Prevención y Control Ambiental.
- Decreto Supremo 28139 de 16 de mayo de 2005, Modificaciones y aclaraciones al RMCA. Se reemplaza el Anexo 5 del RMCA por la Norma Boliviana NB 62002 del IBNORCA.
- Decreto Supremo 28499 de 10 de diciembre de 2005, Norma Complementaria-Modificatoria del Reglamento General de Gestión Ambiental y Auditorías Ambientales.
- Decreto Supremo 28592 de 17 de enero de 2006, Complementaciones y Modificaciones a Reglamentos Ambientales.
- Decreto Supremo 24781 de 31 de julio de 1997, Reglamento General de Áreas Protegidas (RGAP).
- Ley 27308 de 15 de julio del año 2000, Ley Forestal y de Fauna Silvestre.
- Ley 27314 de 20 de julio del año 2000, Ley General de Residuos Sólidos.
- Ley 26821 de 26 de junio de 1997, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales.
- Ley 26793 de 22 de mayo de 1997, Ley de Creación del Fondo Nacional del Ambiente.
- Ley 26834 de 4 de julio de 1997, Ley de Áreas Naturales Protegidas.
- Decreto Supremo 038-2001-AG de 26 de junio del 2001, Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas.
- Reglamento del Decreto Legislativo 1079, Establece Medidas que Garanticen el Patrimonio de las Áreas Naturales Protegidas.
- Decreto Supremo 018-2009-MINAM de 8 de setiembre de 2009, Reglamento del Uso Turístico en Áreas Naturales Protegidas.
- Ley 26839 de 17 de junio de 1997, Ley Sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica.
- Ley 27446 de 20 de abril de 2001, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental.
- Decreto Legislativo 1055 de 27 de junio de 2008, que modifica la Ley 28611, Ley General del Ambiente.
- Decreto Legislativo 1013 de 14 de mayo de 2008, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente.
- Decreto Legislativo 1039 de 26 de junio de 2008, que modifica disposiciones del Decreto Legislativo 1013.
- Decreto Supremo 002-2009-MINAM de 17 de enero de 2009, Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales.
- Decreto Supremo 008-2005-PCM de 28 de enero de 2005, Reglamento de la Ley 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- Decreto Supremo 012-2009-MINAM de 23 de mayo de 2009, que aprueba la Política Nacional del Ambiente.

Bolivia<sup>a</sup>

## Perú

## Recursos naturales y gestión ambiental

- Ley 1777 de 17 de marzo de 1997, Código de Minería.
  - Decreto Supremo 24782 de 31 de Julio de 1997, Reglamento Ambiental para Actividades Mineras (RAAM).
  - Ley 2074 de 14 de abril del 2000, Ley de Promoción y Desarrollo de la Actividad Turística en Bolivia.
  - Decreto Supremo 26085 de 23 de febrero de 2001, Reglamento de la Ley de Promoción y Desarrollo de la Actividad Turística en Bolivia.
  - Ley 071 de 21 de diciembre del 2010, Ley de Derechos de la Madre Tierra.
- Decreto Supremo 014-92-EM de 2 de junio de 1992, Texto Único Ordenado (TUO) de la Ley General de Minería. Tiene modificaciones diversas.
  - Decreto Supremo 016-93-EM de 1 de mayo de 1993, Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Minero-Metalúrgicas. Modificatoria introducidas por Decreto Supremo 022-2002-EM de 4 de julio de 2002.
  - Ley 27474 de 6 de junio de 2001, Ley de Fiscalización de las Actividades Mineras; y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo 049-2001-EM de 6 de setiembre de 2001.
  - Ley 27651 de 24 de enero de 2002, Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal; y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo 013-2002-EM de 21 de abril de 2002.
  - Resolución Ministerial 596-2002-ED/DM de 21 de diciembre de 2002, aprueba el Reglamento de Consulta y Participación Ciudadana en el Procedimiento de Aprobación de los Estudios Ambientales en el Sector Energía y Minas.

Fuente: Elaboración propia.

<sup>a</sup> El marco normativo boliviano está siendo modificado, con base en la nueva Constitución Política del Estado.





Los convenios y acuerdos internacionales de los que forman parte ambos países y tienen alguna relevancia en el Sistema Hídrico TDPS son:

#### • **Convenios bilaterales**

- Acuerdo para la creación de entidad binacional dependiente de los Ministerios del Exterior para la ejecución del Plan Director Binacional del Sistema TDPS, firmado el 12 de diciembre de 1992.
- Notas Reversales 6/36 de 12 de diciembre de 1992, mediante las cuales los gobiernos de Perú y Bolivia acordaron la creación de la Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca encargada de la ejecución del Plan Director Binacional del Sistema del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Salar de Coipasa (TDPS).
- Notas Reversales (DGAP-DAS) 6-7/09 de 18 de mayo de 1993, mediante las cuales establecieron el marco de su funcionamiento; incluyéndose la naturaleza y duración de la Autoridad, sus objetivos y funciones, su personal, y su régimen económico-financiero, entre otros.

#### • **Instrumentos multilaterales**

##### *Convención Ramsar*

- Convenio relativo a Humedales de Importancia Internacional, especialmente Hábitat de Aves Acuáticas. Ramsar, 2 de febrero de 1971, ratificado en Bolivia el 27 de octubre de 1990 y en el Perú por Resolución Legislativa 25353, vigente desde el 30 de julio de 1992. Siendo el lago Titicaca sitio Ramsar para ambos países y en Bolivia los lagos Poopó y Uru Uru.
- Protocolo para modificar la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, especialmente Hábitat de Aves Acuáticas. París, 3 de diciembre de 1982, ratificado por el Perú a través de la Resolución Legislativa 25353, vigente desde el 30 de julio de 1992.
- Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres. Bonn, 23 de junio de 1979, ratificado por Bolivia en 1975

y en el Perú por Decreto Supremo 002-97-RE, vigente desde el 1 de junio de 1997.

#### *Cambio climático*

- Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono; suscrito el 22 de marzo de 1985 en Austria, Viena; ratificado en Bolivia con Ley 1584 de 3 de agosto de 1994 y en Perú con Ley de 22 de marzo de 1985.
- Protocolo de Montreal sobre Sustancias que Disminuyen la Capa de Ozono; suscrito el 16 de septiembre de 1987 en Montreal, Canadá; ratificado en Bolivia el 3 de agosto de 1994 y en Perú el 16 de septiembre de 1987.
- Enmiendas al Protocolo de Montreal sobre Sustancias que Disminuyen la Capa de Ozono; suscrito el 25 de noviembre de 1992 en Copenhague, Dinamarca; ratificado en Bolivia por Ley 24418.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático; suscrito el 9 de mayo de 1992 en Nueva York, EE. UU.; ratificado en Perú en 1992 y en Bolivia en 1994.
- Protocolo de Kioto; suscrito el 11 de diciembre de 1997 en Kioto, Japón; vigente en Bolivia desde 1999 y en Perú desde 2002.

#### *Contaminantes y residuos peligrosos*

- Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes; suscrito el 22 de mayo de 2001 en Estocolmo, Suecia; ratificado en Bolivia en 2002 y en Perú en 2005.
- Convenio de Basilea para el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación; suscrito el 22 de marzo de 1989, en Basilea, Suiza; ratificado en Perú en 1989 y en Bolivia en 1996.
- Convenio de Rotterdam sobre el PCFP Aplicable a Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional; suscrito el 10 de septiembre de 1998 en Rotterdam, Holanda y entró en vigor en febrero de 2004; ratificado en Perú en 1998 y en Bolivia en 2003.

### *Patrimonio natural y cultural*

- Convenio sobre Diversidad Biológica; suscrito el 5 de junio de 1992 en Río de Janeiro, Brasil; ratificado en Perú en 1993 y en Bolivia en 1994.
- Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas; suscrito el 30 de abril de 1973 en Washington, EE. UU., entró en vigor el 1 de julio de 1975; ratificado en Perú en 1974 y en Bolivia en 1991.
- Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural, París, Francia, 23 de noviembre de 1972; vigente en el Perú desde el 24 de febrero de 1982 y en Bolivia desde el 4 de octubre de 1976.
- Convención sobre la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial, París, 17 de octubre de 2003; ratificada por Bolivia el 28 de febrero de 2006 y por Perú el 23 de setiembre de 2005.
- Convención sobre la Protección y Promoción de la Diversidad de Expresiones Culturales, París, 20 de octubre de 2005, ratificada por Bolivia el 4 de agosto de 2006 y el Perú se adhirió el 16 de octubre de 2006.

Por su parte, a pesar de las sinergias que proporciona este marco normativo común, la ALT no ha logrado generar –además de su Estatuto y el Plan Director, bajo cuyo marco se ha desenvuelto esta institución desde su creación– los instrumentos normativos y de gestión integrada de los recursos hídricos e hidrobiológicos que permitan alinear las políticas y mecanismos de ambos países a los requerimientos y limitaciones de esta cuenca, para contar con una genuina gestión binacional de la misma. En virtud del acuerdo de ambos presidentes (octubre 2010), se ha conformado el *Grupo Binacional Ad Hoc de Gestión de la ALT* para elaborar una propuesta sobre una nueva estructura institucional de la ALT, su Estatuto Orgánico, así como lineamientos programáticos de un nuevo Plan Global Director de cara a las nuevas realidades económicas, ambientales y sociales del Sistema TDPS, a cuyo efecto podrá ser de utilidad el avance alcanzado en el marco del Proyecto Titicaca del PNUMA.

### **4.1.2 Políticas ambientales**

En Perú, luego de la creación del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2008), una de las principales preocupaciones de las autoridades se orientó a la formulación de la Política Nacional del Ambiente aprobada mediante Decreto Supremo 012-2009-MINAM, publicado el 23 de mayo de 2009. Esta política tiene como objetivo general mejorar la calidad de vida de las personas y el desarrollo sostenible del país. En ese marco, se está formulando el Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA) Perú: 2010-2021, que debe incluir las estrategias, programas, proyectos y metas concretas a alcanzar en ese período.

La gestión ambiental ha establecido cuatro ejes temáticos esenciales: a) conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica; b) gestión ambiental de la calidad ambiental; c) gobernanza ambiental; y d) compromisos y oportunidades ambientales internacionales. Como parte de dicha política, se ha formulado el Programa de Municipios Ecoeficientes. El mismo se constituye en una propuesta voluntaria por la que pueden optar los municipios interesados en concretar tres objetivos fundamentales de las responsabilidades que les tiene asignada la Ley: tratamiento y reúso de aguas residuales domésticas, reciclaje y disposición final segura de residuos sólidos municipales, y ordenamiento territorial para el desarrollo sostenible.

Por su parte, Bolivia, en el Plan Nacional de Desarrollo “Bolivia Digna, Productiva y Democrática y Soberana - Para Vivir Bien” se basa en las políticas ambientales que están orientadas a la implementación de proyectos para la adaptación y mitigación del cambio climático, al desarrollo productivo con valor agregado de los recursos naturales y sustentabilidad ambiental y a la armonía con la naturaleza, que implica relaciones entre seres humanos, y entre la sociedad y el Estado con la naturaleza, promoviendo así un desarrollo integral, diverso e integrador, como única alternativa para una vida digna en el planeta. Luego de la aprobación de la nueva Constitución



Política del Estado, en Bolivia se está reelaborando toda la economía jurídica del país, incluyendo la legislación ambiental y la gestión de los recursos naturales.

Por otro lado, a iniciativa del presidente Evo Morales, se llevó a cabo en Tiquipaya, Bolivia (abril, 2010) la Primera Conferencia Mundial de los Pueblos sobre el Cambio Climático y la Defensa de la Tierra, donde se realizó una crítica a los patrones de producción y consumo de los países desarrollados, que están llevando a la destrucción del planeta, por lo que se propuso una nueva ética y nuevo paradigma, más justo y equitativo, para satisfacer las necesidades de la humanidad respetando a la naturaleza.

Independientemente de la carencia de un instrumento normativo común, es muy importante el hecho de que ambos países hayan aprobado y estén implementando sus respectivos instrumentos de Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH); en el caso peruano, a partir de la aprobación de la Ley de Recursos Hídricos, la constitución de la Autoridad Nacional del Agua y sus filiales subnacionales; y en el boliviano, a pesar de que la legislación general del sector no ha logrado modificarse desde 1879, en los años recientes se han aprobado varias leyes de significación en la materia (ver recuadro 4.1), en cuyo marco se han elaborado los instrumentos de gestión en actual vigencia, como el Plan Nacional de Saneamiento Básico, la constitución del Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico (SENASBA) y la Entidad Ejecutora del Medio Ambiente y Agua (EMAGUA).

## 4.2 Actores involucrados en la gestión del Sistema TDPS

### 4.2.1 Organismos gubernamentales que participan en la gestión ambiental

Los organismos del Poder Ejecutivo encargados de diseñar, establecer, ejecutar y supervisar la política nacional y sectorial ambiental son: en Bolivia el Viceministerio de Medio Ambiente, Diversidad Biológica, Cambios Climáticos y de Gestión y Desarrollo Forestal, que pertenece al recientemente creado Ministerio de Medio Ambiente y Agua, constituyéndose el Viceministerio a cargo en la Autoridad Ambiental Nacional; y, en el Perú, la entidad rectora de la política ambiental es el, también recientemente creado, Ministerio del Ambiente.

En el caso boliviano, la reciente reforma institucional ha buscado integrar bajo un mismo ministerio la gestión ambiental con la gestión de los recursos hídricos y los servicios básicos de agua y saneamiento, superando un histórico divorcio que impidió contar con políticas efectivas que vincularan ambas temáticas. Por otro lado, la Autoridad Ambiental tiene plena competencia sobre todo el andamiaje de evaluaciones de impacto ambiental (EIA), haciendo que su rol sea a la vez normativo y ejecutivo. Por su parte, la nueva institucionalidad peruana del ambiente, le confiere al Ministerio la función suprema de diseñar la política

ambiental, pero no le otorga la competencia de garantizar su cumplimiento con relación a las EIA y, en el caso de los recursos hídricos, se ha creado la Autoridad Nacional del Agua, que tiene autonomía y rango ministerial propio, de la que depende la gestión de todas las cuencas hidrográficas.



Foto: Albatros Media, A. Belaguer.

Este mismo tipo de desencuentros afectan a la institucionalidad binacional, ya que la ALT (ver sección 1.6) depende políticamente de ambas Cancillerías pero, técnicamente, de los ministerios sectoriales. De ella dependen operativamente, en Bolivia, la Unidad Operativa Boliviana (UOB) adscrita al MMAyA y, en el Perú, el Proyecto Especial del Lago Titicaca (PELT) que, sin embargo, funciona más como un organismo “binacional” que como el operador peruano del ente binacional.

En cuanto a los niveles operativos subnacionales, Bolivia, en función a lo establecido en el Reglamento de Gestión Ambiental Decreto Supremo 24176, tiene en el Prefecto de Departamento, actualmente el Gobernador, a la Autoridad Ambiental Departamental quien, a través de la Dirección de Recursos Naturales y Medio Ambiente, es responsable de la gestión ambiental departamental, y debe velar por el cumplimiento de la normativa vigente, fiscalizar, controlar y coordinar con los municipios dentro de su jurisdicción. De acuerdo al Reglamento de Prevención y

Control Ambiental (Decreto Supremo 24176), los gobiernos municipales son los encargados de dar cumplimiento a las políticas ambientales nacionales y departamentales, formular planes de acción ambiental, revisar los instrumentos de prevención ambiental, emitir informes, controlar y vigilar las actividades que afectan al ambiente y a los recursos naturales dentro de su jurisdicción.

En el Perú, los gobiernos regionales y locales, con la promulgación del Decreto Legislativo 1013 –Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente– se instituyen como autoridades ambientales dentro de sus ámbitos de jurisdicción, por tanto, tienen la facultad de aprobar la creación, el ámbito, la composición y las funciones de las Comisiones Ambientales Regionales y Locales, respectivamente. Respecto a la gestión de los recursos hídricos, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) es el ente rector y la máxima autoridad técnico-administrativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos y, bajo su dependencia, se encuentran las Autoridades Regionales y Locales del Agua, a cargo de ejercer dichas responsabilidades en sus jurisdicciones respectivas.

En cuanto a la política y tuición sobre los servicios básicos y la calidad de los recursos hídricos, en Bolivia, ésta se encuentra a cargo de los Viceministerios de Agua Potable y Saneamiento Básico y de Recursos Hídricos y Riego, bajo la responsabilidad del MMAyA, mientras que la provisión de los servicios de agua potable y saneamiento están a cargo de las Empresas Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (EPSAS). Entretanto, en el Perú, el Ministerio de Vivienda lleva adelante el programa “Agua para Todos”<sup>9</sup>, la tuición sobre los servicios básicos corresponde a la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud y la prestación de dichos servicios está a cargo de organismos municipales como EMSA Puno y Seda Juliaca.

<sup>9</sup> [http://www.vivienda.gob.pe/Direcciones/saneamiento\\_programas.aspx](http://www.vivienda.gob.pe/Direcciones/saneamiento_programas.aspx)

Los Servicios Nacionales de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) están encargados en ambos países de conducir las actividades de monitoreo meteorológico, hidrológico, agrometeorológico y ambiental del país; participan en la vigilancia atmosférica mundial y prestan servicios especializados.

La atención a gestión del riesgo y prevención de desastres está bajo la responsabilidad del Instituto Nacional de Defensa Civil en el Perú, y del Viceministerio de Defensa Civil (Ministerio de Defensa) en Bolivia.

Finalmente, en cuanto a las áreas protegidas, ambos países son signatarios de la Convención RAMSAR sobre Humedales de Importancia Internacional y cuentan con un marco específico para normar la creación y gestión de las áreas naturales protegidas, como lo expresa el cuadro precedente, los mismos que están a cargo del Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP), y el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP) en Bolivia y Perú, respectivamente. Bajo tales dependencias se encuentran el Parque Nacional Sajama y el Área Natural de Manejo Integrado Nacional (ANMIN) Apolobamba en Bolivia y la Reserva Nacional del Titicaca en Perú.

Por su parte, la normativa que rige la actividad minera en ambos países otorga la responsabilidad de gestión a sus respectivos ministerios sectoriales (Ministerio de Minería y Metalurgia en Bolivia y Ministerio de Energía y Minas en el Perú).

En materia de fiscalización, el Perú cuenta con una Fiscalía Especializada en Materia Ambiental, dependiente del Ministerio Público, que tiene competencia en la prevención e investigación de delitos ambientales; mientras que en Bolivia ha sido creado el Tribunal Agrario Ambiental, pero aún no ha sido implementado. La fiscalización ambiental, en ambos casos, ha mostrado hasta el presente enormes debilidades, particularmente en los sectores minero e hidrocarburífero.

## 4.2.2 Instituciones académicas

Entre las instituciones académicas y de investigación existentes en la región se cuenta con varias universidades públicas y privadas de extensa experiencia en diversos campos:

- La Universidad Nacional del Altiplano de Puno (UNA), institución pública de educación universitaria dedicada a la formación académica y postgrado, promueve programas de maestría en Tecnologías de Protección Ambiental, Ingeniería Ambiental, Desarrollo Rural y Ecología.
- En Bolivia, la Universidad Mayor de San Andrés cuenta con 13 facultades y programas de postgrado en medio ambiente, ecología y conservación; con un departamento de limnología y con un laboratorio de calidad ambiental con acreditación internacional, responsables de la mayor parte de los estudios de la cuenca en los últimos años; mientras que la Universidad Técnica de Oruro cuenta con 7 facultades y programas de postgrado en medio ambiente, siendo su principal área de especialidad la minería y metalurgia. Existe además una joven Universidad Pública de El Alto que, en sus primeros 10 años de vida, ya ha consolidado una base institucional y académica importante en la ciudad más poblada de la cuenca.
- La Universidad Católica Boliviana San Pablo, con sus pioneras Unidades Académicas Campesinas en Batallas, Escoma, Pucarani y Tiwanaku –todas ellas en el área del TDPS–, cuenta con una gran experiencia en la formación de profesionales y técnicos en el área rural altiplánica en las carreras de agroindustria, medicina veterinaria y zootecnia, enfermería, agropecuaria, turismo rural, ingeniería agronómica e ingeniería zootecnia.

