

## **CAPTULO - II ESTUDIO DE AREA**

## CAPITULO II

### AREA DEL ESTUDIO

#### 1. CONDICIONES NATURALES

##### 1.1 UBICACION

El área específica del estudio (53 km<sup>2</sup>, ver *Figura 1.1*) se localiza en la Ciudad de Puno, (96,717 habitantes en 1995) incluyendo sus montañas circundantes y el Interior de la Bahía del Lago Titicaca. La Ciudad de Puno está principalmente construida alrededor de las orillas occidentales de la Bahía Interior de Puno (17 km<sup>2</sup>), que a su vez forma parte de la misma Bahía de Puno (550 km<sup>2</sup>) consolidando una gran bahía localizada en la esquina noroeste del Lago Titicaca (8,167 km<sup>2</sup>).

El Lago Titicaca está situado a una altitud de 3,810 m., y la ciudad se extiende hacia las pendientes de sus montañas circundantes hasta aproximadamente 4,200 m (en promedio). El área de estudio por consiguiente forma una unidad de cuenca cerrada dentro de la misma área de la cuenca del Lago Titicaca.

##### 1.2 TOPOGRAFÍA, GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

###### (1) Topografía

El área de estudio de la cuenca consiste principalmente en montañas empinadas con cuestas entre los 20° - 45°. Estas son altas (4,500 m) y empinadas en la parte oeste detrás de la ciudad de Puno donde consisten principalmente en conos volcánicos extintos. Al lado este del área de estudio, la Bahía Interior de Puno está limitado por dos penínsulas (Chulluncu al norte y Chimu al sur), las cuales aísla parcialmente de la parte principal (exterior) de la Bahía de Puno. La distancia entre los puntos de las dos penínsulas es aproximadamente de 2 km. y está ocupada por un banco de lodo con vegetación continua, separados por dos estrechos canales de navegación que conectan la Bahía Interior y Exterior de Puno.

Solo existen dos valles de tamaño significativo en la cuenca de Puno. Ambos se localizan en el sudoeste, siendo el más grande el valle de Jayllihuaya (17.5 km<sup>2</sup>) y el otro es el valle de Salcedo. En total, la cuenca de Puno contiene 123 ríos y

arroyos, canales de agua pluvial o drenajes que colectan y descargan las aguas hacia la Bahía Interior de Puno. Los caudales varían desde cero en las estaciones secas hasta un máximo de algunos m<sup>3</sup>/seg. en estaciones de lluvia.

## (2) Geología

Las montañas de la cuenca de Puno son principalmente de origen ígneo, pero también existen áreas considerables de rocas sedimentarias y metamórficas. Las áreas bajas están compuestas por sedimentos aluviales y lacustres.

## 1.3 CLIMA

El altiplano peruano no tiene un clima tropical típico debido a su altitud. El clima de la Ciudad de Puno es clasificado como frío y semi-húmedo con una temperatura promedio relativamente baja y las estaciones marcadamente lluviosas y secas. En Puno, la temperatura promedio anual (1930-1998) es de 8.7°C, con promedios mensuales que van desde un máximo de 10.4°C (Diciembre) a un mínimo de 6.0°C (Julio). Este es el clima más moderado del altiplano peruano y es debido a su altitud relativamente baja y a su proximidad al Lago Titicaca cuya temperatura nunca baja de los 10°C.

La lluvia en Puno esta determinada principalmente por la latitud y la altitud y por una pequeña extensión creada por las condiciones topográficas de sus montañas circundantes y su distancia al lago. El promedio anual de lluvia en Puno (1964-1998) es de 711.3 mm. Este oscila entre 391.4 mm (1966) y 1,290.6 mm (1984). Hay una marcada estación de lluvia que comienza en Noviembre y finaliza en Marzo que es cuando ocurre el 79% de la lluvia anual, los períodos de transición son entre Abril y Septiembre/Octubre. En el período invernal seco (Mayo - Agosto) sólo ocurre el 3.8% de las precipitaciones anuales, con un cero por ciento de lluvia según el registro pluvial tomados en estos meses.

Los índices de evaporación son altos y exceden a las precipitaciones anuales. Los índices máximos ocurren entre Septiembre y Diciembre con un promedio de 200.2 mm/mes. Los índices mínimos ocurren durante los meses fríos de Mayo a Agosto con un promedio de 145.6 mm/mes. En conjunto, durante el año la evaporación totaliza aproximadamente 2,000 mm, equivalente a aproximadamente tres veces de la lluvia anual.

La presión atmosférica en Puno es de 61.2% de la presión a nivel del mar. Hay pequeñas variaciones estacionales con valores promedio que van de 645.2 mb (Noviembre y Diciembre) a 646.7 mb (Mayo). Las direcciones del viento dominante observadas, contra la playa durante el día y contra el lago por la noche son responsables de las ligeras diferencias de presión entre la cuenca de Puno y el Lago Titicaca.