En las ciudades de La Paz y Oruro funcionan más de 20 universidades privadas con una diversidad de carreras, así como varios institutos de formación técnica en distintas ramas; mientras en la región de Puno, se cuenta con la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, la Universidad Privada San Carlos que brinda la formación en la Carrera Profesional de Ingeniería

Ambiental, y la Universidad Peruana Unión, filial Juliaca, que cuenta también con una Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

### 4.2.3 Organismos no gubernamentales

Un actor cada vez más relevante lo constituyen los diversos Organismos No Gubernamentales (ONG) que vienen actuando en diferentes sectores de la región, en temas que van del desarrollo social (agua potable y saneamiento) al apoyo a la política productiva, estando algunos de ellos vinculados a la promoción de la protección ambiental y la promoción del desarrollo sustentable. Entre los más activos se tiene:

- **En el Perú:** Centro de Investigaciones en Recursos Naturales y Medio Ambiente (CIRNMA), Centro de Desarrollo Sostenible (CEDESOS), Oficina de Derechos Humanos y Medio Ambiente, Asociación Fe y Derechos Humanos (FEDERH), CARE Perú, Instituto Sur Andino de Investigación y Acción Solidaria (ISAIAS), Instituto Sur Andino de Derechos Humanos (ISADH), Centro de Investigación, Educación y Desarrollo (CIED), Corporación Ingeniería, Desarrollo y Sociedad (IDS Perú), Asociación Servicios Educativos Rurales (SER), Centro de Desarrollo Humano (CEDEH), entre otros.
- **En Bolivia:** Liga de Defensa del Medio Ambiente (LIDEMA), Foro Boliviano sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (FOBOMADE), Agua Sustentable, Fundación Tierra, Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA), CARE Bolivia, Fundación para la Promoción en Investigación de Productos Andinos (PROINPA), Plan Internacional-Bolivia, Fundación Cuna, Centro de Servicios Múltiples y Apoyo al Desarrollo (SEMILLA), Fundación Protección y Usos sostenible del Medio Ambiente (Fundación PUMA), Servicios Múltiples de Tecnologías Apropriadadas (SEMATA), Agencia Adventista para el Desarrollo y Recursos Asistenciales (ADRA), Centro de Orientación y Capacitación Whipala (COCAWI), Fundación Bartolomé de las Casas (FBC), entre otros.



### 4.2.4 Organizaciones sociales

Las organizaciones representativas que consideran agendas ambientales en Bolivia son: Confederación Sindical Única de Trabajadores Campesinos de Bolivia (CSUTCB), Confederación Nacional de Allys y Marcas del Qollasuyo (CONAMAQ), Coordinadora en Defensa de la Cuenca Baja del Río Desaguadero y Lagos Uru Uru y Poopó (CORIDUP).

Además de estas organizaciones sociopolíticas con sus respectivas filiales en los departamentos de La Paz y Oruro, existe un sinnúmero de organizaciones socioeconómicas, de servicios y otras, entre las que destacan los Comités de Cuencas, Comités de Aguas Municipales, Comités de Regantes, Asociaciones de Productores de Leche (APL), Federación de Trabajadores Pesqueros, Piscicultores, Comerciantes, Artesanos y Forrajeros de La Paz, y las cooperativas pesqueras del lago Poopó, entre otras.

En el Perú: Coordinadora Regional de Comunidades Afectadas por la Minería (CORECAMI), Comité de Lucha de la Cuenca del Río Ramis, Comité de Defensa de la Cuenca del Río Suches, Comité de Lucha de la Zona Sur, Federación Departamental de Campesinos de Puno (FDCP), Comité de Gestión Ambiental para la Promoción de Áreas de Conservación Regional del Lago Arapa, Juntas de Usuarios del Distrito de Riego de la Cuenca Ramis y la Cuenca Llallimayo.

### 4.3 Principales acciones de incidencia ambiental

Bajo los auspicios de los Ministerios de Relaciones Exteriores de Perú y Bolivia, y en el marco de los recientes acuerdos presidenciales (19.10.10) suscritos en Ilo, la Subcomisión para Cooperación Fronteriza se reunió por última vez el 28 y 29 de octubre del 2010, acordando los siguientes compromisos sobre temas ambientales:

- **Gestión de recursos hídricos en frontera**
  - Intercambio de información y experiencias, orientado a formular una propuesta de sistemas concertados de gestión de recursos hídricos.
  - Atención conjunta a la población fronteriza que vive los efectos de la contaminación por la minería informal.
  - Sistematización y complementación de la información de la actividad minera para la formulación de un perfil de proyecto binacional orientado a capacitar a los mineros y controlar la contaminación ambiental en la cuenca del río Madre de Dios.
  - Evaluación conjunta de la situación actual de los planes de ordenamiento territorial en la región fronteriza.
- **Producción y manejo ambiental en el área de frontera**
  - Intercambio de información para realizar un inventario de actividades y su evaluación, para armonizar políticas nacionales de uso del territorio, en la búsqueda de un modelo de desarrollo fronterizo sostenible.
  - Acciones integradas en fronteras para el cuidado y preservación del medio ambiente y su diversidad biológica (cuencas, parques, reservas, etc.)
  - Intercambio de información y experiencias sobre la contaminación por las ciudades circunlacustres, orientado a coordinar acciones para la formulación de proyectos de saneamiento y control de la contaminación del lago Titicaca.
- Definir los puntos básicos para formular un plan conjunto, orientado a una administración coordinada de áreas naturales protegidas en frontera, tomando como guía el proyecto del Corredor Vilcabamba-Amboró.
- **Evaluación de efectos del cambio climático en áreas de frontera**
  - Reunir información de ambos países a fin de establecer criterios de monitoreo, para elaborar planes de contingencia binacionales en frontera, frente al cambio climático y solicitar financiamiento para medidas de adaptación.

En el marco de esa agenda diplomática bilateral, se consideran los siguientes desarrollos:

#### 4.3.1 Instrumentos de gestión ambiental

La ALT, en tanto organismo binacional responsable de la gestión integral del Sistema TDPS, ha desenvuelto su labor en el marco del Plan Director Global, cuyo objetivo es la presentación y análisis general de los problemas ambientales del Sistema TDPS y las respuestas estructurales más generales destinadas a la gestión de riesgos y la prevención de desastres. Este Plan Director fue elaborado por la Autoridad Autónoma del Lago Titicaca en el año 1995 y, luego de la última reunión presidencial (19.10.2010), se acordó elaborar una nueva versión del mismo que recoja la experiencia de los últimos 15 años y actualice los presupuestos para su efectiva vigencia en ambos países.

Por su parte, la actual legislación peruana cuenta con una Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, en cuyo marco se ha aprobado la Política Nacional del Ambiente (PNA), instrumento guía para orientar las acciones sectoriales y transectoriales que permitan alcanzar un desarrollo sostenible, comprometiendo para el efecto a todos los niveles gubernativos. Así, el Gobierno Regional de Puno ha ajustado su Plan de Desarrollo Regional Concertado al 2021 y su Plan de Desarrollo Regional Concertado 2007-2011,

considerando la dimensión ambiental, la dimensión de recursos naturales y el ordenamiento territorial como piedras angulares de estos instrumentos.

Como parte de la PNA, el MINAM ha establecido su Programa de Municipios Ecoeficientes, donde el ordenamiento territorial, junto al tratamiento de las aguas servidas y la disposición de los residuos sólidos, constituyen los pilares para que los gobiernos locales promuevan el desarrollo integral de su comunidad, viabilizando el crecimiento económico, la justicia social y la sostenibilidad ambiental. La política de ordenamiento territorial se encuentra amparada en un ampuloso y fragmentado marco legal, en el que se puede identificar principalmente el Decreto Legislativo que crea el MINAM, la Ley de Bases de la Descentralización, la Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales y la Ley de Orgánica de Municipalidades, Decreto Supremo que Reglamenta la Zonificación Ecológica Económica (ZEE) y su Directiva, y la Resolución Ministerial del MINAM que aprueba los Lineamientos de Política para el Ordenamiento Territorial.

En Bolivia se cuenta con instrumentos normativos para la gestión ambiental referidos a la prevención y control ambiental aplicables a toda actividad, obra y proyecto que se realice en el territorio nacional. Los mismos forman parte de los sistemas nacionales de evaluación de impacto ambiental y de control de calidad ambiental y deben ser implementados por las instancias competentes a nivel municipal, departamental, sectorial y nacional de acuerdo a las atribuciones que les otorga la Ley 1333 del Medio Ambiente, sus reglamentos generales, reglamentos sectoriales y normas municipales aplicables.

Luego de dramáticas movilizaciones que cobraron visibilidad mundial<sup>10</sup>, Bolivia reconoció el acceso al

<sup>10</sup> "Guerra del Agua", acontecimientos que conmovieron a la sociedad boliviana entre enero y abril del 2000, como reacción al alza de tarifas por parte de las empresas privadas que asumieron el control de la provisión de agua potable en Cochabamba y otras ciudades del país.

agua como un derecho universal, rechazando la privatización de estos servicios y respetándose los usos y costumbres de las poblaciones indígenas con relación a la gestión de este recurso.

#### Recuadro 4.2. El derecho al agua en las Naciones Unidas

Gracias a la iniciativa de Bolivia:

- El 28 de julio de 2010 la Asamblea General de la ONU reconoció el acceso al agua potable como un derecho humano básico.
- La Resolución fue adoptada por 122 votos a favor, ninguno en contra, y 41 abstenciones.
- El texto –propuesto por Bolivia y copatrocinado por otros 33 Estados miembros de la ONU– recuerda que más de 2.600 millones de personas viven sin instalaciones sanitarias adecuadas, lo que contribuye a la muerte anual de 1,5 millones de niños por enfermedades relacionadas con la falta de salubridad.

Fuente: Elaboración propia.

En ese marco, se ha aprobado el Plan Nacional de Cuencas y creado el Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico (SENASBA), como institución pública descentralizada, con autonomía de gestión administrativa, financiera, legal y técnica, bajo la tuición del Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Esta institución, que viene a ser la primera de su tipo en Latinoamérica, tiene la misión de coadyuvar a los procesos de fortalecimiento y sostenibilidad de las entidades operadoras y prestadoras de servicios de agua potable y saneamiento básico en el país, mediante la ejecución de procesos de asistencia técnica, fortalecimiento institucional, desarrollo comunitario, capacitación y educación sanitaria e investigación y desarrollo tecnológico, en el marco y lineamientos establecidos en la nueva Constitución Política del Estado y el Plan Nacional de Desarrollo.



Por otra parte, en el marco de la Ley Marco de Autonomías y Descentralización aprobada en julio de 2010, cada uno de los gobiernos departamentales, recientemente constituidos, deberá aprobar sus planes estratégicos, siendo la política ambiental un componente insoslayable de los mismos. Esta dinámica está fuertemente marcada por la discusión de un nuevo “pacto territorial autónomico” que contempla cuatro niveles: el departamental, el regional, el municipal y el de los territorios *indígena originario campesinos* que, en el caso de la región de influencia del TDPS, conlleva la posible modificación sustantiva del actual marco político-administrativo, en atención a las demandas de reconstitución de los territorios ancestrales tanto en el departamento de La Paz (Jach’a Suyu Omasuyu, Jach’a Suyu Pakajaqi) como en el de Oruro (Jach’a Karangas, Jatun Killacas Asanajaqi, el territorio de la Nación Sura y el de los Urus Chipayas y Muratos) y, con ello, la primera experiencia de gestión territorial *pluricultural*, que incorpore a los modernos instrumentos de planificación una mirada de organización territorial basada en la experiencia ancestral comentada en las secciones 1.4 y 2.1 de este Informe.

Finalmente, teniendo en cuenta la tradición minera y la preocupación que ha ganado a vastos sectores de la opinión pública de ambos países la desatención a la problemática ambiental generada por el aleatorio desarrollo del sector, tanto en Bolivia como en el Perú se viene discutiendo un nuevo ordenamiento sectorial más riguroso en esta materia pues, hasta ahora, se ha liberado a los concesionarios actuales de la responsabilidad por los pasivos ambientales previos a la concesión de la que son beneficiarios, dejando los insoslayables e impostergables problemas de remediación en un limbo jurídico que no ha hecho más que permitir el agravamiento continuo de la situación acumulada a lo largo de la historia.

En resumen, en ambos países se están dando significativos procesos de redefinición de sus políticas y de creación de nuevos mecanismos institucionales para implementarlas; sin embargo, habrá que esperar un

tiempo para ver cómo se llevan a la práctica las positivas y novedosas propuestas que hoy están sobre la mesa.

### 4.3.2 Generación y divulgación de la información

Todo proceso de gestión implica partir por disponer de información relevante, suficiente y actual para la toma oportuna de decisiones. En el proceso de construcción de la institucionalidad ambiental de ambos países se han constituido los respectivos Sistemas Nacionales de Información Ambiental, dependientes de los respectivos ministerios, los mismos que al presente han logrado promisorios resultados<sup>11</sup> a pesar de contar con distintos niveles de implementación.

En el Sistema TDPS, luego del extenso trabajo de investigación y levantamiento de la información para la línea de base del Plan Director, no ha habido un adecuado seguimiento y continuidad, lo que ha significado que los datos de referencia para la acción hayan quedado congelados y desactualizados, impidiendo a los responsables de tomar medidas en los diversos campos de acción contar con una información sólida y confiable. Por otro lado, a pesar de que el Sistema TDPS y cada uno de sus elementos constitutivos han sido objeto de múltiples y permanentes estudios por parte de universidades y diversos centros de investigación nacionales e internacionales, no ha existido una política de acopio y centralización de la información, así como tampoco un mecanismo que permita poner los estudios actuales a disposición de autoridades y público interesado, dando lugar, muchas veces, a campañas de desinformación originadas en información arbitraria surgida de fuentes no oficiales.

A fin de subsanar esta deficiencia, la ALT con el apoyo del PNUMA ha venido implementando un proyecto de modernización de la base de datos existente en la

<sup>11</sup> Ver por ejemplo <http://sinia.minam.gob.pe/index.php?accion=verListMapas>.

institución, así como su digitalización y puesta a disposición del público a través de un servidor que permita la consulta remota de los materiales existentes, su permanente actualización y su vinculación con las fuentes generadoras de la información relevante sobre el Sistema TDPS<sup>12</sup>.

### 4.3.3 Asistencia técnica

Entre los instrumentos de apoyo técnico a la gestión de los recursos hídricos del Sistema TDPS, el avance más significativo a partir de los esfuerzos nacionales y binacionales (ALT) realizados en las últimas décadas, es el de la construcción de la Red de Monitoreo que se ha venido diseñando e implementando con el apoyo técnico del Proyecto Titicaca del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El mismo ha ayudado a la revisión y sistematización de la información técnica, actualización y proposición de un protocolo de actuación y funcionamiento, logrando involucrar a todos los organismos gubernamentales, académicos, técnicos y operativos con capacidades y competencias en la materia, y constituyendo una amplia y sólida base institucional para garantizar la sostenibilidad política, técnica y financiera de la Red, esperando para ello el reconocimiento e internacionalización oficial por parte de las autoridades competentes de ambos países (ver recuadro 4.3).

Otra acción relevante impulsada por el Proyecto Titicaca junto a las autoridades e instituciones de ambos países y convergiendo con otros proyectos impulsados por diversas agencias de cooperación bi y multilateral<sup>13</sup>, ha sido la identificación y caracterización de las principales fuentes contaminantes y la provisión de apoyo técnico para la implementación o mejoramiento de los sistemas de tratamiento de aguas servidas (PTAR) en los principales centros urbanos que vierten sus efluentes a los cursos de agua del Sistema.

<sup>12</sup> <http://www.alt-perubolivia.org/pagina/publicaciones-informacion-y-datos/biblioteca-digital.html>, accedido en diciembre 2010.

<sup>13</sup> Es el caso de las agencias de cooperación alemana, japonesa, española, catalana y el Banco Mundial, entre otras.

#### Recuadro 4.3. Red de Monitoreo de la Calidad de Aguas en el Sistema TDPS

La Red de Monitoreo de la Calidad de Aguas es un instrumento que pretende generar información sólida y sistemática sobre la situación de los principales cuerpos de agua del Sistema, incluyendo corrientes superficiales, lagos, aguas subterráneas y fuentes contaminantes de la cuenca.

A tal efecto, ha identificado y georreferenciado los puntos críticos de muestreo a lo largo de todo el espacio territorial del TDPS, ha caracterizado las fuentes contaminantes más importantes, el tipo de carga y la frecuencia de las mediciones deseables en cada caso, ha constituido una red de instituciones y laboratorios responsables de las mediciones (caudales), muestreos y análisis (composición) en ambos países, sobre la base de aquellos que regular u ocasionalmente lo hubieran estado haciendo en el pasado, y diseñado un mecanismo de acopio y divulgación de la información hacia los diversos usuarios interesados.

Como parte del diseño y puesta en marcha de la Red, se ha brindado capacitación técnica a los operadores responsables de cada institución participante, se han homologado los protocolos de análisis y se ha fortalecido el equipamiento de todos los laboratorios involucrados, de manera de garantizar la consistencia y comparabilidad de la información procesada en todos los puntos del Sistema, de manera de entregar a los responsables de la toma de decisiones una información confiable y con la regularidad necesaria, como para conocer las tendencias que orienten las medidas pertinentes con una base técnica y científica solvente.

Una vez que se cuenta con este valioso instrumento, será responsabilidad de ambos gobiernos garantizar los recursos que hagan posible y sostenible su funcionamiento regular y su continuidad en el tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, se ha caracterizado las PTAR de las ciudades de Puno (EMSA), Juliaca (SEDA), Azángaro, José Domingo Choquehuanca e Ilave y realizado estudios sanitarios en el sistema Torococha-Coata y las cuencas del Suches y el Ramis, en el Perú; en el sector boliviano, se han generado informes técnicos para la planta de la ciudad de Oruro, y contribuido a perfeccionar los pliegos de contratación para la ampliación de la planta de Puchukollo (EPSAS-El Alto) que, junto a la ampliación de la red de alcantarillado en los Distritos 7 y 8, constituyen las obras más importantes de mitigación de la contaminación de la cuenca Seco-Pallina-Katari-bahía de Cohana encarados por el gobierno boliviano. A estas acciones, se suma la construcción de cinco plantas de tratamiento de aguas residuales que están siendo construidas por el Proyecto de Desarrollo Sostenible del Lago Titicaca (ver recuadro 4.4), lo que dará como resultado una reducción significativa de la contaminación antropogénica en la ribera boliviana del lago Titicaca.



Sitio arqueológico La Chinkana, isla del Sol. Foto: Alfonso Alem.

#### 4.3.4 Capacitación y educación ambiental

En Bolivia existen acciones aisladas de educación ambiental, llevadas a cabo por instancias ambientales nacionales, departamentales y municipales, generalmente en función a una problemática específica. De la misma forma, existen algunos proyectos liderados por instituciones académicas y organizaciones no gubernamentales orientados a la educación ambiental.

En el Perú, las acciones de capacitación y educación ambiental orientada a la ciudadanía y a la población estudiantil del ámbito del Sistema TDPS, viene siendo promovida por la Universidad Nacional del Altiplano, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, la Universidad Privada San Carlos y la Universidad Peruana Unión. Asimismo, la educación escolar viene siendo dirigida por la Dirección Regional de Educación de Puno.

Por otro lado, la Dirección de Educación Ambiental del MINAM y el Gobierno Regional de Puno, a través de la Gerencia de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente vienen realizando sendas acciones de educación y capacitación en materia ambiental. El Proyecto Especial Lago Titicaca (PELT) y la Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT) han desarrollado, a su vez, diversos proyectos en esta materia.

De igual manera, diversos Organismos No Gubernamentales desarrollan actividades de denuncia, información y capacitación de manera individual, a nivel de redes y en alianza con diversas entidades ambientales nacionales. Particularmente relevantes son los estudios, publicaciones y el acompañamiento que han realizado la Liga del Medio Ambiente (LIDEMA), el Foro Boliviano sobre Medio Ambiente y Desarrollo (FOBOMADE), CARE Perú y el Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente (CIRNMA) a la problemática ambiental del TDPS.

### 4.3.5 Programas y proyectos

La Autoridad Autónoma del Lago Titicaca ejecutó entre 1999-2005, en el ámbito del Sistema TDPS, el Proyecto de Conservación de la Diversidad Biológica en la Cuenca del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Salar de Coipasa, que ha dado como resultado varios estudios sobre temas específicos, como totora y sus usos, bofedales, fauna, y una propuesta para la creación de un área protegida. También viene ejecutando el Proyecto Integral de Gestión de Residuos Sólidos en la Ciudad de Desaguadero Bolivia-Perú con un financiamiento de la Unión Europea, canalizado a través de la Comunidad Andina de Naciones (CAN).

El PNUMA, teniendo como puntos focales al Ministerio del Ambiente del Perú y el Ministerio de Medio Ambiente y Agua en Bolivia, y con financiamiento de España, ejecuta el proyecto “Apoyo a la Gestión Integrada y Participativa del Agua el Sistema TDPS”, el mismo que tiene tres objetivos:

- **Objetivo 1:** Fortalecer las capacidades técnicas de gestión de la calidad del agua en el Sistema TDPS.
- **Objetivo 2:** Fortalecer las capacidades sociales y los mecanismos de participación en la gestión de los recursos del Sistema TDPS.
- **Objetivo 3:** Fortalecimiento y consolidación de la gestión institucional binacional de los recursos hídricos e hidrobiológicos del Sistema TDPS.

La OPS (Organización Panamericana de la Salud) ha apoyado el Proyecto de Desarrollo Forestal en la Cuenca del Lago Titicaca, en las provincias Omasuyos, Los Andes y Manco Kápac, ejecutado por el Viceministerio de Defensa Civil, la Prefectura de La Paz y los municipios de las provincias mencionadas.

El proyecto, “Manejo de la Contaminación en el Eje Hidrográfico El Alto-Lago Titicaca”, financiado por USAID, ha realizado campañas de monitoreo de la calidad ambiental en el eje hidrográfico El Alto-Lago Titicaca, con la participación del Instituto de Ciencia

y Tecnología Nuclear de Bolivia (IBTEN) y el Servicio de Hidrología y Meteorología (SENAMHI).

En cuanto a la cuenca de los lagos Poopó y Uru Uru, se han realizado varios proyectos de investigación referidos a la contaminación minera, con financiamiento de la cooperación internacional y la participación de institutos de investigación de las universidades públicas de La Paz y Oruro.

Por su parte, el Gobierno Regional de Puno, ejecutó a diciembre de 2009, proyectos del Programa para la Gestión Ambiental y Social de los Impactos Indirectos del Corredor Vial Interoceánico Sur (CVIS), conocido como CAF-INRENA.

El Viceministerio de Turismo de Bolivia ejecuta el Proyecto Desarrollo Sostenible del Lago Titicaca, que busca contribuir al desarrollo local sostenible y el mejoramiento de las condiciones de vida de los pobladores de la parte boliviana del lago Titicaca. Este proyecto representa la mayor inversión realizada por el gobierno boliviano en la región (ver recuadro 4.4).

En cuanto al desarrollo del turismo comunitario en la región, son varios los proyectos que han resultado beneficiarios de financiamientos contratados por el Estado boliviano con agencias financieras internacionales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Corporación Andina de Fomento (CAF) y, en otros casos, del apoyo brindado por ONG internacionales como CODESPA o Swisscontact, entre otras. Destacan entre ellos, el proyecto de “Islas y Misterios del Titicaca”, que busca impulsar la consolidación del producto turístico de cinco comunidades isleñas del lago Menor en la parte boliviana del lago Titicaca, el proyecto de “Sampaya, Cultura Viva Ancestral”, y el proyecto “Islas Flotantes de la Comunidad de Sawiña”.

La Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo del Perú ejecutó a diciembre de 2009 el Proyecto 4-Plan de Desarrollo de las Actividades Turísticas del Programa CAF-INRENA, con el objetivo de establecer e implementar un plan de desarrollo de las activida-

des turísticas en el ámbito de influencia del corredor vial interoceánico sur.

En el ámbito de la acción multilateral, la Comunidad Andina de Naciones viene implementando desde el año 2008, con apoyo financiero del Banco Mundial y otras agencias, un programa de adaptación de los países de la región al acelerado retroceso de los glaciares, centrándose entre otros, en algunos vinculados a la cuenca del TDPS, particularmente en los casos en que representan una fuente de vulnerabilidad signifi-

cativa para grandes conglomerados demográficos, como en el caso de El Alto, cuyo abastecimiento de agua potable y la generación de energía eléctrica dependen críticamente de dichas fuentes.

Finalmente, LIDEMA ha desarrollado su proyecto de “Observatorio Ambiental”, particularmente vinculado a la calidad de los recursos hídricos de la cuenca Seco-Katari-Cohana, realizando una importante labor de información y trabajo con las comunidades vinculadas a la misma.

#### Recuadro 4.4. Proyecto de Desarrollo Sostenible del Lago Titicaca

El Gobierno de Bolivia, a través de su Viceministerio de Turismo (VMT), viene encarando, desde la gestión 2007, el diseño y la puesta en marcha del “Proyecto de Desarrollo Sostenible del Lago Titicaca” (PDSLTL), que involucra a los 18 municipios circunlacustres del lado boliviano. Este proyecto ha partido con la construcción participativa de una visión estratégica común con todos los actores sociales e institucionales relevantes, impulsando la provisión de bienes públicos y colectivos que permitan la dinamización y diversificación del potencial de desarrollo de la región, fortaleciendo y ampliándolos los productos turísticos de este emblemático destino a través de la puesta en valor de sus inagotables y aún desconocidos atractivos y recursos, y articulando nuevas oportunidades para sus municipios y comunidades.

Este proyecto tiene un período de ejecución de cinco años y cuenta con un presupuesto de más de 20 millones de dólares provenientes de un crédito internacional y los aportes de los municipios de la región, las comunidades beneficiarias, la gobernación del departamento de La Paz y otras reparticiones de gobierno, constituyendo la mayor inversión realizada por el Estado boliviano en un destino turístico en la historia del sector.

Los componentes e intervenciones del PDSLTL son los siguientes:

- **Componente de Desarrollo Turístico-Productivo y Protección del Patrimonio Cultural**
  - Desarrollo de productos turísticos para toda la región circunlacustre, con base en: inventario, cla-

sificación y jerarquización de los atractivos y recursos, diseño de circuitos e inversión en proyectos clave de infraestructura turística: municipales, comunitarios y transversales.

- Proyectos productivos asociados a la actividad turística.
- Puesta en valor, recuperación y conservación de sitios de patrimonio cultural.
- **Componente de Servicios Básicos**
  - Gestión integral de residuos sólidos: Achacachi, Copacabana, Tiwanaku y Tiquina.
  - Sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales: Viacha, Achacachi, Copacabana, Tiwanaku y Tiquina.
  - Agua y saneamiento para comunidades: comunidades afectadas por la contaminación de la cuenca Pallina-Katari-Cohana y otras de interés turístico.
- **Componente de Fortalecimiento Institucional**
  - Fortalecimiento a los gobiernos municipales en el diseño de planes estratégicos y de ordenamiento territorial en los 18 municipios.
  - Fortalecimiento a organizaciones y emprendimientos comunitarios.
  - Fortalecimiento a diversas instancias gubernamentales involucradas en el proyecto.

Fuente: PDSLTL.

# Capítulo



Opciones para la acción  
y perspectivas futuras



## Mensajes clave

Dada la importancia histórica, sociocultural y económica del territorio comprendido por el Sistema TDPS, su vulnerabilidad ambiental y la compleja relación entre los múltiples actores involucrados en su desarrollo, es preciso que las acciones a desplegarse para darle a sus diversas dinámicas un horizonte de sostenibilidad que hoy parece estar seriamente amenazado, cuenten, por un lado, con una **visión estratégica** común fundada en una **información** confiable, accesible y permanentemente actualizada; y, por otro, con la **participación** corresponsable, complementaria y concurrente de todos los actores sociales e institucionales, desde los comunitarios, pasando por los productores de bienes y servicios, empresariales, gobiernos municipales, regionales y nacionales, hasta el organismo binacional creado por el acuerdo de los gobiernos de Bolivia y Perú.

Si bien, por una parte, los procesos de descentralización regional-departamental y las crecientes capacidades desarrolladas por los gobiernos municipales muestran una región que desarrolla sus potencialidades con mucha mayor autonomía hoy que hace diez años atrás, no es menos evidente que las nuevas instituciones no han alcanzado aún la consolidación suficiente como para asumir las funciones que se les ha transferido, resultando muchas veces en situaciones de conflicto que han afectado la continuidad y estabilidad de las políticas, planes y proyectos desarrollados.

Por otra parte, el crecimiento y la complejización de las respuestas demandadas por la problemática anteriormente descrita, han dado como resultado la aplicación de presupuestos de inversión pública y privada nunca antes vistos, pero en un marco cada vez más amplio y disperso de esfuerzos institucionales, muchas veces afectado por la superposición de funciones y competencias entre organismos de los diversos niveles de gobierno, sin que los mecanismos creados para evitar tal dispersión, y la consiguiente

aplicación ineficiente de los recursos disponibles, hayan logrado imponerse a las debilidades y tendencias a la compartimentación propias de toda burocracia.

En ese marco, y pesar de una todavía insuficiente diversificación de los productos turísticos de la región, esta actividad tiene el desafío de jugar un papel cada vez más importante no sólo en la provisión de bienes y servicios a los visitantes, sino en la articulación de otras actividades económicas y culturales tradicionales como la pesca, la navegación, la producción artesanal e incluso la producción de varios productos agrícolas y pecuarios que anteriormente sólo encontraban su realización en los mercados de las urbes más próximas.

En el ámbito de la acción bilateral, la Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT) fue creada hace casi veinte años, con mandatos ambiciosos pero claros y con un marco estatutario preciso; sin embargo, sus logros son insuficientes y la consolidación de un espacio de autoridad, autonomía y trabajo conjunto con las instancias técnicas y políticas de ambos gobiernos, es hasta el momento un desafío pendiente.

En el marco de las profundas transformaciones sociales e institucionales que viven ambos países, el rediseño y la efectivización de las políticas ambientales ya identificadas, el fortalecimiento y coordinación de las instituciones y niveles de gobierno encargados de su aplicación, el concurso organizado y protagónico de los actores locales, y el fortalecimiento de la confianza mutua entre ambos gobiernos permitirán recuperar el espíritu original de este proceso, establecer una gestión transparente y comprometida de la ALT, superando la actual situación de desconfianza, improvisación y parálisis que afectan al proyecto común, impidiéndole realizar una gestión proactiva y eficaz.



## 5.1 Introducción

La dinámica descrita en los capítulos precedentes, muestra la amplitud y complejidad de los desafíos que tiene la región de estudio objeto de este Informe. Así, los déficits seculares que muestran la mayor parte de los indicadores de la región, la activa dinámica migratoria que es –a la vez– causa y efecto de la recomposición que está viviendo la economía regional, las dificultades que enfrenta la nueva institucionalidad política local y regional, buscando establecer un marco de mayor autonomía y descentralización frente al secular centralismo capitalino en ambos países; la inserción de la región en el diseño de los nuevos *corredores* viales por los que discurrirán el comercio y la integración intercontinental del siglo XXI; y la inculcable emergencia del factor étnico-cultural, que busca afirmar una cualidad identitaria enraizada en la historia de los pueblos originarios de la región, son, entre otros, elementos que deberán conjugarse adecuadamente para superar la ausencia de un proyecto territorial y las visiones de corto plazo que hasta ahora han postergado el bienestar de sus pobladores.

En el plano ambiental, los mayores impactos descritos en los capítulos anteriores tienen que ver con: a) la evolución histórica que ha marcado el tránsito de una economía local predominantemente agrícola y pesquera a otra signada por la diversificación, con la preponderancia del desarrollo ganadero y la industria láctea en la subcuenca del lago Titicaca y la irrupción del turismo; b) el sostenido y creciente impacto de la pequeña minería aurífera y la minería tradicional a lo largo de toda la estructura territorial del Sistema TDPS; c) la degradación de los totorales y el hábitat natural de las especies emblemáticas de fauna; y d) la crisis de la pesca artesanal y el desarrollo de una piscicultura que no termina de eliminar las causas del deterioro de la riqueza ictícola de la cuenca sin provocar nuevas amenazas; todo ello en el marco de un crecimiento permanente de los servicios de transporte y el comercio articulados con el desarrollo de los principales centros urbanos de la región: las ciudades de El Alto y Oruro en Bolivia, Puno

y Juliaca en el Perú, y las dinámicas localidades intermedias. A ello se suma, naturalmente, el propio impacto de la contaminación y degradación resultantes del crecimiento incontrolado de la urbanización de la región y el déficit en la planificación e implementación de los servicios básicos elementales, además de las consecuencias que tiene en esta vulnerable región el cambio climático como fenómeno global.



Centro de crianza de truchas en Jinchaka, Copacabana (Bolivia), implementado con apoyo de la ALT. Foto Alfonso Alem.

Si en el caso peruano, el Plan Nacional de Acción Ambiental está sentando las bases para una intervención coordinada, descentralizada y concertada entre los diversos niveles de gobierno y sus respectivos instrumentos de planificación, en el caso boliviano, un componente muy significativo asociado a esta dinámica, es la creación de instancias de participación y control social, que han dado un protagonismo verdaderamente inédito a la población local y a sus organizaciones naturales sociopolíticas y económicas, con la cuota de responsabilidad que conlleva el aprendizaje y redimensionamiento de sus capacidades para ocupar proactivamente los nuevos espacios ganados. Así, sindicatos agrarios, gobiernos comunales u otras organizaciones tradicionales (comunidades, *ayllus*, *markas*, *suyus*), hoy deben compaginar agendas de

desarrollo local y decidir sobre el rediseño de sus ámbitos territoriales-administrativos y el destino de los recursos existentes, con organizaciones productivas y de servicios, juntas de vecinos, actores empresariales, organismos no gubernamentales y otros, en el marco de las instancias participativas creadas en cada departamento, provincia, distrito o municipio.

## 5.2 Opciones para la acción

En el marco descrito, las propuestas que resaltan como prioritarias para intentar establecer un marco estratégico de acción, son aquellas que apuntan al ordenamiento y la racionalización de los esfuerzos y recursos, a fin de ganar efectividad en el logro de las imposterables metas de desarrollo social de la región, a tiempo de asumir los desafíos de una agenda ambiental compleja que tiene que ver tanto con las características intrínsecas de la región, pero también con el creciente impacto antrópico expresado en las condiciones de movilidad demográfica, el crecimiento urbano, la modificación de los hábitos de consumo y la sobreexplotación de los recursos naturales de la zona. Ello se traduce en acciones que van desde la planificación hasta la ejecución, evaluación y control de las acciones a desplegarse en cada nivel de responsabilidad, desde el ámbito comunitario hasta las instituciones de gobierno municipal, regional y nacional, estableciendo un marco claro para el desarrollo de los centros urbanos y la infraestructura, así como para la reestructuración de las economías rurales, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de la región y el desarrollo de las iniciativas vinculadas a ellos.

A este respecto, resulta fundamental contar con un claro deslinde de competencias y un marco de coordinación y concurrencia entre los diversos niveles gubernativos, tratando de descentralizar la toma de decisiones con una *visión subsidiaria* que privilegie a los actores más directamente vinculados a la problemática local frente a los niveles gubernativos regional y nacional, fortaleciendo sus capacidades institucionales y dotándoles de los recursos necesarios para enfrentar los rezagos identificados.

Sin embargo, lo deseable –y así está planteado en los compromisos constitutivos de la ALT– sería que estos procesos estuvieran precedidos por el diseño concertado de un plan macrorregional que oriente las dinámicas particulares de las acciones nacionales y subnacionales, el cual debería contar con la participación formal, informada y activa de todos los actores relevantes, tanto sociales como institucionales, lo que permitiría no sólo nutrir la construcción de esa visión colectiva con los aportes de las políticas particulares de las partes, sino comprometer a los diversos actores con el logro de las metas comunes.

Teniendo como elementos transversales la armonización y racionalización institucional, y la participación organizada y corresponsable de todos los actores involucrados, las líneas de acción críticas que podrían priorizarse en esta perspectiva son:

### 5.2.1 El ordenamiento territorial

Esta recomendación se inscribe en lo que ya constituye una línea de política pública asumida en los niveles centrales de ambos gobiernos, y apunta a crear un marco consensual de racionalidad en el cual poder inscribir las acciones de desarrollo, partiendo de la consideración de las potencialidades y condicionantes o limitantes, tanto de carácter ambiental como económico y sociocultural, del territorio.

El ordenamiento territorial apunta a la expansión de las capacidades y condiciones asociadas a un área geográfica particular, donde viven personas que comparten historia, cultura, aspiraciones, mecanismos de organización y representación sociales y políticos, los recursos del medio natural, y medios productivos, económicos y de infraestructura que requieren ser encadenados para potenciar el desarrollo de su territorio común de manera sistémica. El enfoque ecosistémico y la zonificación ecológica y económica (ZEE), así como la consideración de la vocación dominante de los suelos deberán ser incorporados como instrumentos que informen las metodologías de planificación y concertación, asegurando la sustentabilidad de los

procesos de adecuación de los asentamientos poblacionales y la optimización de las opciones del desarrollo regional.