Sólo se dispone de las estadísticas detalladas de viento entre Junio de 1995 a Mayo de 1996, las que consisten en el estudio de la velocidad del viento y también de las direcciones tomadas durante el día a las 07.00, 13.00, y 19.00 horas. A las 07.00 las condiciones en Puno son generalmente calmadas, en las mañanas con viento, las direcciones dominantes fueron de E a SE (contra la orilla, 19.1% de las ocasiones) y NO (9.0% de las ocasiones). A las 13.00 horas, la dirección fuertemente dominante provenía del este (73.7% de las ocasiones). A las 19:00 horas, las direcciones dominantes provinieron del S, O-SO y del E. Las velocidades medias del viento fueron bajas, oscilando entre 1.0 m/s y 6.5 m/s.

Puno tiene un clima generalmente soleado, con un promedio anual de 8.2 horas/día. Los meses más soleados ocurren en el invierno seco y en los meses de transición, el mes de Julio tiene el promedio mas alto (9.6 horas/día). La temporada menos soleada ocurre durante la estación lluviosa de verano siendo la media mas baja en Enero (6.2 horas/día).

#### 1.4 HIDROLOGÍA

El valor cero del Lago Titicaca es de 3,809.93 m.s.n.m. El lago Titicaca sufre los cambios de nivel en una escala de tiempo de varios años. Desde 1910, el rango de variación inter anual ha sido 6.37 m en Puno. El nivel absoluto mas alto es de 3,812.58 m (en Abril de 1986) y el absoluto mas bajo es 3,806.21 m (en Diciembre de 1943). El rango anual de los niveles han variado entre 1.80 m (en 1986) y 0.04 m (en 1983). (Roche, M.A., Bourgas, J., Cortés, J. Y Mattos, R. 1992. Climatología e Hidrología de la Cuenca del Lago Titicaca. En: C. Dejoux y A. Iltis (Editores). Lago Titicaca: Síntesis del Conocimiento Limnológico. ISBN 0-7923-1663-0. Kluwer, The Netherlands. Pp63-88).

El lago Titicaca es alimentado por los afluentes de los ríos circundantes y por las lluvias que caen directamente al lago. Las perdidas son ocasionadas por la

evaporación y desembalse que salen por el río Desaguadero. Para un equilibrio acuático de toda el área de captación y del lago, se estima una evaporación entre 1,628-1,720 mm/año.

El área de captación de la Bahía Interior de Puno es de aproximadamente 35 km<sup>2</sup> y es mucho más pequeño que la Bahía Exterior de Puno (4,650 km<sup>2</sup>) o que el total del Lago Titicaca (49,010 km<sup>2</sup>). El nivel de agua de la Bahía Interior de Puno muestra una fluctuación anual similar a la precipitación, aunque la evaporación no muestra fluctuación significativa. Por consiguiente, el nivel de agua de la Bahía Interior de Puno depende fuertemente de los afluentes de los principales ríos.

## **2. CONDICIONES SOCIOECONOMICAS**

### **2.1 ECONOMÍA**

#### **(1) La Economía Peruana**

La economía peruana ha crecido rápidamente desde 1993, pero el crecimiento ha sido desequilibrado. El sector industrial permanece subdesarrollado, existiendo aún una gran dependencia de las exportaciones mineras. La agricultura contribuye al 13% de PBI total, siendo aún un importante proveedor de empleo. Por el contrario, la minería con un 40% del total de las exportaciones, tan solo contrata el 1% de la población activa. A pesar de las impresionantes figuras para el crecimiento económico, la expansión económica no ha tenido lugar.

#### **(2) La Economía del Departamento de Puno**

La producción total del Departamento de Puno (S/. 2,442 millones, en bienes y servicios) fue de 1.9% del Producto Bruto Interno (PBI) en 1996. La actividad principal fue la agricultura, caza y silvicultura que contribuyeron al 20.9% del PBI de Puno, seguido por el comercio, restaurantes y hoteles con 15.7% y otros servicios con 18.4%.

En la Región de Moquegua-Tacna-Puno, el PBI de Puno contribuyó con 47.7% en 1970 y 35.8% en 1995. El PBI de Puno ha registrado un crecimiento anual promedio de 1.6% en el periodo de 1970-95.

En el periodo de 1990-95 se registró una recuperación de la producción, que se reflejó en la economía regional y departamental de Puno, ambos con 6.4%. (En 1997 el crecimiento económico de Puno fue 7.0%)

## 2.2 POBLACIÓN

La *Tabla II.2.1* muestra la población en el pasado y a futuro (al 2025), número de familias y viviendas en la ciudad de Puno desde 1972 a 2025.

**TABLA II.2.1 POBLACIÓN, FAMILIAS Y VIVIENDAS DE PUNO**

	Year	Numbers of			Average Sizes			Annual Increase Ratio	
		Population	Families	Households	Family	Household	Family	Household	
		(1)	(2)	(3)	(1)/(2)	(1)/(3)			
Actual	1972	40,453	8,370	8,274	4.83	4.89	-0.90%	-0.61%	
	1981	67,628	13,790	12,796	4.90	5.29			
	1993	91,877	22,969	21,372	4.00	4.30			
	1995	96,717	24,179	23,115	4.00	4.18			
Projections	1998	108,457	28,363	26,014	3.82	4.17	-0.90%	-0.61%	
	2000	114,579	30,509	27,821	3.76	4.12			
	2005	129,888	36,179	32,519	3.59	3.99			
	2010	145,201	42,307	37,483	3.43	3.87			
	2015	160,508	48,922	42,724	3.28	3.76			
	2020	174,287	55,569	47,834	3.14	3.64			
	2025	185,004	61,704	52,355	3.00	3.53			

## 2.3 USO DE SUELOS

### (1) Uso de Suelos Existente de la Ciudad de Puno

La Ciudad de Puno tiene 108,457 habitantes<sup>1)</sup>, con un área de 2,179.1 he<sup>2)</sup>, y una densidad de población bruta de 52 hab./he. El área construida cubre el 74% (1,613.4 he.) del área total de la ciudad, y la densidad de la población en el área construida es de 67 hab/he. El resto del área está compuesto por áreas proyectadas para viviendas aprobadas, áreas pre-urbanas en la periferia urbana, colinas e islas. [<sup>1)</sup> Según los

datos actualizados del INEI del año 1998, <sup>29</sup> Basado en las mediciones en el mapa de uso de suelos existente de INADUR].

El uso residencial es un modelo de uso de tierra predominante, con 86% (incluyendo las áreas proyectadas para viviendas aprobadas) del área total de la ciudad.

## **(2) Plan Futuro de Uso de Tierras**

En la propuesta general de zonificación realizado por INADUR, el uso residencial fue predominante, con 66% del total del área en el año 2010, la cual contiene las áreas de tratamiento especial (25%) y el área comercial (3%). En el segundo, se incluyen el área para uso turístico-recreativo y áreas de forestación, el cual refleja el enfoque especial del plan hacia la descontaminación del Lago Titicaca, así como el refuerzo de la actividad turística. El área total de la ciudad se extenderá a 3,553.3 he. en las cuales 2,941.6 he. (83%) serán asignadas como área de construcción.

La *Figura II.2.1* muestra el plan futuro de uso de suelos para el año 2025 revisado en este estudio.