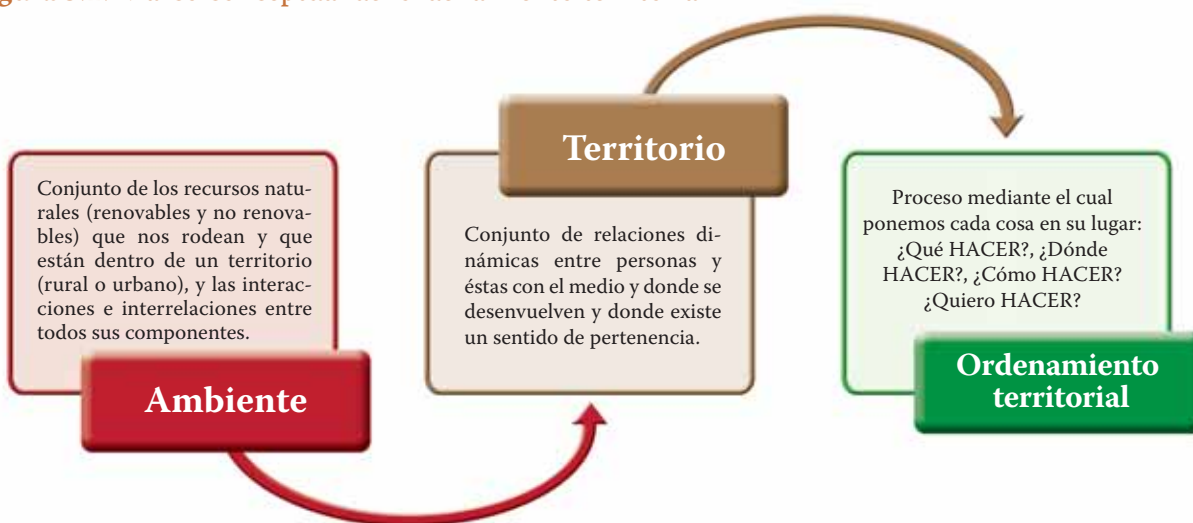
En este sentido, aunque la unidad espacial trasciende la noción de territorio como unidad administrativa, dando lugar a la identificación más flexible de nuevas o más convenientes entidades territoriales (como podría ser el caso de las cuencas); en este caso, conviene partir –con sentido práctico– de las actuales configuraciones municipales para arrancar el proceso de ordenamiento y planificación territorial, sin perder de vista a la región como una entidad englobante que se nutre y, a la vez, da sentido a las acciones particulares realizadas en cada parcialidad.

Este convencimiento se encuentra a la base de las dos principales políticas que al respecto se proponen para la región: el Programa de Municipios Ecoeficientes (PME) del MINAM en el Perú, y las directrices provistas por la Ley Marco de Autonomías y Descentralización de Bolivia, referidos en el capítulo anterior, que establecen con claridad la necesidad del ordenamiento territorial como instrumento de gestión fundamental de los procesos de planificación del desarrollo regional y local.

En el caso del PME, aunque se trata todavía de un marco general de política generado por el MINAM (ver figura 5.1), que debe ser implementado por los respectivos gobiernos regional y municipales, a partir de los compromisos voluntarios que puedan ir asumiendo individualmente, su importancia radica en que constituye un marco ordenador general de aplicación nacional, con una racionalidad y una metodología común provista por el MINAM, lo que potencia el resultado global a medida que un mayor número de entidades se inscriben en él.

En cuanto a los avances desarrollados por la Gerencia Regional de Recursos Naturales del Gobierno Regional de Puno con el apoyo de la Dirección General de Ordenamiento Territorial (DGOT) del MINAM, por ahora, se ha venido trabajando en la Macro Zonificación Ecológica Económica del Departamento con el desarrollo de los submodelos que permitan identificar las zonas para la producción agropecuaria, forestal, pesquera, zonas de protección y conservación ecológica, las zonas de tratamiento especial, zonas de recuperación y zonas de vocación urbana y/o industrial. Asimismo, se ha venido acompañando los procesos de Microzonificación de las Cuencas de las Zonas Norte, Sur y

**Figura 5.1. Marco conceptual del ordenamiento territorial**



Centro del Departamento de Puno y, en el marco del “Plan de Ordenamiento Territorial del Área de Influencia del CVIS”, en la ZEE de la cuenca del río Ramis, en la revisión de cuya propuesta preliminar está trabajando el MINAM.

Por su parte, en el escenario abierto en Bolivia por la aprobación de una nueva Constitución Política (enero 2009), el ordenamiento territorial forma parte sustantiva de los objetivos de planificación previstos en el Plan Nacional de Desarrollo, que se están implementando con el impulso de diversos ministerios sectoriales. Es así que, independientemente de la suerte que vaya a correr en la región el proceso de eventual reterritorialización previsto en la Ley Marco de Autonomías y Descentralización, el ordenamiento territorial de los municipios de la región se encuentra ya en proceso de elaboración con el apoyo del Proyecto de Desarrollo Sostenible del Lago Titicaca (PDSLST) del Viceministerio de Turismo de Bolivia (ver recuadro 4.4).

Más aún, el PDSLST ha avanzado, con la cooperación del Proyecto Jaguar, en el diseño de un “Observatorio Territorial” para la región del lago Titicaca, cuyo propósito es generar y diseminar información confiable de diversas variables (ambientales y socioeconómicas), aprovechando los recursos que provee el actual desarrollo tecnológico de sistemas de información geográfica, sensores remotos y otros, proporcionando a tomadores de decisiones, investigadores y otros usuarios, un invaluable instrumento de planificación a corto, mediano y largo plazo, prevención y gestión de riesgos y construcción de escenarios que permitan anticiparse a situaciones tanto naturales como antropogénicas. El proyecto de “Observatorio” ha considerado a toda la región del lago Titicaca, pero puede ser fácilmente proyectado para cubrir el conjunto del Sistema TDPS, lo que articulado con los ordenamientos territoriales municipales permitiría, en un plazo de implementación relativamente corto, contar con un instrumento pionero en su género al servicio de las autoridades y usuarios de ambos países.



### 5.2.2 El turismo y las articulaciones de la economía regional

Tal como se tiene dicho, la economía regional ha ido modificándose en las últimas décadas, obligada por el deterioro de la capacidad productiva y la competitividad de sus sectores tradicionales, dando lugar a un complejo proceso de migraciones permanentes y temporales, lo que ha permitido a la población de la región acceder a niveles de oportunidades más amplios en los mercados urbanos sin desvincularse por completo de sus comunidades de origen y las actividades de la nueva economía rural.

Teniendo en cuenta que el lago Titicaca constituye el principal destino turístico de Bolivia desde hace más de medio siglo y uno de los principales destinos en el Perú, en los últimos años, la inversión tanto pública como privada en el sector ha crecido de manera considerable, potenciando la infraestructura y la puesta en valor de muchos de los atractivos naturales, históricos, arqueológicos y culturales con que cuenta la región.

El turismo, igualmente, actúa como demandante de una amplia gama de bienes y servicios vinculados a los recursos culturales de la región (sitios de importancia natural, cultural e histórica, mercados artesanales, festividades patronales, peregrinaciones y ceremonias religiosas, etc.), por lo que el rol del ordenamiento de los recursos turísticos juega un papel fundamental en el diseño de los planes de ordenamiento territorial, a fin de garantizar no sólo una adecuada planificación de su puesta en valor, cuidando al máximo la mitigación de los posibles impactos negativos, sino también el compromiso de todos los sectores con el éxito de la estrategia, a partir de asegurar una efectiva distribución equitativa de los beneficios.

En esta perspectiva, es importante notar que al ser el turismo una actividad que favorece la formalización de los actores económicos, existe la oportunidad de generar políticas que favorezcan igualmente la formalización de las otras actividades económicas como el transporte terrestre y lacustre, comercio, pesca, arte-

sanía, producción, transformación y comercialización de productos agropecuarios, refacción, guiaje, entre otras; que el turismo ayuda a articular, con la adopción de marcos normativos y regulatorios concertados con los actores respectivos y el consiguiente beneficio general que ello traería aparejado.

Aún cuando la actividad turística tiene un impacto relativamente bajo en el medioambiente de la región, éste puede verse negativamente amplificado en caso de que los principales destinos no desarrollen las condiciones infraestructurales en materia de servicios básicos y servicios turísticos, causando daños que afecten de manera persistente no sólo a los atractivos como tales, sino también a las condiciones de vida de la población local, pudiendo llegar también a perjudicar la imagen de la región con la consiguiente merma de visitantes, por lo que resulta urgente acondicionar dichos destinos, particularmente en lo que se refiere a las instalaciones de provisión de agua potable, saneamiento básico y tratamiento de residuos sólidos.

El rol planteado aquí para el turismo es particularmente importante, teniendo en cuenta que otras actividades económicas desarrolladas en la región –particularmente la minería– han venido causando impactos gravísimos en los recursos del Sistema TDPS, sin que los mecanismos existentes para regular su operación –en muchos casos ilegal– hayan logrado frenar el sostenido deterioro tanto de las fuentes de agua cuanto de las tierras y pasturas asociadas, ni que las comunidades circunvecinas hayan podido identificar fuentes alternativas para mejorar sus condiciones de empleo e ingresos.

A pesar de la importancia creciente de la actividad mostrada por el sector y de los propios esfuerzos realizados individualmente por los gobiernos de ambos países, lamentablemente, el tema tiene aún un peso secundario en la agenda política binacional, lo que impide a ambos países potenciar sus respectivas posibilidades con el accionar sinérgico y cooperativo que podría derivarse de una estrategia compartida en la materia, que reemplace

la actual lógica competitiva impulsada por los agentes del sector a ambos lados de la frontera, creyendo ver en las debilidades ajenas una oportunidad propia, cuando el producto debiera ser promocionado como un todo del que se beneficien ambos países.

### 5.2.3 La agenda ambiental pendiente

Tal como se ha descrito en los capítulos precedentes, en la cuenca del Sistema TDPS existen diversas causas de perturbación que están impactando en mayor o menor medida la calidad de los recursos y los ecosistemas de la cuenca altiplánica. Sin embargo, la precisión y redundancia de los diversos estudios y diagnósticos, las medidas de prevención, mitigación y remediación adoptadas hasta el presente dejan mucho que desear.

A continuación, se propone un conjunto de recomendaciones de corto, mediano y largo plazo, que pudieran contribuir a enfrentar la situación en cada caso, valorando los esfuerzos existentes y formulando sugerencias para la acción.

#### 5.2.3.1 Gestión integral de los recursos hídricos

Uno de los mandatos más importantes conferidos a la ALT es el de elaborar los lineamientos binacionales en la materia, estableciendo los roles y responsabilidades de los diversos organismos nacionales, regionales y locales competentes. Éste constituye hasta ahora uno de los principales y más delicados retos pendientes en la gestión del organismo binacional, pues además de la obligación de respetar los propósitos de sustentabilidad ambiental y equidad, que son parte expresa del compromiso político binacional, será preciso encarar las dificultades de armonización de las múltiples modalidades bajo las que las comunidades y municipios han gestionado tradicionalmente este recurso y las eventuales divergencias de las políticas gubernamentales de ambos países. Reconociendo la importancia estratégica de este instrumento, el Proyecto Titicaca del PNUMA impulsó el proceso de elaboración del mismo, asumiendo que la tarea de elaborar la mencionada nor-

mativa exigirá –como nunca– la identificación y participación plena de todos los actores concernidos, previa formalización de los mecanismos de consulta bajo los cuales se la diseñe y consensúe.

Por su parte, los países miembros solicitaron a la Secretaría General de la Comunidad Andina de Naciones (SGCAN), formular una Estrategia Andina para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (EA-GIRH) en desarrollo de las actividades establecidas en el eje de Recursos Hídricos de la Agenda Ambiental Andina. Como resultado del Taller Subregional que sistematizó y sintetizó los elementos comunes resultantes de los talleres nacionales precedentes, se definieron y acordaron los cinco componentes fundamentales que conforman la EA-GIRH 2010-2016, a saber: el *objetivo* y los *principios* que la orientan, las *líneas de acción* que la estructuran temáticamente, las *acciones* que las desarrollan, y la *hoja de ruta* que las programa en el tiempo. Las líneas de acción definidas en la EA-GIRH priorizan los siguientes aspectos, que deberán ser considerados a la hora de definir una estrategia particular para la región del TDPS ([www.comunidadandina.org](http://www.comunidadandina.org)):

- **Promover la capacitación y la educación:** Agrupa las acciones orientadas a divulgar y explicar la EA-GIRH, cualificar la participación de las delegaciones de los PM en los escenarios relativos al agua y la formulación de propuestas subregionales en el tema; así como apoyar el desarrollo de los programas de educación formal relacionados con la GIRH en la subregión andina.
- **Fortalecer la gobernanza y la equidad:** Agrupa las acciones que buscan desarrollar las capacidades de los actores institucionales de los países miembros para implementar la GIRH; fomentar la cooperación horizontal entre los diversos actores del agua y promover la equidad en el acceso al agua.
- **Generar conocimiento:** Agrupa las acciones relacionadas con la consolidación del sistema de información sobre el agua en la subregión y aquellas que desarrollan programas estratégicos de investi-

gación sobre el entendimiento, modelación y predicción del ciclo hidrológico, de su variabilidad y calidad en distintas escalas, por causas tanto naturales como antrópicas.

- **Entender estratégicamente el agua y usarla sosteniblemente:** Comprende las acciones encaminadas a la formulación de criterios, lineamientos y propuestas para aprovechar estratégicamente la riqueza hídrica subregional y propiciar su uso racional y eficiente en el marco de la GIRH.
- **Enfrentar el cambio climático:** Está compuesta por las acciones que buscan reducir la incertidumbre y la vulnerabilidad del agua con relación a los efectos del cambio climático; apoyar a las autoridades de los países miembros en sus proyectos de gestión integral del riesgo y adaptación al cambio climático.
- **Gestionar las cuencas compartidas:** Abarca las acciones para contribuir a la integración regional mediante la formulación de lineamientos de política, mecanismos y proyectos piloto, para aplicar la GIRH en cuencas compartidas por dos o más países miembros y contribuir a la formulación de un programa subregional sobre este tema.

Por otra parte y teniendo este tema que ver con la calidad y cantidad de los recursos hídricos de la cuenca, se recomienda la formalización de la Red de Monitoreo de la Calidad de Aguas mencionada en el capítulo 4, fortaleciendo ambos gobiernos a los organismos responsables de su funcionamiento y garantizando los recursos que le den sostenibilidad técnica y financiera.

Sin embargo, un problema mayor, debido a lo crítico del balance hidrológico anual, es el de la cantidad de agua disponible para diversos usos, ya que el balance hídrico estimado por el Plan Director establece un margen mínimo de aprovechamiento del recurso que debe ser compartido a partes iguales por ambos países. A este respecto, se requiere llevar adelante un registro dinámico permanente de los requerimientos tanto para consumo humano, como para riego y otras actividades producti-

vas, de manera de garantizar que el frágil equilibrio entre la oferta y la demanda de agua no entre en crisis.

A este respecto, la recomendación más significativa en lo referente al control de caudales en la cuenca consiste en retomar –previa evaluación de los estudios y lo avanzado hasta ahora– las obras de regulación del nivel del lago Titicaca a través de las compuertas construidas en la embocadura del Desaguadero y el dragado del primer tramo de éste hasta la laguna de Aguallamaya, el sistema de alerta en el río Mauri, y la regulación de los caudales en los dos brazos del Desaguadero en su extremo sur, antes de su desembocadura en los lagos Uru Uru y Poopó, de manera de garantizar la prevención efectiva de futuros eventos extremos de inundación, el control de arrastre de sedimentos, así como la administración del flujo general del agua a lo largo de toda la cuenca.

Una interesante alternativa de uso no consuntivo del agua, asociado a las obras de regulación del nivel del lago Titicaca, es la rehabilitación de *suka kollos*, con lo que se podría ampliar de manera significativa un área privilegiada para la agricultura, con una tecnología probada durante siglos, que pudiera optimizarse aún más con el aporte de los recursos disponibles hoy en día, retomando una perspectiva regional productiva de base comunitaria. El punto de partida de esta propuesta podría ser la experiencia del Programa Suka Kollos (PROSUKO, ver recuadro 5.2) que trabajó en la región hasta el 2008 con apoyo de la cooperación internacional por cerca de una década.

### 5.2.3.2 Diversidad biológica y gestión integral de los recursos hidrobiológicos

En los capítulos anteriores se ha dado cuenta de la importancia de la diversidad biológica de la región y los esfuerzos que se realizan por parte de ambos gobiernos para preservarla y promoverla. Además del papel que juegan las áreas protegidas existentes en el ámbito territorial del Sistema TDPS (ver sección 2.2), es indispensable mencionar el importante papel que han jugado las comunidades locales en el resguardo y conservación del

importantísimo patrimonio existente en la región en materia de agrobiodiversidad biológica, lo que les ha permitido sobrevivir por siglos manteniendo un nivel de seguridad alimentaria básico, fundado en la *domesticación* de especies<sup>14</sup> y la rotación de cultivos, parcelas y *aynuqas*. Esta situación habla por sí sola del conocimiento tradicional acumulado por las culturas y pueblos originarios de la región para preservar el potencial productivo de sus tierras, que debe ser tomado en cuenta por las instancias gubernamentales pertinentes a la hora de diseñar sus políticas ambientales para la región.

Por otra parte, es indispensable fortalecer la importante labor de protección que realiza la Reserva Nacional Titicaca de las principales áreas de totorales que se concentran en la región noroccidental del lago Titicaca, por constituir éstos uno de los componentes más importantes del hábitat de la avifauna y la población ictícola nativa del ecosistema. Especialmente importante resulta el trabajo que cumplen los Comités de Conservación organizados en las comunidades campesinas aledañas a la Reserva, los Guardaparques Comunales y el Voluntariado Ambiental<sup>15</sup>.

Por su parte, en Bolivia, aunque no directamente asociadas a los cuerpos mayores de agua de la cuenca, la contribución del Parque Nacional Sajama y el ANMIN Apolobamba a la preservación y recuperación de la población silvestre de vicuña, constituye un aporte que trasciende el interés local e incluso nacional, ya que de su éxito ha dependido que esta especie salga de la lista de especies amenazadas, constituyendo en la actualidad un ejemplo de buenas prácticas en la gestión de la diversidad biológica en áreas protegidas, lo que ha redundado en un manejo adecuado no sólo de la vicuña y los otros camélidos, sino también de los bofedales, los relictos de qeñua y otras especies (ver recuadro 5.1).

<sup>14</sup> Estudios recientes dan cuenta de que los bancos familiares de semillas en comunidades ribereñas del lago Titicaca pueden contener más de 300 variedades diferentes de productos. [www.proinpa.org](http://www.proinpa.org).

<sup>15</sup> Sitio web de la Reserva Nacional Titicaca:

<http://www.areasprotegidasperu.com/rnt/rntt.htm>.

### Recuadro 5.1. El manejo de la vicuña en el PN Sajama y el ANMIN Apolobamba

La vicuña es un camélido silvestre que se caracteriza por poseer la fibra natural más fina del mundo y una de las más caras del mercado. Por mucho tiempo este animal fue objeto de una caza furtiva excesiva que puso en peligro la continuidad de la especie.

En la década de los cincuenta, quedaban 400.000 vicuñas aproximadamente, mientras un censo hecho al final de la década del '60 revela que ya únicamente existían entre 5.000 y 10.000 vicuñas en Perú y menos de 2.000 en Bolivia, Chile y Argentina (Rabinovics *et al.*, 1991).

En 1969, Perú y Bolivia firmaron un acuerdo con la finalidad de evitar la extinción de la especie que, en 1979 y se renovó incorporando al Convenio a Argentina, Ecuador y Chile.

De esta forma, la población de vicuñas empieza a recuperarse en los siguientes años, llegando a triplicarse hasta el 2003, siendo Bolivia el país que presentó la evolución más favorable: de 4.493 en 1981 a 60.000 vicuñas en 2003, incrementándose la población total en un 1.335,4%, lo que equivale a un crecimiento anual promedio de más del 50%. Hoy, Bolivia es el segundo país con más ejemplares de vicuña después de Perú y la vicuña ya no corra riesgo de extinción.

A nivel nacional se constituyeron seis Asociaciones Regionales de Manejadores de Vicuña (ARMV), conformadas por diferentes comunidades, dos de las cuales, que se ubican en el ANMIN Apolobamba y el PN Sajama, producen el 74% de fibra con el apoyo técnico del SERNAP, constituyéndose hoy una importante fuente de ingresos para las comunidades participantes. Así, la primera venta el año 2007 reportó un ingreso de más de 330 mil dólares por toda la fibra acumulada hasta entonces, cifra puede crecer significativamente teniendo en cuenta que corresponde a menos del 10% de captura de la población actual de vicuñas en las regiones productoras.