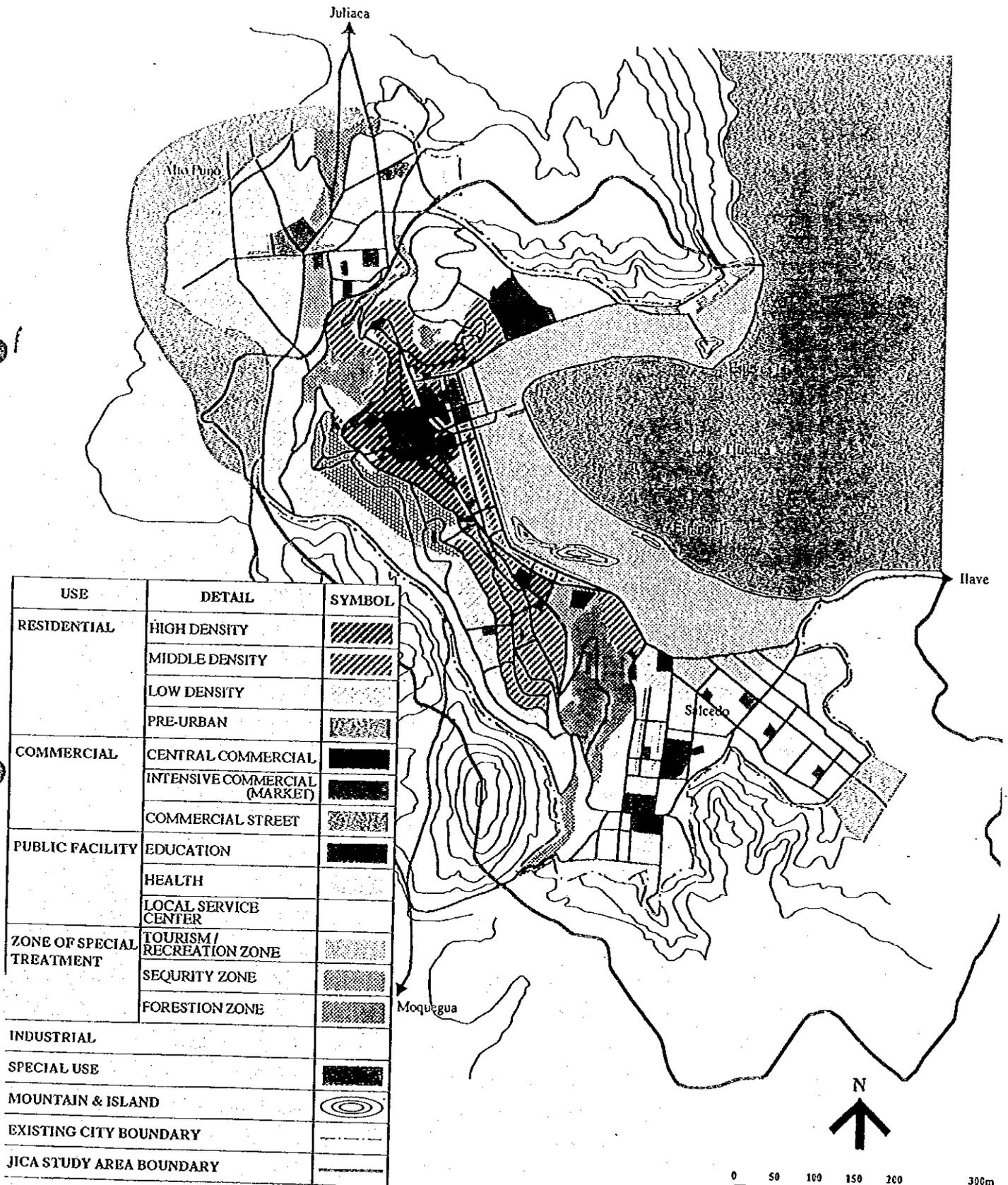


Figura II.2.1 Revisión del Modelo de Uso de Suelos Futura

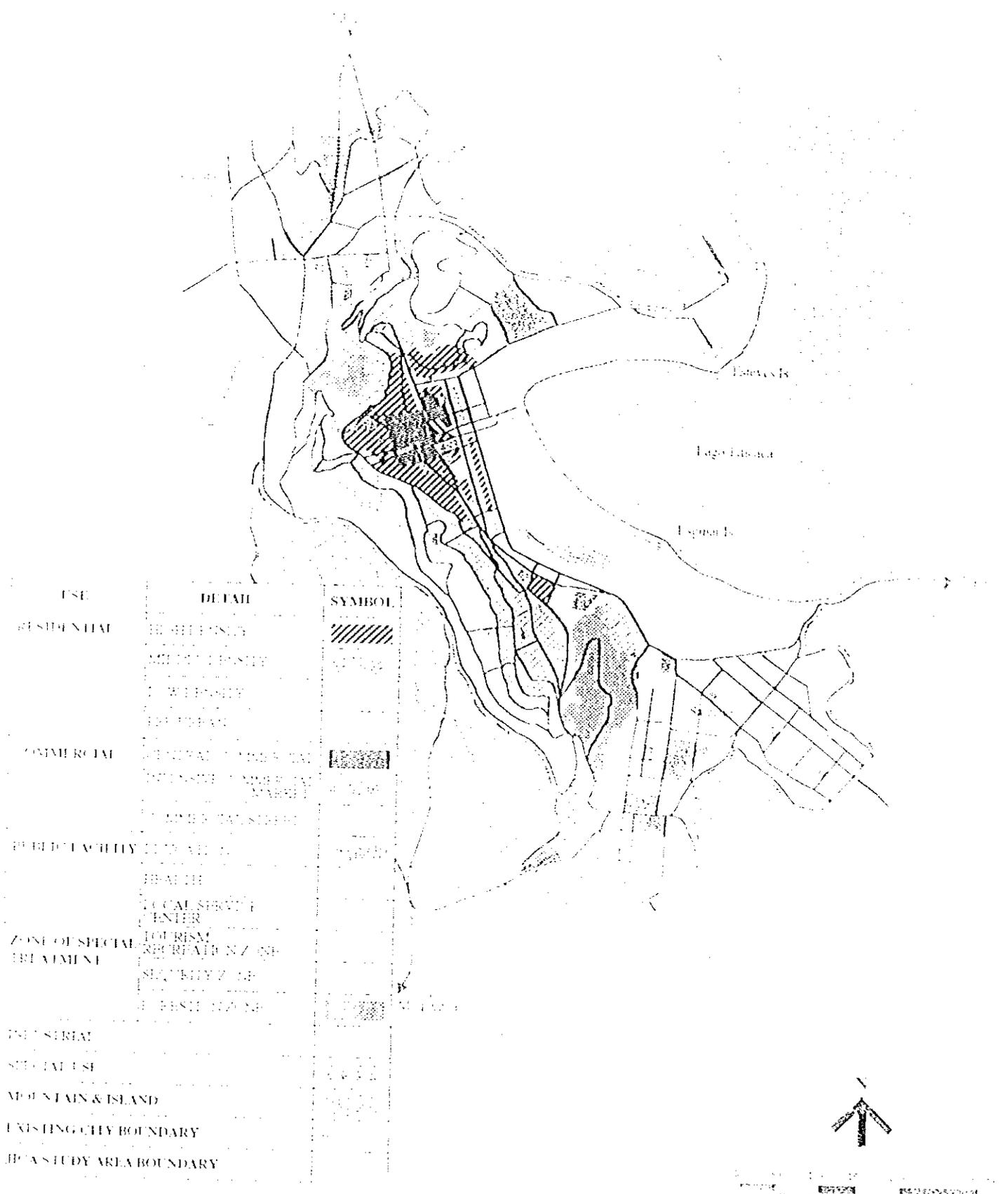


Figura H.2.1 Revisión del Modelo de Uso de Suelos Futura

## 2.4 USO DEL AGUA DEL LAGO

### (1) Agua Potable

Debido a la escasez o contaminación de las fuentes de agua como las subterráneas, la mayoría del agua potable (400,000 m<sup>3</sup>/mes) es suministrado mediante bombeo del agua lacustre desde la Bahía Exterior de Puno, cerca a Chimu. Sin embargo, la succión del agua del lago podría estar expuesta a los problemas de contaminación de la Bahía Interior de Puno.

### (2) Pesquería

En la actual Bahía Interior de Puno existe una pequeña industria pesquera basada principalmente en dos especies de peces nativos, Carachi Amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi Gris (*O. agassii*), además de uno introducido (en 1954) como la especie Pejerrey (*Basilichthys bonariensis*) (Ocola y Torres, 1997). La mayor parte de la pesca se da lugar en el lado este y sur de la Bahía Interna.

Después del brote del Cólera en Puno en el año 1993/94, la actividad pesquera en la Bahía Interior de Puno fue prohibida. Se creyó que los peces fueron parcialmente culpables de la transmisión de la enfermedad, los cuales adquirieron el patógeno del Cólera debido a las aguas servidas no tratadas y descargadas en la Bahía Interior. La prohibición aún no ha sido levantada y las actividades pesqueras son ilegales. Las autoridades pesqueras tienen insuficientes recursos para remediar esto.

## 2.5 TRANSPORTE

### (1) Condiciones existentes

#### 1) Transporte Terrestre

La forma de la ciudad a lo largo de la orilla del lago, crea un sistema de carreteras lineales en los ejes longitudinales norte-sur, entre el alto Puno (salida a Juliaca) y Salcedo (salida a Ilave o Desaguadero), con una salida hacia la Universidad (al este) y otra hacia la carretera a Moquegua (al sur-oeste). El flujo de vehículos en la Ciudad de Puno son esencialmente hacia el norte (69%) por la Ciudad de Juliaca,

hacia el lado sur (18%) en dirección a la frontera con Bolivia, y hacia el sur-oeste (13%) hacia Moquegua y Tacna.

Los ejes verticales de este-oeste (desde las orillas del lago hasta el área montañosa) no son muy usadas debido a las malas condiciones de las carreteras estrechas, empinadas, no asfaltadas y sistemas de drenaje en malas condiciones. Esta situación causa problemas de congestión sobre todo en las áreas del mercado central, problemas de drenaje pluvial y limpieza de la ciudad.

## **2) Transporte Ferroviario**

La Ciudad de Puno tiene una estación ferroviaria, propiedad de la Empresa Nacional Ferroviaria (ENAFER), que se encuentra localizada en el centro, en la Av. La Torre. Un tren de carga va al Puerto de Puno. La vía férrea de Puno es una sección de la línea principal de Arequipa-Juliaca-Cuzco.

En la actualidad existen tres servicios de tren de pasajeros por semana, entre Puno y Arequipa/Cuzco. La cantidad de pasajeros de Puno-Cusco y Puno-Arequipa es 36,410 y 7,454 (en 1998) respectivamente. El servicio de tren entre Cusco y Puno es importante para el turismo. En cuanto al transporte de carga, la carga mas significativa son el combustible y la cerveza.

## **3) Transporte Lacustre**

ENAFER también opera un barco de carga entre Puno y Bolivia que cruzan el Lago Titicaca. Poseen 2 barcos, uno es de 2,000 toneladas y el otro es de 1,800 toneladas, con una capacidad de carga de 750 toneladas y 1,050 toneladas respectivamente. La mayor cantidad de productos para la importación son el trigo y para la exportación es la soya. Los viajes anuales son entre 116 a 168 (un barco cada 2 o 3 días), y las cargas varían entre 10 a 100 toneladas.

También hay servicios de embarcaciones turísticas a los Uros y otras islas turísticas. El número de turistas ha crecido rápidamente, alcanzando 39,000 personas en 1995, casi 3 veces mas que en 1993.