Fuente: Elaboración propia, a partir de información de ISA, MAPZA y SERNAP.





Estas positivas experiencias contrastan con la práctica ausencia de manejo que se da en el lado boliviano del lago Titicaca y en los lagos Uru Uru y Poopó, en tanto Sitios Ramsar reconocidos internacionalmente, lo que ha repercutido en una dramática sobreexplotación de los totorales y, en el segundo caso, en el avance sostenido del proceso de contaminación y salinización de estos lagos, con los consiguientes impactos en el hábitat de sus poblaciones de aves, peces y comunidades ribereñas.

En cuanto a los recursos hidrobiológicos, lo más significativo se refiere al deterioro de la ictiofauna nativa ya mencionado en el capítulo 3, y la ausencia de un estatuto que establezca las pautas y parámetros tanto de su aprovechamiento sostenible, como de las políticas que permitan su repoblamiento. Éste es otro de los grandes desafíos pendientes para la Autoridad Binacional del Sistema.

A este mismo respecto, y como parte de la estrategia de gestión integral y sostenible de los recursos hidrobiológicos, el desarrollo de la piscicultura o crianza de truchas en jaulas ha atenuado parcialmente el problema sin resolverlo (ver punto 2.3.3.2 de este Informe). Siendo ésta una política impulsadas por ambos gobiernos, se recomienda un cuidadoso y exhaustivo estudio sobre estos impactos, así como el diseño de los planes de adecuación y manejo ambiental que corresponda, en el marco de la normativa pendiente.

También en este ámbito, se requiere un monitoreo más sistemático de la biomasa del lago, pues los cruceros realizados por la emparcación del dotada de una sonda para el monitoreo no han tenido la continuidad necesaria y sus resultados, en general, no han sabido ser aprovechados para derivar medidas y políticas que permitan revertir el creciente deterioro de la situación. Este monitoreo deberá tener el mismo carácter del que se prevé desarrollar en relación con la calidad del agua, y sus resultados deberán ser correlacionados para contar con una visión ecosistémica de los procesos que tienen lugar en las distintas áreas del TDPS.

Por otra parte, en el ámbito nacional de ambos países, en el Perú se da el caso de múltiples superposiciones en la normativa regulatoria y en los roles institucionales, que exigen una adecuada armonización y racionalización<sup>16</sup>; mientras que en Bolivia, se da la situación inversa ya que el tema no ha merecido ningún desarrollo significativo de su marco normativo y las instituciones del sector adolecen de una enorme debilidad. Esta situación refuerza la necesidad de contar urgentemente con una normativa binacional que regule la actividad pesquera artesanal (formal e informal), industrial y acuícola, así como la clarificación de los roles de control y fiscalización y el fortalecimiento de los entes responsables de los mismos en ambos países.

<sup>16</sup> Memoria del Taller sobre Capacidad de Carga, Propesca, febrero 2009.

Finalmente, esta responsabilidad debe contemplar la situación de los miles de familias y comunidades que han vinculado su subsistencia a la actividad pesquera y acuícola, y que siendo corresponsables han resentido los efectos de este deterioro, por lo que la consulta de la política a desarrollar es imperativa ante la necesidad de contar con su compromiso a la hora de garantizar la efectividad de los instrumentos regulatorios resultantes.

### 5.2.3.3 El impacto de la vieja y la nueva minería

Uno de los grandes temas que ha venido siendo objeto de la mayor cantidad de conflictos ambientales en los últimos años, es el encaramiento de la problemática de la contaminación minera.

La situación descrita en el capítulo 3 tiene, sin embargo, múltiples aristas en lo que respecta a las políticas públicas aplicables. Así, las normas ambientales establecen principios universalmente válidos en la materia, tales como el de que “quien contamina paga”; sin embargo, los parámetros establecidos no se ajustan a la realidad boliviana y peruana, y más particularmente a la de los mineros pequeños y la minería cooperativizada, cuyos volúmenes de producción, en la mayoría de los casos, no permiten encarar inversiones para la mitigación de los impactos ambientales generados y, mucho menos, las medidas de remediación de los pasivos heredados en sus concesiones, los mismos que se han acumulado a través de una larga historia. Por otro lado, otras disposiciones, como el Decreto Supremo 29577 en Bolivia, estipulan que el 10% de las recaudaciones por regalías mineras deberán ser invertidas por el Estado en obras de mitigación ambiental, por lo que se relativiza la responsabilidad de los actores económicos directos y se abre un margen de confusión sobre quién es el responsable de tomar las medidas legales establecidas. Esta situación amerita una revisión y compatibilización de las normativas minera y ambiental, además del fortalecimiento de los órganos de fiscalización competentes de cada país.

### 5.2.3.4 Gestión integral de residuos sólidos

Este otro importante componente de la política ambiental no había merecido, hasta ahora, la necesaria atención ni por parte de los gobiernos, ni por parte de la ALT. Sin embargo, en la actualidad existen importantes indicios de que esta situación está cambiando.

En el caso boliviano, el Ministerio del Medio Ambiente y Agua ha desarrollado una normativa para impulsar los Programas Integrales de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) como una política de alcance nacional que se encuentra bajo la responsabilidad del Viceministerio de Servicios Básicos; mientras que el MINAM ha incluido este tema, junto con el ordenamiento territorial y el tratamiento de aguas servidas, en el diseño de su programa de Municipios Ecoeficientes y está apoyando a los municipios en los que la problemática de la generación de basura es más aguda.

Además de las acciones que se están desarrollando en ambos países al respecto (ver capítulos 3 y 4), se recomienda que las acciones de dotación de infraestructura por parte de los gobiernos nacionales, regionales y/o municipales vayan compaginadas con la necesaria política de información y sensibilización de la población, sin cuyo concurso la mitigación de los impactos esperada puede demorar mucho tiempo en hacerse efectiva.

### 5.2.3.5 Monitoreo y adaptación al cambio climático

Al constituir el cambio climático un fenómeno global, las respuestas de política únicamente pueden limitarse a mitigar sus efectos y contribuir a la adaptación de la población y los ecosistemas a las variaciones atmosféricas permanentes que vayan produciéndose, particularmente en el control de aspectos que inciden en la producción y seguridad alimentaria, energética, la provisión de agua y la salud, y los de todos estos factores, finalmente, en la economía.

Frente a esta situación, los gobiernos de Perú y Bolivia han diseñado sus Mecanismos de Adaptación al Cambio Climático; en ambos casos, dependientes de sus Ministerios de Medio Ambiente, a partir de presupuestos conceptuales y metodológicos similares, buscando adecuar las respuestas adaptativas en función de las vulnerabilidades priorizadas en cada región, pero con énfasis y enfoques distintos en cuanto a los proyectos a ser priorizados en cada caso.

Así, en el caso peruano se identifican seis regiones prioritarias: Cuenca Alta-Río Piura, Selva Alta-Alto Mayo, Cuenca del Santa, Cuenca del Mántaro N. Huaytapallana, Nevado Salkantay-Cuenca de Santa Teresa, y Apurímac-Cusco. Uno de los pilares de la estrategia es el Programa de Conservación de Bosques y Servicios Ambientales y sus acciones se vuelcan fundamentalmente al esfuerzo de promover proyectos en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) creado por el Protocolo de Kioto, habiendo registrado 18 proyectos evaluados de los más de 130 presentados, de los cuales cinco ya han vendido certificados de reducción de carbono. Por otro lado, busca también calificar proyectos forestales bajo el mecanismo de deforestación evitada (REDD por sus siglas en inglés), habiendo aprobado un primer proyecto en esta materia<sup>17</sup>. La Región de Puno no se cuenta entre las regiones priorizadas, ni ha acreditado proyecto alguno al MDL.

Por su parte, el gobierno boliviano ha adoptado una estrategia que comprende cinco programas sectoriales<sup>18</sup>: a) adaptación de la seguridad alimentaria al cambio climático; b) adaptación sanitaria al cambio climático; c) adaptación de los recursos hídricos al cambio climático; d) adaptación de los asentamientos humanos y gestión de riesgos al cambio climático; y e) adaptación de los ecosistemas al cambio climático. Este mecanismo incluye además como programas

transversales: la investigación científica, la capacitación, la difusión y educación, y aspectos antropológicos y conocimientos ancestrales (ver recuadro 5.2), reconociendo que la adaptación es más un problema cultural que científico, lo que implica promover el cambio de hábitos en la vida cotidiana de la población hacia formas más austeras y solidarias, para lo que el esfuerzo fundamental deberá centrarse en la organización y movilización social.

#### 5.2.4 Hacia una participación social corresponsable y proactiva

En ambos países existe una amplia y compleja red de organizaciones sociopolíticas, reivindicativas y productivas, de usuarios de bienes y servicios ambientales, entre otros, cuyas tradiciones organizativas están fuertemente arraigadas en su identidad cultural. El proceso histórico vivido en cada uno de ellos, a su vez, ha provocado diferenciaciones y la emergencia de nuevas expresiones que conviven en distinto grado con aquellas de carácter más tradicional. En los últimos años, los actores rurales –indígenas y campesinos– y sus luchas, han adquirido una visibilidad y un protagonismo que contrasta con la historia de marginación e invisibilización a las que intentaron ser sometidos por las dinámicas estatales prevalecientes a lo largo de la historia. En Bolivia, la adopción de una nueva Constitución Política (2009) asume el desafío de construir por primera vez en la historia un Estado genuinamente pluri e intercultural.

Con relación a la gestión pública en general y las políticas ambientales en particular, ha ido ganando terreno el convencimiento de que ninguna política podrá salir adelante sin la participación organizada y protagónica de los sectores sociales involucrados. Esto vale tanto para los sectores urbanos como rurales, cuyo equilibrio en la región debe ser un objetivo explícito e inapelable, de manera tal de enriquecer con el aporte de unos y otros la construcción de las visiones del desarrollo deseado y las políticas y procedimientos para alcanzarlo.

<sup>17</sup> Presentación de Vanessa Vereua, Viceministra de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales, en ALC-UE, mayo 2008.

<sup>18</sup> PNACC, [www.mmaya.gob.bo](http://www.mmaya.gob.bo), accedido en diciembre 2010.

### Recuadro 5.2. Cambio climático, tecnologías ancestrales y seguridad alimentaria

Una tecnología desarrollada en la región circunlacustre anegadiza del lago Titicaca por la civilización Tiwanakota, es la de los Suka Kollus (*Suka* = surco o cultivo, *Kollu* = montón, amontonamiento, cerro) que, consisten en camellones de tierra intercalados con amplios canales que permiten retener y circular el agua, generando o modificando el microclima que circunda los cultivos que, al tener una mayor humedad, eleva su temperatura, evitando el problema de estrés por carencia de riego o por excesivo frío. Esta característica es particularmente valiosa, tratándose de una región donde las mayores pérdidas en la agricultura ocurren debido a las heladas o las sequías prolongadas.

A partir de la década de los 80, se iniciaron los primeros estudios orientados a la restauración experimental de áreas de suka kollus para observar el comportamiento del proceso agrícola y recuperar esta técnica ancestral de adaptación a las condiciones extremas que plantean el clima y las condiciones de la región.

Estas investigaciones permitieron descubrir también que la combinación de las franjas de cultivo (camellones) con las de agua de los canales permitía moderar las temperaturas nocturnas y preservar un nivel adecuado de humedad en los cultivos, reduciendo los riesgos comunes de los períodos de sequía, asimismo, permitía el desarrollo de nutrientes generando un proceso natural de autofertilización y el control de la erosión y la salinización, posibilitando siembras tempranas para contar con dos cosechas anuales y con rendimientos más elevados (ver figura 1.8).

Debido a sus características constructivas, es evidente que esta técnica requirió del trabajo mancomunado de varias familias de una misma región, fortaleciendo los lazos de reciprocidad y complementariedad de las comunidades andinas; por lo que no es posible entender a los suka kollus como tecnología productiva al margen de la organización social y política que los creó y aprovechó.

La rehabilitación de los suka kollus en Tiwanaku desarrollada por el Programa Suka Kollus (PRO-SUKO) entre 1992 y 2008, permitió el rescate del conocimiento y las habilidades de las primeras civilizaciones que poblaron la región comprobando que una hectárea de suka kollus produce lo que 10 hectáreas bajo las técnicas convencionales de la actualidad.

Aunque la dimensión tecnológica no agota las exigencias de la reconducción del proceso de desarrollo regional y su vinculación a los mercados contemporáneos, estos hallazgos permiten visualizar que con la utilización de los suka kollus se puede empezar a enfrentar también la desigual tenencia de la tierra y al minifundio, poniendo la primera piedra para la superación de la crisis que afecta actualmente al sector agrícola de la región, agudizada por la amenaza del cambio climático, contando con un nuevo modelo tecnológico que puede ser optimizado con las posibilidades que ofrecen los desarrollos contemporáneos, pero también discutiendo las características del modelo de organización social y económica, inspirados en el legado de las culturas originarias de la región.

Fuente: Elaboración propia, con base en los documentos de PROSUKO.

Además de las organizaciones originarias, la política de participación deberá tomar en cuenta a los múltiples actores sociales e institucionales que emergen en el actual contexto de descentralización y autonomía de las regiones y municipios, pues éstos son quienes tendrán la responsabilidad de llevar a la práctica y garantizar la sostenibilidad de los modelos de

gestión provenientes de los diseños de las políticas nacionales y binacionales en los diversos ámbitos.

En este marco, la discusión y aprobación de los instrumentos de planificación, gestión y control pendientes de elaboración en el ámbito del Sistema TDPS no pueden eludir esta realidad, por lo que la metodología

de tratamiento de los mismos deberá merecer un previo acuerdo con las organizaciones representativas que tienen la legitimidad para pronunciarse sobre los mismos en ejercicio de los derechos reconocidos. Esta participación garantizará no sólo el conocimiento que compartan las organizaciones sociales con las instancias institucionales existentes o por crearse para asegurar el cumplimiento de las regulaciones a ser adoptadas, sino que comprometerá su responsabilidad en el logro de las metas y objetivos identificados y adoptados en común.

En esta dirección, se encuentran ya plasmados en la normativa de ambos países algunos conceptos, como el de la *ecoeficiencia* que debe traducirse en la responsabilidad socioambiental de las familias, empresas e instituciones; y mecanismos, como los Comités de Cuencas contemplados tanto en el Sistema Nacional de Recursos Hídricos del Perú, como en el Consejo Interinstitucional del Agua (CONIAG) de Bolivia, que prevén la participación de las organizaciones sociopolíticas indígenas, originarias y campesinas, sindicales, de usuarios, empresariales, académicas y no gubernamentales vinculadas a la gestión del agua; por lo que la normativa binacional no podrá ser menos que la nacional de cada uno de los países y, más bien, deberá intentar compatibilizar y armonizar las prácticas de ambos para su aplicación en la región.

### 5.2.5 Los retos del relanzamiento de la institucionalidad binacional

Los capítulos precedentes dan amplia cuenta de la institucionalidad nacional y binacional existente y la multiplicidad de actores involucrados en la gestión ambiental del Sistema TDPS. Esta sección se propone fijar la atención en los Acuerdos suscritos por los Presidentes Evo Morales y Alan García el 19 de octubre de 2010, encaminados a superar la situación actual de la ALT y a reafirmar la confianza recíproca de ambos gobiernos, junto a su compromiso por recuperar los objetivos originales de la gestión binacional compartida del Sistema TDPS.

Como lo establecen las Notas Reversales de su creación, la ALT fue creada con el propósito fundamental de “promover e implementar programas y proyectos, dictar y hacer cumplir normas relacionadas con el ordenamiento, manejo, control y protección de los recursos hídricos e hidrobiológicos” de la cuenca, teniendo entre sus principales funciones las de:

- Ejercer la autoridad sobre los recursos hídricos e hidrobiológicos de connotación binacional del Sistema Hídrico TDPS, estableciendo las normas y reglas de operación y recomendando las medidas a adoptar en épocas de eventos extremo.



- Cautelar y coordinar, en lo que incida o afecte la dinámica del Sistema Hídrico TDPS, que las principales actividades, proyectos y acciones permanentes o eventuales, actuales o futuras, nacionales o binacionales, públicas o privadas, guarden coherencia, compatibilidad y armonía con lo establecido en el Plan Director.
- Apoyar y promover la preservación, recuperación, protección y conservación de los ecosistemas naturales. [...] Establecer normas de calidad de aguas. Promover tecnologías de uso racional de los recursos naturales.
- Establecer pautas de aprovechamiento y manejo del recurso hídrico e hidrobiológico.
- Asegurar el mantenimiento, continuidad y utilización de los Sistemas de Información (banco de datos, red hidrometeorológica) y modelos matemáticos, incorporados en el Plan Director.

A casi veinte años de su creación, las principales acciones realizadas hasta el presente:

- En el plano del control cuantitativo del balance hídrico de la macrocuenca, la construcción de las compuertas de regulación instaladas en la embocadura del río Desaguadero y el dragado parcial del lecho de este río, como las principales obras de regulación, cuya acción combinada podría contribuir a prevenir eventos de crecida que, afortunadamente, no se han producido, pues al no estar concluido el dragado, la obra de regulación no ha tenido ocasión de funcionar hasta el presente. En este orden, se ha practicado también un levantamiento parcial de la demanda de agua por parte de los diversos usuarios de ambos países.
- Con relación a la calidad de los recursos hídricos, el retiro ocasional de lezna y la experimentación con aireadores en las bahías de Puno y Cohana, contribuyendo a modificar transitoriamente las condiciones de eutrofización provocadas por la cubierta vegetal, aunque sin atacar en ninguna medida las causas de su desarrollo.

- En cuanto a la gestión de los recursos hidrobiológicos, el apoyo a la producción de truchas en algunas comunidades ribereñas del lago Titicaca.
- Más recientemente, se encuentra en curso la digitalización y actualización de la base de datos de la institución y su puesta a disposición del público usuario a través de la web.

Esta situación muestra que la gestión institucional de la ALT no ha logrado responder al carácter amplio de su mandato y establecer un relacionamiento sólido y vinculante con la diversidad de instituciones con las que debería haber encaminado el cumplimiento del mismo; situación que no sólo no ha logrado impedir el agravamiento de las condiciones de vulnerabilidad que justificaron su creación, sino que ha inmovilizado a los actores gubernamentales e institucionales de ambos países, dejando en el limbo la responsabilidad de actuar en los diversos frentes con sentido de oportunidad y con la legitimidad que exigen los desafíos planteados.

Por otra parte, hay que tomar en cuenta que el cumplimiento de las responsabilidades encomendadas exige que los mandatos vayan acompañados de los recursos y la voluntad política para acompañar desde el andamiaje institucional multisectorial y de los diversos niveles de gobierno de ambos países, situación que no siempre se ha dado; antes bien, la dinámica institucional ha estado marcada por la inestabilidad, la falta de continuidad y la incomunicación intersectorial, por lo que no ha existido una interlocución adecuada de parte de los gobiernos que facilite el cumplimiento de las metas propuestas.

En el marco de los procesos de actualización y rediseño institucional y normativo que han emprendido ambos países, es deseable no sólo que las políticas sectoriales adecuadamente diseñadas funcionen eficazmente, sino que se fortalezca la capacidad institucional de los actores locales y regionales, y se produzca la coordinación intersectorial necesaria entre las gestiones ambiental, productiva y social, para racionalizar los esfuerzos y el uso de los recursos.