## **2.6 EL TURISMO**

### **(1) Condiciones existentes**

La Ciudad de Puno se localiza dentro del corredor turístico más importante del Perú, Lima – Cuzco – Bolivia. Aunque el número de los arribos de turistas a Puno todavía es bajo y la estadía de los mismos es corta (1.3 días promedio en la Provincia de Puno), la Provincia de Puno tiene grandes potenciales para el desarrollo turístico como uno de los mayores destinos turísticos en Perú que considera su naturaleza atractiva y sus recursos culturales.

En 1998, en la Ciudad de Puno habían 63 alojamientos en total: 16 hoteles, 21 hostales y 26 alojamientos no-categorizados; teniendo una capacidad total de 1,197 cuartos, con 2,373 camas según el director de alojamientos hoteleros. Así como también, 40 agencias de viaje, 23 agentes turísticos, 45 vehículos para turistas, y 228 restaurantes según los datos de la oficina regional de MITINCI.

El número de turistas en la Provincia de Puno ha aumentado rápidamente, de 73,286 turistas en 1993 a 109,376 turistas en 1998, con una tasa promedio de crecimiento anual del 9.8% (aunque el número disminuyó en 1997). Y es notable que el número de turistas extranjeros ha aumentado más de la mitad del total de turistas visitantes de la provincia de Puno desde 1996, entonces el número de turistas extranjeros alcanzó 57,660 en 1998. Es considerado que el reciente aumento del número de los turistas ha sido posible debido al fin del terrorismo y al esfuerzo de las promociones de ventas.

### **(2) Plan de Desarrollo Ecoturístico realizado por PELT**

PELT condujo un estudio en la proyección de turistas en el Distrito de Puno, como se muestra en el reporte de “Estudio Definitivo para la Recolección, Tratamiento y Manejo Integral de Aguas Residuales de la ciudad de Puno”. La proyección turística por PELT es bastante ambiciosa desde el punto de vista del desarrollo regional, como se aprecia a continuación:

- La distribución de turistas en todo el Distrito de Puno está proyectada a 90%, mientras que la distribución actual de arribos a los hoteles de la Provincia de Puno se estima en aproximadamente 60% (1997).

- La proyección de PELT espera que la estadía de turistas en Puno crezca a 4.0 días hacia el año 2025, que sería equivalente a tres veces más de la estadía actual de 1.3 días.

*Figura II.2.2* muestra el perfil de las áreas ecoturísticas propuestas por PELT.

Según el plan, el área total de desarrollo para la zona del ecoturismo es de 225 he (área neta). El área inundable que se extiende desde la Isla Esteves al norte y la Isla Espinar al sur, ha sido propuesta como lugar planificado para el desarrollo de instalaciones turísticas y recreativas.

### **(3) Plan de Desarrollo turístico por JICA/MITINCI**

JICA condujo otro estudio para el desarrollo de turismo nacional en cooperación con el MITINCI desde Septiembre de 1998 a Marzo de 1999 ("Estudio del Plan Maestro para el Desarrollo de Turismo Nacional (Fase-1)"). Las proyecciones por JICA/MITINCI parecen ser un poco conservadoras.

La distribución turística en todo el Distrito de Puno está proyectado para lograr el 70%. Se ha proyectado que la estadía de los turistas en Puno será 2.6 días en el año 2025 que es equivalente al doble del presente que es 1.3 días.