Reconociendo que las políticas actualmente promovidas por ambos gobiernos tienen una orientación ideológica diferente, es indispensable que más allá del mandato que puedan conferirle a un organismo como la ALT, haya una voluntad de armonización mínima para garantizar el éxito de un cualquier diseño auténticamente binacional.

Y, finalmente, junto al necesario ajuste estatutario y el saneamiento de las gestiones pasadas de la ALT, deberán dimensionarse adecuadamente los mandatos que se confiera a dicha institución, comprometerse los recursos que permitan llevar a buen término los objetivos propuestos, y desarrollar una permanente labor de monitoreo institucional que garantice la corresponsabilidad solidaria de ambos gobiernos con los éxitos y dificultades que se enfrenten en el camino.

### 5.3 Conclusiones y recomendaciones

El Sistema TDPS cuenta con un gran camino avanzado: la caracterización conjunta de la cuenca y sus principales amenazas que ha llevado a los gobiernos de Bolivia y el Perú a asumir el compromiso de una gestión compartida e integrada sobre el conjunto de la cuenca, sus recursos hídricos y su diversidad biológica, en el marco de la valorización del legado ancestral de las culturas que por milenios han ocupado este singular espacio geográfico, económico y cultural, el reconocimiento del dinámico proceso político, social y económico que se registra a ambos lados de la frontera y los condicionamientos emergentes de los fenómenos globales que afectan al clima y otras variables de la región.

Para ello se creó una institucionalidad binacional con un marco estatutario que fijaba sus funciones y atribuciones. Sin embargo, a casi veinte años de su creación, los principales desafíos de la Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT) continúan esperando respuesta. Así lo entendieron los pre-

sidentes de ambos países que, reunidos en el puerto de Ilo (octubre 2010) para reanimar múltiples temas de la agenda bilateral, acordaron una ruta crítica que puede resumirse en los siguientes puntos:

- Reanimar el espíritu y los compromisos originales que dieron nacimiento a la ALT.
- Revisar el marco estatutario, institucional y operativo de la ALT para garantizar la transparencia, eficiencia y efectividad de su gestión.
- Desarrollar la más amplia consulta institucional y social sobre los instrumentos normativos, de planificación y gestión que provean de un marco de acción efectivo a la Autoridad Binacional y las instancias nacionales, regionales y locales de ambos países, para llevar a efecto los compromisos concertados para la gestión sustentable de los recursos hídricos e hidrobiológicos del Sistema.
- Crear un Grupo Binacional Ad Hoc de Gestión de la ALT para preparar, en un plazo de seis meses, las bases de la recomposición institucional, estatutaria y operativa de la ALT.

Este nuevo proceso de relanzamiento de la gestión compartida de la cuenca, sin embargo, no debería limitarse a los ajustes necesarios en el órgano binacional, pues además de la generación de los instrumentos conjuntos necesarios para viabilizar su labor, se requiere encarar también algunos procesos al interior de cada uno de los países para hacer posible la compaginación de las políticas a aplicarse en cumplimiento de este renovado mandato con un espíritu de equidad y cooperación.

Entre los instrumentos y mecanismos de urgente definición, además de los definidos en el Acta Presidencial, deberán encararse los siguientes:

- **En el nivel normativo**
  - Establecer las pautas y lineamientos normativos para la gestión integrada de los recursos hídricos e hidrobiológicos para toda la cuenca.
  - Elaborar urgentemente e implementar los Planes de Manejo de los Lagos Titicaca, Uru Uru y Poopó como Sitios Ramsar, obligación internacional de

ambos gobiernos que se encuentra pendiente desde hace más de diez años.

- Racionalizar y aprovechar los marcos normativos existentes en ambos países, para avanzar en los procesos de descentralización político-administrativa e implementar las respectivas estrategias de acción ambiental.
  - Compatibilizar la normativa sobre las funciones de fiscalización sectorial, particularmente en los casos de los impactos generados por las aguas residuales, tanto urbanas como mineras.
  - Racionalizar y desarrollar la normativa para el sector pesquero que permita la recuperación de la riqueza ictiológica de los ríos y lagos del Sistema, evitando la sobrepesca, la continuada amenaza y presión sobre las especies nativas y la contaminación generada por las instalaciones piscícolas.
  - Promover la actualización y adecuación de la legislación turística, impulsando la puesta en valor de los múltiples atractivos naturales y culturales y el protagonismo de las comunidades como sujetos privilegiados de las mismas.
- **En el nivel de políticas**
- Actualizar los estudios e información referidos al balance hídrico actual en el Sistema.
  - Implementar planes municipales y regionales de ordenamiento territorial en todo el Sistema TDPS.
  - Desarrollar las obras de infraestructura necesarias para garantizar la gestión de riesgos, particularmente los relacionados con las inundaciones que amenazan cíclicamente al Sistema.
  - Diseñar una estrategia de lucha contra la desertización y salinización de los suelos de la región.
  - Establecer un plan de emergencia para enfrentar los impactos de los pasivos mineros, incluyendo la remediación de las antiguas explotaciones, la mitigación de los procesos en curso y la prevención de las futuras actividades en el sector.
  - Poner en marcha y garantizar la sostenibilidad de la Red Binacional de Monitoreo de la Calidad de las Aguas en el Sistema TDPS.

- Definir como *prioridad nacional* de ambos gobiernos la agenda regional de agua y saneamiento básico y ambiental, para contribuir a cerrar las brechas de desarrollo humano que distancian a la región del TDPS de los promedios nacionales respectivos. Dicha agenda debe incluir la dotación de agua potable para el consumo humano a las comunidades y poblaciones, la optimización de las plantas de tratamiento de aguas residuales existentes y el desarrollo de las prioritarias que aún no existen, el reúso de aguas residuales en programas de riego con especies apropiadas y los programas integrales de gestión de residuos sólidos.
  - Definir una agenda binacional para la preservación y promoción de la diversidad biológica y agrobiodiversidad de la región, incluyendo la reforestación de las áreas degradadas con especies nativas y la siembra masiva de totora en el litoral lacustre.
  - Definir una Estrategia Binacional de Desarrollo Turístico, que honre la majestuosidad compartida del paisaje natural y cultural de la región y la común historia de sus civilizaciones y pueblos originarios, dando particular atención al desarrollo del turismo comunitario.
  - Coordinar las agendas regionales de adaptación al cambio climático y gestión de riesgos de ambos países.
  - Promover la recuperación de las economías rurales tradicionales y la optimización de las tecnologías ancestrales, para un adecuado manejo de los recursos naturales de la región.
- **En el nivel institucional**
- Definición de los niveles institucionales que, dentro de cada gobierno, deberán constituirse en contrapartes de la ALT para la coordinación normativa y operativa de las acciones a emprenderse en las diversas esferas sectoriales: gestión de recursos hídricos, cuencas, agua y saneamiento, minería, pesca y acuicultura, agropecuario, turismo y desarrollo productivo, desarrollo social y cultura, entre otros.



- Desarrollar un activo y corresponsable involucramiento de los gobiernos regionales, departamentales y municipales y las organizaciones sociales y productivas de la región en la gestión ambiental de la cuenca.
  - Aprovechar y racionalizar los recursos institucionales existentes, para promover una labor más coordinada y de mutuo beneficio; por ejemplo, los cruceros de sondaje del PELT e IMARPE.
  - Evaluar, recuperar y fortalecer el aporte de organismos internacionales especializados y promover el aprendizaje recíproco con otras experiencias de ambos países, de la región y otras experiencias de cooperación bi o multilateral de manejo de cuencas; por ejemplo, las Comisiones para los Ríos Pilcomayo y Bermejo, el Tratado de Cooperación Amazónica, el Sistema Paraguay-Paraná.
- **En el nivel operativo**
- Dar plena funcionalidad a la nueva estructura operativa de la ALT, a crearse como emergencia del Acuerdo Presidencial, fortaleciendo las capacidades del PELT y la UOB como instancias nacionales operativas.
  - Establecer convenios marco de cooperación y trabajo conjunto con todas las instituciones con competencias y capacidades para apoyar a la gestión del órgano binacional: gobiernos regionales, departamentales y municipales, universidades, SENAMHI, empresas de aguas y servicios básicos, instituciones sectoriales especializadas, entre otras.
  - Crear un sistema de información que se actualice sistemática y permanentemente, que alimente con transparencia y sentido de oportunidad la toma de decisiones de los actores competentes en cada caso, en un marco de reforzamiento

constante de la confianza recíproca, con base a las capacidades existentes en ambos países, como los Sistemas Nacionales de Información Ambiental.

Sin embargo, las falencias y limitaciones mencionadas a lo largo de este Informe no comprometen únicamente a la ALT y ni siquiera a los gobiernos de ambos países, sino que al conjunto de actores involucrados en el día a día del quehacer de la región. Para ello, es indispensable definir explícitamente la insoslayable responsabilidad de la población en general, las organizaciones comunitarias y sus expresiones de representación social, económica y política, proveyendo para su participación de los mecanismos institucionalizados que permitan consagrar el principio de corresponsabilidad y protagonismo que haga posible encarar no sólo la solución a los problemas que hoy confronta la región, sino también la toma de conciencia y el cambio de actitudes necesarios para evitar su profundización y agravamiento, honrando los valores y tradiciones culturales que, lamentablemente, han ido debilitándose frente a las tendencias de la “modernidad”.

Es indispensable que ambos gobiernos y sus instancias políticas y técnicas involucradas mantengan un seguimiento continuo del devenir de este proceso, impulsando medidas como las aquí propuestas, aprovechando las capacidades existentes en los organismos internacionales tanto globales como regionales, y aprendiendo de las experiencias de gestión compartida de cuencas de otras latitudes, involucrando a los actores locales de manera sistemática y evaluando permanentemente sus resultados. Sólo así podrá evitarse el caer en el ya conocido camino del abandono.

# Bibliografía





- Alfaro, et al. 2000. *Los Kollas*. La Paz, Bolivia.
- ALT. 2005. *Macrozonificación ecológica-económica del Sistema TDPS*. La Paz, Bolivia.
- ALT. 2007. *Calidad de aguas en cuencas abastecedoras del Sistema TDPS*. La Paz, Bolivia.
- ALT. 2008. *Plan Director Binacional Perú-Bolivia*. La Paz, Bolivia.
- ALT. 2003. *Superficie degradada por extracción de materiales. Puno: Proyecto Especial del Lago Titicaca*. La Paz, Bolivia.
- ALT. *Evaluación de la totora en el Perú: Proyecto Conservación de la Biodiversidad*. La Paz, Bolivia.
- Apaza, R., M. Franken, F. Osorio, J. Pinto y R. Marín. 1996. *Estudio de la contaminación del lago Poopó con relación a metales pesados en la cadena trófica, incluido el hombre*. Informe inédito, Instituto de Ecología, UMSA. La Paz, Bolivia.
- Barra Catacora, J. 2008. *Aspectos de la gobernabilidad medioambiental y cambio climático en el Sistema TDPS*. Autoridad Autónoma del Lago Titicaca. La Paz, Bolivia.
- Berger, C. et al. 1987. *Documento de pesca No. 007: Sinopsis biológica de las principales especies ícticas del lago Titicaca*. OLDEPESCA. Lima, Perú.
- Beveridge, M. 1983. *A survey of heavy metal levels in the lake Poopó basin, Bolivia*. Institute of Agriculture, University of Stirling. Scotland, Reino Unido.
- Bocángel, D.J. 1999. *Efecto de la contaminación de las aguas del lago Uru Uru sobre las comunidades de macroinvertebrados acuáticos*. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Carrera de Biología. La Paz, Bolivia.
- Bouyse-Cassagne, T. 1988. *Lluvias y cenizas: Dos Pachacuti de historia*. Editorial Hisbol. La Paz, Bolivia.
- Calderón, F. y J. Dandler. 1984. *Bolivia la fuerza histórica del campesinado*. La Paz, Bolivia.
- Carmouze, J.P., C. Arce y J. Quintanilla. 1978. "Circulación de materia (agua-sales disueltas) a través del sistema fluvio-lacustre del Altiplano". *Cah. ORSTOM., Ser. Geol.*, volumen 10: 49-68.
- Castañeda, A. 2002. *Conflictos socioambientales. La totora fuente de vida y fuente de discordias*. La Paz, Bolivia.
- Castillo, G. 1993. *Los collas fantasmas de la cordillera*. La Paz, Bolivia.
- CEDEFOA-PELT. 2002a. *Plan maestro para la biodiversidad en el Sistema TDPS: Diagnóstico socioeconómico*. Proyecto: Conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa (TDPS). Gerencia Nacional Peruana, Centro de Desarrollo y Fomento a la Autoayuda (CEDEFOA), Proyecto Especial Lago Titicaca (PELT). Volumen II. La Paz, Bolivia.
- CEDEFOA-PELT. 2002b. *Plan maestro para la biodiversidad en el Sistema TDPS – Plan maestro de biodiversidad*. Proyecto: Conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca-Desaguadero-Poopó - Salar de Coipasa (TDPS). Gerencia Nacional Peruana, Centro de Desarrollo y Fomento a la Autoayuda (CEDEFOA), Proyecto Especial Lago Titicaca (PELT). Volumen V. La Paz, Bolivia.
- Celis Valderrama, N. *El rumor de una migración en silencio: La sobrevivencia Uru-Chipaya*. Universidad Católica Silva Henríquez. Santiago, Chile.
- CEPAL. 2007. *Armonía y discordancia entre los asentamientos humanos y el medio ambiente en América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL), GTZ y Naciones Unidas. Santiago, Chile.
- Collot, D. 1982. "Vegetación acuática del lago Poopó". La Paz, Bolivia. *Ecología en Bolivia*, volumen 1:47-54.

- Colque, G. et al. 2008. *Desafíos de las comunidades de hoy, seis temas de debate desde el altiplano*. Fundación Tierra. La Paz, Bolivia.
- Colque, G. y W. Plata. 2009. *Investigación y acción para el ejercicio de los derechos sobre la tierra*. International Land Coalition-Fundación Tierra. La Paz, Bolivia.
- CONAM. 2008. *Situación actual de la gestión de los residuos sólidos en la región Puno*. CONAM. Lima, Perú.
- Crónicas de Cieza de León*. Biblioteca de la Vicepresidencia de Bolivia. La Paz, Bolivia.
- Crónicas de Garcilazo de la Vega*. Biblioteca de la Vicepresidencia de Bolivia. La Paz, Bolivia.
- D'Orbigny, A. 1845-1847. *Voyage dans l'Amérique meridionale*. París, Pitois-Levrault et Cie.
- Defensa Civil (SND). 2004. *Plan nacional de prevención y atención de desastres*. Decreto Supremo 01-A-2004-DE/SG. SNDC. Lima, Perú.
- Defensoría del Pueblo. 2008. *Residuos sólidos según tipo de material en la región Puno*. Puno, Perú.
- Dejoux, C. y A. Itis. 1991. *Síntesis del conocimiento limnológico del lago Titicaca*. ORSTOM y UMSA. La Paz, Bolivia.
- Demeure, J. 1999. *Agricultura: De la subsistencia a la competencia internacional*. Cochabamba, Bolivia.
- DIGESA. 2008. *Parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua en el lago Titicaca*. Puno, Perú.
- DIGESA. 2009. *Informe estadístico mes de agosto*. Puno, Perú.
- Dirección de Reforma Agraria Puno-PETT. 2008. *Directorio de Comunidades Campesinas*. Puno, Perú.
- Dirección Regional de Salud. 2008. *Indicadores socioeconómicos*. GORE. Puno, Perú.
- Durán, N. 2007. *La urbanización creciente*. Centro de Documentación e Información Bolivia (CEDIB). La Paz, Bolivia.
- Facts. 2010. *Impactos sobre el bienestar humano*. La Paz, Bolivia.
- FAO e INRENA. 2005. *Actualización de la evaluación de los recursos forestales mundiales a 2005*. Lima, Perú.
- Flores y Ocola. 2007. *Contaminación del lago Titicaca*. Puno-ALT. Puno, Perú.
- Fundación Jubileo. 2010. *Cifras y datos comparativos de cuatro décadas en Bolivia*. La Paz, Bolivia.
- Gammons, C. et al. 2003. *Preliminary assessment of mercury contamination due to gold mining in the rio Ramis-lake Titicaca watershed, Peru*. Montana Technology School of Mines and Engineering, University of California-Davis, Department of Environmental Science and Policy. California, Estados Unidos de América.
- Geffroy, C. 2008. *La invención de la comunidad, migración de retorno y economía solidaria en Huanacarani*. PIEB. La Paz, Bolivia.
- Gilson, H.C. 1938. "The Percy Sladen expedition to lake Titicaca". *Geography Journal*, volumen 91: 590-905.
- Gisbert, T. 1987. "Los cronistas y las migraciones aimaras". La Paz, Bolivia. *Historia y Cultura*, volumen 12: 1-6.
- González, E. 2002. *Agrobiodiversidad. Proyecto Estrategia Regional de Biodiversidad para los Países del Trópico Andino*. Maracay, Venezuela. <http://www.comunidadandina.org/desarrollo/te3.PDF>.

- Gonzales, J. et al. Sin. S/F. *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en las regiones del lago Titicaca y los Valles Cruceños de Bolivia: Sistematización de los resultados de la investigación participativa, consultas y estudios de caso*. Ministerio de Planificación del Desarrollo, Programa Nacional de Cambios Climáticos. La Paz, Bolivia. <http://www.scribd.com/doc/19125931/CAMBIO-CLIMATICO-BOLIVIA#>.
- Grebe, M.E. 1998. *Culturas indígenas*. Pehuén Editores. Santiago, Chile.
- Herbario Nacional de Bolivia. *Base de datos del Herbario Nacional de Bolivia*. La Paz, Bolivia.
- Iltis, A., C. Dejoux y J.G. Wasson. 1990. *Datos hidrobiológicos referentes al lago Poopó*. Convenio UMSA-ORSTOM. La Paz, Bolivia.
- IMARPE. 2008. *Parámetros limnológicos del lago Titicaca*. Instituto del Mar del Perú. Puno, Perú.
- INE-Bolivia. 2005. *Indicadores sociodemográficos por provincia y secciones de provincia 1992-2001, departamento de La Paz*. Segunda edición. La Paz, Bolivia.
- INE-Bolivia. 2005. *Atlas estadístico de municipios, 2005*. INE/PNUD. La Paz, Bolivia.
- INE-Bolivia. 2008. *Encuesta Nacional Agropecuaria*. La Paz, Bolivia.
- INE-Chile. 2002. *Censo de población y vivienda 2002*. [http://espino.ine.cl/CuadrosCensales/apli\\_excel.asp](http://espino.ine.cl/CuadrosCensales/apli_excel.asp).
- INEI-Perú. 1993. *Censos Nacionales: IX de Población y IV de Vivienda*. Lima, Perú.
- INEI-Perú. 2007. *Perú compendio estadístico*. Lima, Perú.
- INEI-Perú. 2007. *Censos Nacionales: XI de Población y VI de Vivienda*. Sistema de consulta de principales indicadores demográficos, sociales y económicos. <http://censos.inei.gob.pe/Censos2007/IndDem/>.
- INEI-Perú. 2008. *Registro de precipitaciones*. Lima, Perú.
- INEI-Perú. 2009. *Indicadores de los precios de los alimentos básicos*. Lima, Perú.
- INEI-Perú. 2009. *Encuesta demografía y salud familiar, 2005-2008*. Lima, Perú.
- INEI-Perú. 2009. *Compendio estadístico 2009*. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Oficina Departamental de Estadística e Informática. Impresiones ODEI-Puno. Puno, Perú.
- INTECOSA. 1993. *Plan director global binacional de protección y prevención de inundaciones y aprovechamiento de los recursos del lago Titicaca, río Desaguadero, lago Poopó y lago Salar de Coipasa (Sistema TDPS). Diagnostico socioeconómico*. Internacional de Ingeniería y Estudios Técnicos S.A. (INTECOSA). Convenios ALA/86/03 y ALA/87/23-Perú y Bolivia. La Paz, Bolivia.
- International Lake Environmental Committee Foundation. 1973. <http://www.ilec.or.jp/>.
- International Water Management Institute (IWMI), 2002. *Global water outlook to 2025*. Colombo, Sri Lanka. <http://www.ifpri.org/sites/default/files/pubs/pubs/fpr/fprwater2025.pdf>.
- JICA. 2007. *Directorio de ONG que trabajan en Bolivia*. La Paz, Bolivia.
- Ledo, M. 2002. *Urbanisation and poverty in the cities of the National Economic Corridor in Bolivia*. Delft University Press. Delft, Países Bajos.
- Lino, F. 2008. *Lineamientos para la planificación del uso sostenible del recurso pesquero en comunidades del lago Titicaca*. Tesis de Maestría, Instituto de Ecología. La Paz, Bolivia.