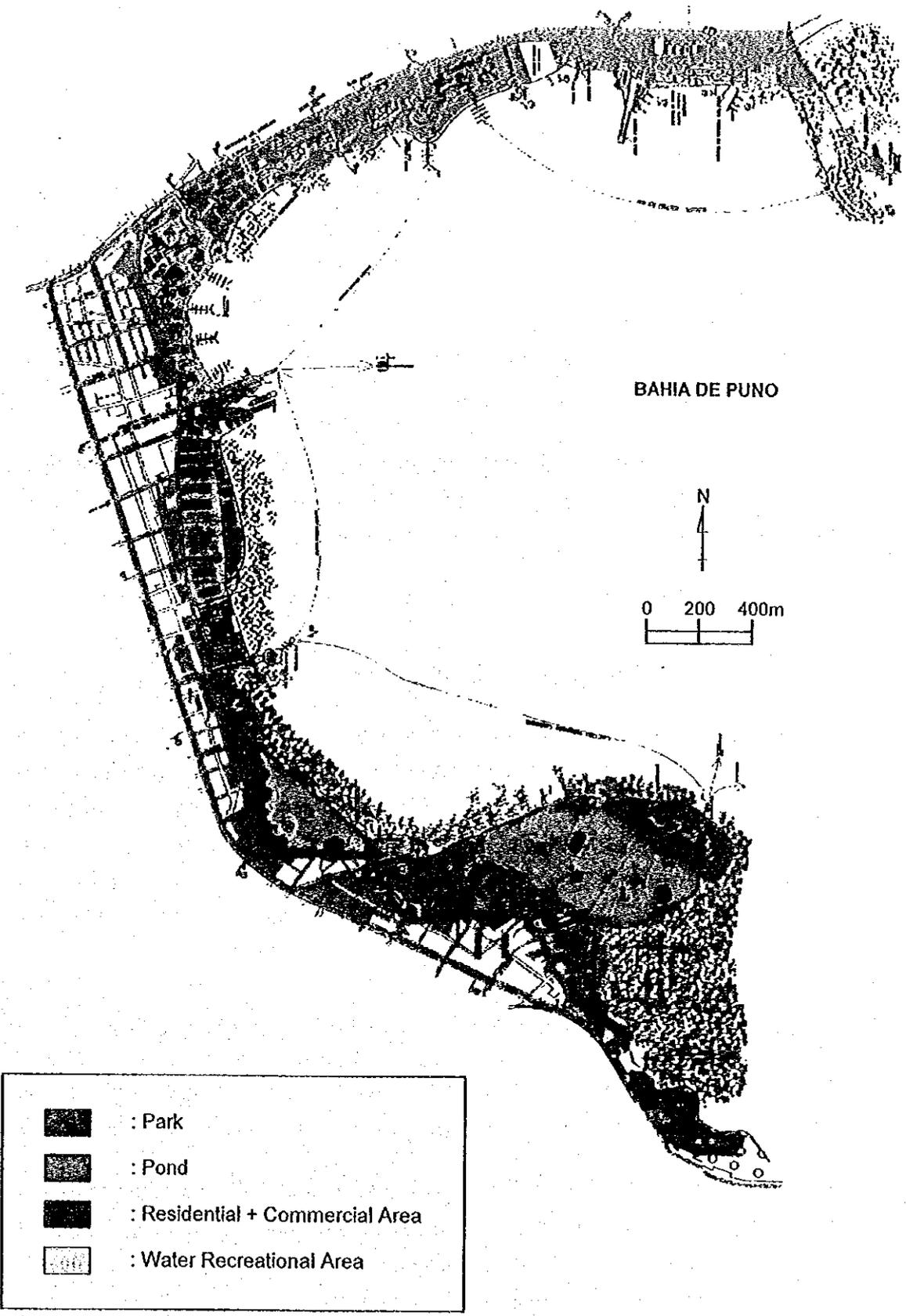
### **(4) Escenario del Desarrollo Turístico para el Estudio**

Las diferencias entre el Plan de Desarrollo Ecoturístico de PELT y el Plan Maestro de Desarrollo Turístico de JICA/MITINCI deben haber sido derivadas desde diferentes enfoques de planificación. El plan de PELT es basado en una micro vista, mientras que el Plan de JICA/MITINCI es basado en una macro vista. En otras palabras, el plan de PELT se enfoca en un desarrollo regional deseable para la Ciudad de Puno, pero el plan de JICA/MITINCI se deriva del plan de desarrollo de turismo nacional.

En este Estudio, el esquema de desarrollo turístico es basado en el plan de PELT. El marco de planificación, como es el número de turistas o habitaciones de hoteles es basado en el plan de JICA/MITINCI, porque sus proyecciones conservadoras pueden ser bastante favorables para la planificación de los medios para evitar el riesgo de inversión excesiva.

Basado en las consideraciones y datos antes mencionados, el escenario de desarrollo del turismo para la ciudad de Puno es asumido como se aprecia a continuación:

1. La cantidad de cuartos requeridos en el año 2025, será de 6,528 (para todas las categorías de hoteles).
2. De los cuales 1,337 cuartos (clase 3 a 5 estrellas) se localizarían a lo largo de la orilla de la Bahía Interior de Puno (área inundable).
3. La mayoría de Hoteles se localizarían en la zona entre la Isla Esteves y el Puerto de Puno, debido a las siguientes razones;
  - El plan de construcción de un hotel ya está consignado y el lugar ha sido adquirido cerca a la zona actual del Hotel Esteves.
  - Una avenida costanera atraviesa la zona (Bulevar).
  - La calidad del agua del lago frente a la zona es relativamente limpia y es favorable para un balneario.
  - Menos influencia de los problema de congestión de tráfico en el centro de la ciudad.
  - Accesibilidad al Puerto de Puno que es la entrada de las embarcaciones turísticas al Lago Titicaca.
- ④ Después del año 2015, las otras zonas entre el Puerto de Puno y la Isla Espinar y también la zona sur, se desarrollarán para la expansión de turistas y áreas de recreación para los turistas nacionales y extranjeros hacia el 2025, como fue propuesto por el PELT.