- Marconi, M. 1992. *Conservación de la diversidad biológica en Bolivia*. Centro de Datos para la Conservación (CDC-Bolivia) y USAID. La Paz, Bolivia.
- Marín, R. y J. Quintanilla. 2002. *Efectos ambientales sobre las pesquerías de los ecosistemas de los lagos Poopó y Uru Uru*. Instituto de Ecología e Instituto de Investigaciones Químicas, UMSA. La Paz, Bolivia.
- Ministerio de Agricultura. 2005. *Capacidad de uso de tierras en el Sistema TDPS*. Ministerio de Agricultura. Lima, Perú.
- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. 2000. *Primera comunicación nacional de Bolivia ante la convención marco de las Naciones Unidas para el cambio climático*. Programa Nacional de Cambios Climáticos. La Paz, Bolivia.
- Ministerio de Desarrollo Sostenible, Viceministerio de Planificación, Ministerio de Hacienda e Instituto Nacional de Estadística. 2001. *Bolivia: Tasa anual de migración neta reciente (TAMNR) por departamentos, provincias y secciones municipales, período 1996-2001*. INE. La Paz, Bolivia.
- Ministerio de Desarrollo Sostenible. 2004. *Estudio de la migración interna en Bolivia*. INE-CEPAL-UNFPA. La Paz, Bolivia.
- MINSA-OPS. 2003. *Indicadores de morbilidad de enfermedades transmisibles más frecuentes en Puno*. Puno, Peru.
- Molina, C.I., F.M. Gibon, C. Ibañez, P. Pinto. P. y J.L. Duprey. 2010. *Transferencia de contaminantes polimetálicos en la estructura trófica acuática de los lagos Uru-Uru y Poopó, Oruro, Bolivia*. Coloquio Internacional de Contaminación por Metales Pesados, Impacto sobre el Ambiente, la Salud y la Sociedad. Oruro, Bolivia.
- Molina, C.I., F.M. Gibon, C. Ibañez, P. Pinto. P. y M.E.García. En prensa. *Heavy metals in benthic and fish organisms of Poopó lake*. Environmental Monitoring and Assessment.
- Molina, J. et al. 2007. *Estudio de hidrología y recursos hídricos*. Agua Sustentable, IHH e IDRC-CDRI. La Paz, Bolivia.
- Molina, R. y Albo X. 2006. *Gama étnica y lingüística de la población boliviana*. PNUD. La Paz, Bolivia.
- Montes de Oca, I. 1997. *Geografía y recursos naturales de Bolivia*. Tercera edición. La Paz, Bolivia.
- Montes, F. 1984. *La máscara de piedra*. La Paz, Bolivia.
- Municipalidad de El Collao Ilave-ALT. *Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos urbanos de la Municipalidad Provincial de El Collao-Ilave*.
- Municipalidad Provincial de Puno. 2009. *Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos urbanos de la Municipalidad Provincial de Puno-PIGAR* (documento de trabajo). Gobierno Municipal de la Provincia de Puno. Puno, Perú.
- Municipalidad Provincial de San Antonio de Putina. 2006. *Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos urbanos de la Municipalidad Provincial S.A. Putina-PIGAR*. Gobierno Municipal de la Provincia de San Antonio de Putina. Puno, Perú.
- Neveu-Lemaire, M. 1906. *Les lacs du haut plateaux de l'Amérique de Sud*. Publ. Miss. Scient. G. De Grequi Montior et E. Senechal de la Grande. París, Francia.
- OEA. 1996. *Diagnóstico ambiental del Sistema Titicaca- Desaguadero- Poopó y Salar de Coipasa Bolivia- Perú*. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente, Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, DC, Estados Unidos de América.
- OLDEPESCA et al. 1987. *Sinopsis biológica de las principales especies ictias del lago Titicaca*. Documento de Pesca 007. OLDEPESCA y Christian Berger. Lima, Perú.
- OMS-OPS, 2008. *Informe de inundaciones en el Perú*. Oficina Regional OMS. Lima, Perú.

- Orsag, V. 2009. "La contaminación de suelos con metales pesados en el occidente de Bolivia: Comprensión de la dinámica de los metales en el suelo y estrategias para su mitigación y recuperación". En: *Memorias del V Congreso Boliviano de la Ciencia del Suelo*. Oruro, Bolivia.
- Orsag, V. 2009. "Evaluación de recursos hídricos (ríos y pozos) para fines de riego en dos épocas del año (húmeda y seca), en las subcuencas de los ríos Poopó y Antequera". En: *Memorias del V Congreso Boliviano de la Ciencia del Suelo*. Oruro, Bolivia.
- Pareces, J. 2010. *Banco genético in vitro más grande del mundo*. Lima, Perú. <http://ciudadanojaimeparedes.blogspot.com/2010/08/banco-genetico-in-vitro-mas-grande-del.html>
- PELT. 2004. *Registro de inundaciones en la región de Puno*. Puno, Perú.
- PELT. 2008. *Uso actual de agua en el Sistema TDPS*. Puno, Perú.
- Pillco R. y A. Calizaya. 2008. "Hidrología y recursos hídricos en la cuenca de los lagos Poopó y Uru Uru". En: Rocha, O.O. y S. Aguilar (editores). *Bases técnicas para el plan de manejo del Sitio Ramsar Lagos Poopó y Uru Uru*. Pp. 9-27. Oruro, Bolivia.
- Piwandes, C. 2003. *Composición física de los residuos sólidos de la ciudad de Puno*. Centro de Investigación en Educación y Desarrollo. Puno, Perú.
- Plata, W. 2003. *Visiones de desarrollo en comunidades aymaras*. Fundación Tierra. La Paz, Bolivia.
- Population Reference Bureau. 1997. *Dinámica entre la población y medio ambiente*. Washington, DC, Estados Unidos de América.
- PNAD. 2005. *Programa nacional de apoyo directo a los más pobres*. PNAD. Lima, Perú.
- PNUD. 2004. *Índice de desarrollo humano en los municipios de Bolivia*. PNUD, INE y UDAPE. La Paz, Bolivia.
- PNUD. 2006. *Urbanización, geografía y desarrollo económico*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. La Paz, Bolivia.
- PNUD. 2007. *Índice de desarrollo humano*. Lima, Perú.
- PNUMA. 1996. *Diagnóstico ambiental del Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa (Sistema TDPS) Bolivia-Perú*. División de Aguas Continentales, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente (OEA), Comité Ad-Hoc de Transición de la Autoridad Autónoma Binacional del Sistema TDPS (Gobiernos de Perú y Bolivia). La Paz, Bolivia.
- PNUMA. 2001. *Diagnóstico e inventario de los recursos naturales de flora y fauna*. Autoridad Binacional de Lago Titicaca (Perú-Bolivia). La Paz, Bolivia.
- Population Reference Bureau. 1997. *Dinámica entre la población y medio ambiente*.
- PPO. 1996. *Proyecto piloto de Oruro*. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Secretaría Nacional de Minería. La Paz, Bolivia.
- Prada Alcoreza, R. 1997. *Análisis sociodemográfico: Poblaciones nativas*. Proyecto Bol/94/PO6, II Fase de Análisis de Datos de Censo Nacional de Población y Vivienda de 1992. INE-Bolivia y Ministerio de Hacienda. La Paz, Bolivia.
- Pratsi Catalá, J. 2000. *Las ciudades latinoamericanas en el umbral de una nueva época: La dimensión local de la gobernabilidad democrática y el desarrollo humano*.
- Quintanilla, J. 1985. "Sinopsis de las características físico-químicas del lago Titicaca y Poopó". La Paz, Bolivia. *Revista Idrobio*, volumen 24: 89-139.
- Quintanilla, J., O. Ramos y M.E. García. 2008. "Hidroquímica y contaminación de la cuenca de los



- lagos Poopó y Uru Uru". En: Rocha, O.O. y S. Aguilar (editores). *Bases técnicas para el Plan de Manejo del Sitio Ramsar Lagos Poopó y Uru Uru. Oruro - Bolivia*. Pp. 35-58. Viceministerio de Biodiversidad, Recursos Forestales y Medio Ambiente-MDRAYMA. La Paz, Bolivia.
- Ramos, Pedro, Silva, Lautaro. 1994. *Las comunidades collas, una base de datos para conocer su realidad social actual*. Fondart. Santiago, Chile.
- Rocha, O. 2002. Diagnóstico de los recursos naturales y culturales de los lagos Poopó y Uru Uru, Oruro-Bolivia. Convención RAMSAR, WCS/Bolivia. La Paz, Bolivia.
- Saignes, T. 1956. *Indian migration and social change in seventeenth-century*. Charcas, Méjico.
- Sebastien, M. 2009. *El retroceso de los glaciares andinos, ¿hacia una crisis del agua?* <http://www.bo.ird.fr/spip.php?article3634>.
- Servant, M. y S. Vildary. 1978. "Les Diatomees des sediments superficiels d' un lac salé chlorure, sulfate, sodique de L'Altiplano boliviene, Le Lac Poopó". Cah. ORSTOM., Ser. Geol., volumen X, número 1: 79-87.
- SIMBIOSIS, 2010. *Normativa ambiental Boliviana*. [www.simbiosis.com.bo](http://www.simbiosis.com.bo).
- Sistema Nacional de Defensa Civil. 2004. *Plan nacional de prevención y atención de desastres*. Decreto Supremo 01-A-2004-DE/SG. Lima, Perú.
- The Weather Channel. 2011. [www.weather.com/espanol](http://www.weather.com/espanol).
- Thomson, S. 2006. *Cuando sólo renacen los indios, la política aymara en la era de la insurgencia*. UMSA. 1993. *Sistema hidrológico del altiplano: Cuenca río Desaguadero (Bolivia)*. Informe final, Tomo II. CIID y CEEDI. La Paz, Bolivia.
- Urioste, M. 1992. *Fortalecer las comunidades, una utopía subversiva, democrática... y posible*. Fundación Tierra. La Paz, Bolivia.
- Urioste, M. et al. 2007. *Los nietos de la reforma agraria, tierra y comunidad en el altiplano de Bolivia*. Fundación Tierra. La Paz, Bolivia.
- USAID. 2009. *Evaluación de programas y proyectos*. Sede Regional de USAID. Lima, Perú.
- UTO-MINCO-FUNDECO-KOMEX. 2008. *Evaluación ambiental del lago Poopó y sus ríos tributarios*. Oruro, Bolivia.
- Vargas Bonilla, M. 2004. *Estudio de la migración interna en Bolivia*. Secretaría Técnica, Consejo de Población para el Desarrollo Sostenible (CO-DEPO), Ministerio de Desarrollo Sostenible, Viceministerio de Planificación. La Paz, Bolivia.
- Vázquez, H., J. Mesa, C. Mesa, T. Gisbert et al. 1994. *Manual de historia de Bolivia*. La Paz, Bolivia.
- Vining, B. 2006. *Hacia una imagen del espacio social de Tiwanaku: Perspectivas por medio de métodos geofísicos en el altiplano boliviano*.
- World Resources Institute. 2005. *Impactos de los servicios ecosistémicos*. WRI. Washington, DC, Estados Unidos de América.
- Yapuchura, A. 2002. *Evaluación económica de la pezca en el lago Titicaca*. Lima. Tesis de graduación. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

# **Lista de acrónimos y siglas**



<b>ADEPESCA</b>	Asociación de Empresarios Detallistas de Pescados y Productos Congelados
<b>ADRA</b>	Agencia Adventista para el Desarrollo y Recursos Asistenciales
<b>ALT</b>	Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca
<b>ANA</b>	Autoridad Nacional del Agua
<b>ANMIN</b>	Área Natural de Manejo Integrado Nacional
<b>ANP</b>	Áreas Naturales Protegidas
<b>APL</b>	Asociación de Productores de Leche
<b>APT</b>	Asociación de Productores de Trucha del Lago Titicaca
<b>ATDR</b>	Administración Técnica del Distrito de Riego de Puno
<b>BID</b>	Banco Interamericano de Desarrollo
<b>CAF</b>	Corporación Andina de Fomento
<b>CAN</b>	Comunidad Andina de Naciones
<b>CDP</b>	Centro de Desarrollo Pesquero
<b>CEDH</b>	Centro de Desarrollo Humano
<b>CEDESOS</b>	Centro de Desarrollo Sostenible
<b>CEPA</b>	Centro de Ecología y Pueblos Andinos
<b>CEPAL</b>	Comisión Económica para América Latina
<b>CIED</b>	Centro de Investigación, Educación y Desarrollo
<b>CIESE</b>	The Center for Innovation in Engineering and Science Education
<b>CIP</b>	Centro Internacional de la Papa
<b>CIPCA</b>	Centro de Investigación y Promoción del Campesinado
<b>CIRNMA</b>	Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente
<b>CO</b>	Monóxido de Carbono
<b>COCAWI</b>	Centro de Orientación y Capacitación Wiphala
<b>CONAMAQ</b>	Consejo Nacional de Ayllus y Marcas del Qollasuyo
<b>CORECAMI</b>	Coordinación Regional de Comunidades Afectadas por la Minería
<b>CORIDUP</b>	Coordinadora en Defensa de la Cuenca del Río Desaguadero y los Lagos Poopó y Uru Uru
<b>COV</b>	Compuestos Orgánicos Volátiles
<b>CSUTCB</b>	Confederación Sindical Única de Trabajadores Campesinos de Bolivia
<b>CUE</b>	Captura por Unidad de Esfuerzo
<b>CVIS</b>	Corredor Vial Interoceánico Sur
<b>DBO</b>	Demanda Biológica de Oxígeno

<b>DGOT</b>	Dirección General de Ordenamiento Territorial
<b>DIGESA</b>	Dirección General de Salud Ambiental
<b>DIREPE</b>	Dirección Regional de Pesca
<b>DIREPRO</b>	Dirección Regional de Producción
<b>DRA</b>	Dirección Regional Agraria
<b>EDA</b>	Enfermedades Diarreicas Agudas
<b>EIA</b>	Evaluación de Impacto Ambiental
<b>EMAGUA</b>	Entidad Ejecutora del Medio Ambiente y Agua
<b>EMAPA</b>	Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado
<b>EMSA</b>	Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno
<b>ENSO</b>	El Niño Southern Oscillation
<b>EPSAS</b>	Empresas Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
<b>FBC</b>	Fundación Bartolomé de las Casas
<b>FDCP</b>	Federación Departamental de Campesinos de Puno
<b>FDTPFACTL</b>	Federación Departamental de Trabajadores Pesqueros, Forrajeros, Artesanos y Comerciantes del Lago Titicaca, Ríos y Lagunas del Departamento de La Paz
<b>FEDERH</b>	Asociación Fe y Derechos Humanos
<b>FMPEIR</b>	Metodología Fuerzas Motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuestas
<b>FOBOMADE</b>	Foro Boliviano sobre Medio Ambiente y Desarrollo
<b>FONAMA</b>	Fondo Nacional para el Medio Ambiente
<b>FUNDECO</b>	Fundación para el Desarrollo de la Ecología
<b>GEO</b>	Global Environmental Outlook
<b>GIRH</b>	Gestión Integral de Recursos Hídricos
<b>GRP</b>	Gobierno Regional de Puno
<b>GRSU</b>	Geographic Remote Sensing Unit
<b>IBA</b>	Importan Bird Areas
<b>IBTEN</b>	Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear
<b>IDH</b>	Índice de Desarrollo Humano
<b>IDS</b>	Corporación Ingeniería, Desarrollo y Sociedad
<b>IMARPE</b>	Instituto del Mar del Perú
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística de Bolivia

<b>INEI</b>	Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú
<b>INRENA</b>	Instituto Nacional de Recursos Naturales de Perú
<b>IRA</b>	Infecciones Respiratorias Agudas
<b>IRD</b>	Institut de Recherche pour le Développement
<b>ISA</b>	Instituto Socio Ambiental
<b>ISADH</b>	Instituto Sur Andino de Derechos Humanos
<b>ISAIAS</b>	Instituto Sur Andino de Investigación y Acción Solidaria
<b>JICA</b>	Japan International Cooperation Agency
<b>LIDEMA</b>	Liga de Defensa del Medio Ambiente
<b>MACA</b>	Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios
<b>MAPZA</b>	Manejo de Áreas Protegidas y Zonas de Amortiguación
<b>MDL</b>	Mecanismo de Desarrollo Limpio
<b>MINAM</b>	Ministerio del Medio Ambiente de Perú
<b>MMAyA</b>	Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia
<b>NBI</b>	Necesidades Básicas Insatisfechas
<b>NO<sub>x</sub></b>	Óxidos de Nitrógeno
<b>OD</b>	Oxígeno Disuelto
<b>OEA</b>	Organización de Estados Americanos
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>ONG</b>	Organización No Gubernamental
<b>ONU</b>	Organización de las Naciones Unidas
<b>OPS</b>	Organización Panamericana de la Salud
<b>OSPA</b>	Organizaciones Sociales de Pescadores Artesanales de la Región Puno
<b>PDSLIT</b>	Proyecto de Desarrollo Sostenible del Lago Titicaca
<b>PEA</b>	Población en Edad de Trabajar
<b>PELT</b>	Proyecto Especial del Lago Titicaca
<b>PETT</b>	Programa Especial de Titulación de Tierras
<b>PIB</b>	Producto Interno Bruto
<b>PIGARS</b>	Programas Integrados de Gestión de Residuos Sólidos
<b>PME</b>	Programa Municipios Ecoeficientes
<b>PN</b>	Parque Nacional
<b>PNA</b>	Política Nacional del Ambiente

<b>PNACC</b>	Programa Nacional de Adaptación al Cambio Climático
<b>PNUD</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
<b>PNUMA</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>PROINPA</b>	Fundación para la Promoción en Investigación de Productos Andinos
<b>PROSUKO</b>	Programa Suka Kollos
<b>PTAR</b>	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
<b>REDD</b>	Reducción de Emisiones producidas por la Deforestación y la Degradación forestal
<b>SEDA</b>	Empresa Municipal de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Juliaca
<b>SEMILLA</b>	Centro de Servicios Múltiples y Apoyo al Desarrollo
<b>SENAMHI</b>	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
<b>SENASBA</b>	Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico
<b>SER</b>	Asociación Servicios Educativos Rurales
<b>SERNANP</b>	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas
<b>SERNAP</b>	Servicio Nacional de Áreas Protegidas
<b>SIG</b>	Sistema de Información Geográfica
<b>SINANPE</b>	Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado
<b>SNHN</b>	Servicio Nacional de Hidrografía Naval
<b>SUBCOMILAGO</b>	Subcomisión Mixta para el Desarrollo de la Zona de Integración del Lago Titicaca
<b>TGF</b>	Tasa Global de Fecundidad
<b>UMSA</b>	Universidad Mayor de San Andrés
<b>UNA</b>	Universidad Nacional del Altiplano
<b>UNESCO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Educación y la Cultura
<b>UOB</b>	Unidad Operativa Boliviana
<b>USAID</b>	United States Agency for International Development
<b>UTO</b>	Universidad Técnica de Oruro
<b>VBP</b>	Valor Bruto de la Producción
<b>VDRA</b>	Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario
<b>WRI</b>	World Resources Institute
<b>TDPS</b>	Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa
<b>ZEE</b>	Zonificación Ecológica Económica

# Anexos







# ANEXO 1

## Población de los municipios que abarca el Sistema TDPS

### BOLIVIA

#### DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Provincia	Municipio	Población
Murillo	El Alto	649.958
Omasuyos	Achacachi	77.109
	Huarina <sup>a</sup>	
	Santiago de Huata <sup>a</sup>	
	Ancoraimes	15.199
Pacajes	Coro Coro	11.901
	Calacoto	8.818
	Comanche	3.862
	Charaña	2.766
	Waldo Ballivián	1.657
	Nazacara	267
	Santiago de Callapa	8.099
Camacho	Puerto Acosta	28.201
	Escoma <sup>b</sup>	
	Humanata <sup>b</sup>	
	Mocomoco	13.950
Ingavi	Puerto Carabuco	16.499
	Viacha	46.596
	Guaqui	7.552
	Tiwanaku	11.309
	Desaguadero	4.981
	San Andrés de Machaca	6.299
	Jesús de Machaca	13.247
Los Andes	Taraco	5.922
	Pucarani	26.802
	Laja	16.311
	Batallas	18.693
Aroma	Puerto Pérez	7.830
	Sica Sica	26.818
	Umala	9.583
	Ayo Ayo	6.981
	Calamarca	12.112
	Patacamaya	20.039

Provincia	Municipio	Población
Aroma...	Colquencha	8.020
	Collana	2.927
Manco Kápac	Copacabana	14.586
	San Pedro de Tiquina	6.093
	Tito Yupanqui	2.213
Gualberto Villarroel	Sn. Pedro de Curawara	8.103
	Papel Pampa	6.053
	Chacarilla	1.566
J.M. Pando	Santiago de Machaca	4.402
	Catacora	1.735
Bautista Saavedra	Curva	2.213
Franz Tamayo	Gral. Juan J. Pérez	9.269
	Pelechuco	5.115
Inquisivi	Colquiri	18.679
	Ichoca	6.839
Larecaja	Sorata	18.932
	Guanay	11.528
Loayza	Yaco	7.866
Muñecas	Chuma	12.874
<b>Total sector La Paz</b>		<b>1.228.374</b>

### DEPARTAMENTO DE ORURO

Provincia	Municipio	Población
Cercado	Oruro	201.504
	Caracollo	20.619
	El Choro	5.710
	Soracachi	13.978
Avaroa	Challapata	24.370
	Santiago de Quillacas	3.305
Sajama	Curawara de Carangas	5.278
	Turco	3.818
Carangas	Corque	8.548
	Choquecota	1.957
Litoral	Huachacalla	1.650
	Escara	863
	Cruz de Machaca	869
	Yunguyo del Litoral	221
	Esmeralda	952
Poopó	Poopó	6.163
	Pazña	5.469
	Antequera	3.352

Provincia	Municipio	Población
Dalence	Huanuni	19.428
	Machacamarca	4.180
Ladislao Cabrera	S. de Garci Mendoza	8.723
	Pampa Aullagas	2.975
Atahuallpa	Sabaya	4.684
	Coipasa	616
	Chipaya	1.814
Saucarí	Toledo	7.763
Tomás Barrón	Eucaliptus	5.424
Sur Carangas	Andamarca	4.588
	Belén de Andamarca	1.548
San Pedro de Totora	Totora	4.941
Sebastián Pagador	Santiago de Huari	10.221
Mejillones	La Rivera	390
	Todos Santos	387
	Carangas	353
	Huayllamarca	5.790
<b>Total sector Oruro</b>		<b>392.451</b>
<b>Total sector Bolivia</b>		<b>1.620.825</b>

## PERÚ

### DEPARTAMENTO DE PUNO

Provincia	Distrito	Población
Yunguyo	Copani	5.436
	Yunguyo	28.367
	Cuturapi	1.598
	Ollaraya	4.644
	Tinicachi	1.490
	Unicachi	3.571
	Anapia	2.294
Chucuito	Pisacoma	12.151
	Kelluyo	17.869
	Huacullani	14.906
	Desaguadero	20.009
	Zepita	19.796
	Pomata	17.787
	Juli	23.741

Provincia	Distrito	Población
Lampa	Santa Lucía	7.692
	Cabanilla	5.573
	Paratia	5.257
	Ocuviri	2.655
	Vilavila	2.380
	Pucara	6.060
	Lampa	11.329
	Palca	3.027
	Nicaso	2.756
	Calapuja	1.494
Melgar	Llalli	3.907
	Cupi	2.572
	Umachuri	4.104
	Ayaviri	22.667
	Macari	7.971
	Santa Rosa	6.943
	Orurillo	10.457
	Nuñoa	11.121
Carabaya	Antauta	4.993
	Crucero	8.474
Puno	Ajoyani	1.938
	Pichacani	5.608
Puno	Acora	28.676
	Platería	8.268
	Chucuito	7.913
	Puno	125.663
	San Antonio	2.570
	Tiquillaca	2.053
	Mañazo	5.451
	Vilque	3.123
	Paucarcolla	4.864
	Huata	6.682
	Coata	7.387
	Capachica	11.387
	Amantani	4.255
	Atuncolla	5.333
	Moho	Huayrapata
Moho		17.042
Comina		3.517
Titali		3.106

Provincia	Distrito	Población
Huancané	Huancané	21.089
	Pusi	6.516
	Taraco	14.657
	Huatasani	4.156
	Inchupalla	3.586
	Vilque Chico	9.527
	Rosapata	5.637
Azángaro	Cojata	4.354
	Saman	14.314
	Chupa	13.746
	Caminaca	3.828
	Achaya	3.971
	Arapa	8.485
	Pupuja	5.792
	San Julián Salinas	4.034
	Choquehuanca	5.189
	Azángaro	27.823
	Tirapata	3.129
	Asillo	17.215
	San José	5.984
Muñani	7.582	
San Anton	9.145	
Potoni	6.592	
Juliaca	Cabanillas	5.180
	Cabana	4.392
	Juliaca	225.146
El Collao	Caracato	6.058
	Santa Rosa	6.663
	Conduriri	4.277
	Ilave	54.138
	Pilcuyo	14.151
S.A. de Putina	Capazo	1.830
	Putina	20.792
	Vilca Apaza	2.523
	Quilcapuncu	5.131
	Ananea	20.572
Sandia	Sina	1.472
	Cuyo Cuyo	5.355
<b>Total sector Perú</b>		<b>1.148.112</b>

## CHILE

### XVª REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA

Provincia	Comuna	Población
Parinacota	Putre	1.671
	General Lagos	879

### Iª REGIÓN DE TARAPACÁ

Provincia	Comuna	Población
Tamarugal	Colchane	1.474
	Pica	3.498
	Huara	1.536
<b>Total sector Chile</b>		<b>9.058</b>
<b>TOTAL TDPS</b>		<b>2.777.995</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los últimos censos realizados: en Bolivia el 2001, en Perú el 2007 y en Chile el 2006.

<sup>a</sup> Municipios de reciente creación, desprendidos de Achacachi, ambos ejercen su autonomía a partir de las elecciones municipales de abril de 2010. Su población aparece incluida en la de Achacachi.

<sup>b</sup> Municipios de reciente creación, desprendidos de Puerto Acosta, ambos ejercen su autonomía a partir de las elecciones municipales de abril de 2010. Su población aparece incluida en la de Puerto Acosta.



# ANEXO 2

## Principales condiciones fisicoquímicas de las subcuencas del Sistema TDPS

Cuenca	Estación	Punto de referencia de monitoreo	pH	Conductividad (µS/cm)	Turbiedad (NTU)	O (ppm)	Temperatura °C	Salinidad %	S.T.D. mg/L	Oxígeno %	
											Prom.
Río Desaguadero	Río Desaguadero	Puente Binacional	8,55	685,95	5,58	9,88	16,5	1,27	555,3	113	
		Puente Nuevo	8,91	660,69	2,08	8,17	15,7	1,20	545,5	98,6	
Río Ilave	Río Ilusta	Puente Ilusta	8,305	163,10	3,01	8,6075	16,2	0,23	112,975	103,9	
	Río Sta. Rosa de Mazocruz	Puente Sta. Rosa de Mazocruz	8,07	65,39	3,60	8,05	17,7	0,05	42,1	98,8	
	Río Conduriri	Puente Conduriri	8,33	52,79	2,08	7,6	17,5	0	35,4	93,175	
	Río Huenque	Puente Huenque (Uncallani)	8,3925	245,62	1,84	8,28	15,3	0,40	165,7	95,975	
	Río Ilave	Aguas arriba de Ilave	7,84	224,83	5,45	8,66	12,6	0,35	145,475	89,8	
		Altura de la laguna de Estabilización	7,975	255,50	12,85	9,495	14,8	0,40	160,5	104,55	
Río Coata	Río Cerrillos	Puente Cerrillos	8,7875	339,20	1,81	9,88	14,0	0,53	205,75	108,3	
	Río Paratia	Entrada MINSUR	7,69	56,95	1,60	8,2925	11,375	0,22	14,4	86,175	
		Salida MINSUR	7,4975	94,68	11,26	9,62	14,9	0,08	52	110,2	
	Río Verde	Puente Choroma	6,66	599,53	5,42	9,31	11,6	1,1	350,5	96,7	
	Río Cabanillas	Aguas debajo de Cabanillas	7,60	418,33	31,17	9,15	11,85	0,8025	320,0	92,9	
	Río Lampa	Puente Lampa	8,025	125,66	14,38	9,54	16,8	0,15	73,6	110,7	
	Río Coata	Puente Unocolla	8,23	396,76	12,14	10,72	15,6	0,7	205,4	122,9	
		Aguas arriba de Coata	7,78	490,56	15,56	8,34	12,0	0,90	282,0	81,975	
	Río Huancané	Río Putina	Puente Ichocollo (Quilca)	8,15	222,68	3,46	8,7625	15,95	0,25	146,5	92,0
			Puente Putina	8,285	377,94	5,54	10,50	16,7	0,65	229,8	105,175
Río Ramis	Río Huancané	Puente Muñani	8,2225	256,35	10,65	8,14	15,3	0,4525	174,375	86,9	
		Puente Huancané	8,19	607,33	5,08	9,57	14,7	1,0775	349,8	102,5	
	Río Ocuviri	Puente Ocuviri	7,17	257,00	9,06	7,3275	12,6	0,4	161,4	80,5	
	Río Llalli	Puente Llalimayo	8,1	290,47	3,29	8,65	16,7	0,5025	222,275	102,775	
	Río Santa Rosa	Puente Santa Rosa Melgar	7,6725	587,33	7,61	9,21	16,85	1,08	342,3	108,3	
	Río Umachiri	Puente Umachiri	8,35	224,24	2,95	9,86	17,5	0,35	136,9	122,925	
	Río Antauta	Aguas Abajo Mina San Rafael	6,93	248,52	9,02	8,05	14	0,4525	167,7	85,1	
	Río Ananea	Laguna Pampa Blanca	6,25	34,37	456,60	8,02	8,9	0,0	17,1	79,0	
		Río Ananea	6,4325	127,76	323,40	8,21	12,45	0,20	84,5	83,825	



Cuenca	Estación	Punto de referencia de monitoreo	pH	Conductividad (µS/cm)	Turbiedad (NTU)	O (ppm)	Temperatura °C	Salinidad %	S.T.D. mg/L	Oxígeno %
	Río Crucero	Puente Potoni	7,91	145,52	9,06	9,2775	10,575	0,28	101,025	93,9
	Río Progreso	Puente Sillota	8,33	168,31	4,39	8,47	13,9	0,28	118,3	92,075
	Río Palmera	Río San Antón	8,105	166,34	3,03	8,80	13,6	0,23	122,9	95,575
	Río San Antón	Aguas abajo San Antón	8,0975	172,51	4,28	8,89	13,475	0,28	120,3	97,9
	Río Asillo	Puente Asillo	8,0425	337,59	6,53	8,48	15,1	0,6025	220,0	90,825
	Río Azángaro	Puente San José	7,75	443,81	2,83	7,60	12,7	0,8275	266,1	77,2
		Puente Azángaro	8,23	281,32	6,77	8,33	13,1	0,4775	183,5	84,3
	Río Ayaviri	Puente Ayaviri Entrada	8,48	296,07	8,73	9,735	17,1	0,525	173,025	114,0
		Puente Ayaviri Salida	8,19	319,79	3,60	10,53	16,6	0,58	182,4	123,9
	Río Ramis	Puente Samán	8,24	303,41	4,35	8,33	13,075	0,5	186,8	84,0
Río Suches	Laguna Suches	Efluente de la Laguna	6,905	19,94	16,67	8,55	12,525	0,0	14,8	85,275
	Río Lunar de Oro	Sta. Bárbara (La Rinconada)	3,17	300,70	72,10	9,71	7,825	0,5325	269,0	94,9
	Río Trapiche	Puente Trapiche	6,37	23,58	115,80	8,44	12,1	0,0	18,5	88
	Río Suches	Puente Ramón Castilla	6,755	34,15	54,55	8,71	12,3	0,0	25,1	93,2

Fuente: PELT-ALT.

## Principales condiciones bioquímicas de las subcuencas del Sistema TDPS

Cuenca	Estación	Punto de referencia de monitoreo	NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (mg/l)	P (mg/l)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	Coliformes fecales NMP/100ml
Río Desaguadero	Río Desaguadero	Puente Binacional	0,3978	1,30	0,603	0,244	0,558	235,85	27,07	2.000
		Puente Nuevo	0,3584	1,16303	0,242	0,100	0,227	239,19	38,67	300
Río Ilave	Río Llusta	Puente Llusta	0,3574	0,95	0,659	0,197	0,448	114,11	46,33	2.800
	Río Sta. Rosa de Mazocruz	Puente Sta. Rosa de Mazocruz	0,4147	1,05078	0,318	0,103	0,237	111,03	21,83	2.100
	Río Conduriri	Puente Conduriri	0,5768	0,96763	0,421	0,134	0,305	72,05	31,33	1.500
	Río Huenque	Puente Huenque (uncallani)	0,4717	0,81	0,434	0,141	0,318	120,33	31,90	1.500
	Río Ilave	Aguas arriba de Ilave	0,6118	1,38	0,557	0,173	0,393	112,34	32,47	700
		Altura de la laguna de estabilización	0,5099	2,31	1,518	0,556	1,266	98,61	20,23	3.600
Río Coata	Río Cerrillos	Puente Cerrillos	0,3812	1,06	0,818	0,264	0,585	183,78	31,47	700

Cuenca	Estación	Punto de referencia de monitoreo	NO <sub>2</sub> -N		NO <sub>3</sub> -N		(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>		P		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		DBO <sub>5</sub>		Coliformes fecales	
			(mg/l)	Prom.	(mg/l)	Prom.	(mg/l)	Prom.	(mg/l)	Prom.	(mg/l)	Prom.	(mg/l)	Prom.	(mg/l)	Prom.	(mg/l)	Prom.
Río Huancané	Río Paratía	Entrada MINSUR	0,5300		0,84		0,269		0,083		0,187		21,86		36,43		1.100	
		Salida MINSUR	0,6724		1,0963		0,631		0,236		0,541		58,35		60,47		1.500	
		Río Verde	0,3802		0,91		0,455		0,187		0,423		184,49		45,77		2.000	
		Río Cabanillas	0,6076		1,3155		0,692		0,234		0,538		150,49		48,17		640	
		Río Lampa	0,4453		1,94		0,386		0,119		0,273		34,38		44,77		750	
		Río Coata	0,2617		1,87698		0,613		0,216		0,495		112,99		70,63		2.300	
			0,9199		1,76315		4,259		1,750		3,947		137,15		27,80		1.100	
		Río Putina	0,5105		1,91313		0,580		0,218		0,496		186,83		37,03		1.500	
			0,4879		2,58		0,190		0,052		0,110		219,53		55,03		11.000	
			0,3563		1,30		0,200		0,042		0,096		238,98		42,40		7.500	
			0,3962		3,67		0,318		0,086		0,196		242,28		36,50		390	
			0,3619		1,81		0,577		0,204		0,468		164,91		45,73		21.000	
			0,3327		1,48		0,553		0,213		0,486		201,84		50,60		16.000	
			0,4408		1,08		0,240		0,075		0,177		253,97		76,27		12.000	
Río Ramis		Puente Umachiri	0,3081		0,65		0,731		0,273		0,625		142,33		0,80		21.000	
		Río Lialli	1,2767		1,14		0,181		0,066		0,153		434,50		30,40		400	
		Río Santa Rosa	4,4140		7,06607		0,263		0,123		0,218		678,67		62,43		600	
		Río Umachiri	47,1937		175,80		4,240		1,118		2,400		466,08		38,17		2.000	
		Río Antauta	7,7952		12,35		0,369		0,143		0,321		161,08		41,23		24.000	
		Río Lunar de Oro	0,5255		3,28		0,266		0,081		0,183		199,75		47,07		1.100	
		Río Ananea	0,3910		2,13815		0,216		0,068		0,151		195,58		29,47		700	
		Río Crucero	0,3300		0,58		0,251		0,093		0,209		145,25		33,57		1.600	
		Río Progreso	0,3726		3,14		0,217		0,073		0,166		164,58		54,20		11.000	
		Río Palmira	0,4086		1,00		0,188		0,077		0,179		320,17		37,40		6.400	
		Río San Antón	0,261925		1,95155		0,203		0,078		0,093		269,37		38,50		3.600	
		Río Azángaro	0,3383		2,56		0,286		0,080		0,187		203,30		65,47		7.500	
			0,2965		1,91393		0,696		0,255		0,588		139,72		43,30		24.000	
		Río Ayaviri	0,2883		2,7013		0,351		0,116		0,268		153,80		50,97		1.100	
Río Suches	Río Ramis	Puente Ayaviri Entrada	0,3674		3,36		0,384		0,102		0,233		176,08		43,43		300	
	Laguna Suches	Puente Ayaviri Salida	0,4352		1,24		0,214		0,049		0,112		74,65		77,20		1.100	
	Río Trapiche	Efluente de la Laguna	4,219675		11,96		0,430		0,133		0,359		65,75		41,83		9.300	
	Río Suches	Puente Trapiche	2,507375		11,04		0,317		0,123		0,286		68,07		45,10		700	

Fuente: PELT-ALT.



Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)  
Oficina Regional para América Latina y el Caribe  
Avenida Morse, Edificio 103. Clayton, Ciudad del Saber  
Panama City, Panamá. Apdo. Postal: 03590-0843

Teléfono: (+507) 305-3100 / Fax: (+507) 305-3105  
<http://www.pnuma.org> Correo electrónico: [enlace@pnuma.org](mailto:enlace@pnuma.org)

[www.unep.org](http://www.unep.org)

United Nations Environment Programme  
P.O. Box 30552 - 00100 Nairobi, Kenya  
Tel.: +254 20 762 1234  
Fax: +254 20 762 3927  
e-mail: [unepub@unep.org](mailto:unepub@unep.org)  
[www.unep.org](http://www.unep.org)