**Figura II.2.2 Esquema del Plan de Desarrollo Ecoturístico (PELT)**

### **3. ORGANIZACIONES E INSTITUCIONES**

#### **3.1 ESTRUCTURA GENERAL DE CUERPOS ADMINISTRATIVOS**

El Perú está dividido en regiones, departamentos, provincias y distritos. En 1998, a parte de Lima Metropolitana que es considerada como un departamento específico, hay 22 departamentos incluyendo el Departamento de Puno.

El Departamento de Puno tiene 13 Provincias, con un área de superficie total de 71,999 km<sup>2</sup> y una población total de 1,079,849. La Provincia de Puno tiene 6,493 km<sup>2</sup> de área superficial y su población total es de 201,215 personas en 1998.

La Provincia de Puno tiene 15 distritos, incluyendo el Distrito de Puno que tiene 461 km<sup>2</sup>. En 1998, su población total fue de 100,168 personas, de las cuales 91,877 se encuentra en el área urbana, y 8,291 pertenecen a la población rural.

La Ciudad de Puno es la capital del departamento, provincia y distrito de Puno.

##### **(1) Institución Administrativa de La Municipalidad**

Se considera que las municipalidades del Perú son las organizaciones administrativas elegibles que componen el Gobierno Local. Hay municipalidades en la capital del Perú (Lima), capital de departamentos, provincias y distritos. Como también hay municipalidades comunales delegadas en los centros habitados, comunidades rurales y viviendas bajo el consentimiento del consejo provincial municipal respectivo. Las Municipalidades están compuestas por el Alcalde y los Concejales.

##### **(2) Estructura de la organización de la Municipalidad Provincial de Puno**

La organización de la Municipalidad de la Provincia de Puno puede ser clasificada en dos niveles diferentes: el nivel gubernamental y el nivel administrativo.

En el nivel gubernamental, el Alcalde de la Municipalidad y los Concejales son responsables de crear políticas que apuntan al desarrollo de la Municipalidad y al manejo de los organismos administrativos municipales alineadas con estas políticas. El Consejo Municipal es el organismo promotor del desarrollo local.

## **3.2 DIRECCIÓN MEDIOAMBIENTAL**

### **(1) Leyes Relacionadas y Regulaciones**

Después de la conferencia de Estocolmo sobre el Medio Ambiente de la Vida Humana (Suecia, 1972), y sobre todo después de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (Brasil, 1992), Perú ha hecho muchos esfuerzos para mejorar su sistema legal referido al medio ambiente. En consecuencia de estos esfuerzos, un sistema metódico relativamente legal ha sido desarrollado bajo los principios modernos internacionales del medio ambiente.

No obstante, el sistema legal sobre el medio ambiente en Perú es muy abundante y data desde varias décadas atrás. Entre las leyes y regulaciones para la protección de los recursos naturales y conservación del medio ambiente, los que más surtieron efecto sobre todas las áreas de las actividades nacionales, fueron las siguientes:

- Ley No. 26410 (22-12-94), aprobando la Ley en el Consejo Nacional del Medio Ambiente - CONAM.
- Ley No. 26834, Ley de Protección de Áreas Naturales, publicado el 04-07-97.
- Ley No. 613, Ley del Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicado el 20-01-98.

### **(2) Organizaciones Relevantes**

A nivel Regional, el Proyecto Especial Binacional del Lago Titicaca (PELT), es el órgano encargado de representar al Gobierno Peruano en los trabajos de cooperación con el gobierno representativo de Bolivia para el desarrollo duradero del Lago Titicaca.

El PELT, es un órgano descentralizado del Instituto Nacional de Desarrollo (INADE). Tiene autonomía técnica, económica y administrativa.

Además del PELT, está el Comité Multisectorial de Ecología y Medio Ambiente (de ahora en adelante será referido como Comité Multisectorial), el cual también toma una función importante en la conservación del medio ambiente natural de la Bahía de Puno.

### **3.3 MANEJO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y SISTEMA DE DRENAJE**

#### **(1) Leyes y Regulaciones Relevantes**

Las leyes mas importantes o regulaciones relevantes al establecimiento y manejo de los sistemas de alcantarillado de aguas residuales y sistema del drenaje en Perú son:

- Ley 17752 (24-07-69), Ley General de Aguas; adicionalmente modificado por 014-92-EM (03-06-92).
- Resolución suprema 006-90-VC-1200 (08-02-90), regulación en los Servicios de Agua Potable y Sistema de Alcantarillado.
- Ley No. 26338, Ley en los Servicios Generales de Salubridad, publicado el 24 de julio 1994.
- La resolución ministerial No.397-96-PR, aprueba la nueva organización y la nueva regulación en la Organización y Funciones del Proyecto del Programa Nacional Especial de Agua Potable y Sistema de Alcantarillado (PRONAP), publicado el 22-09-96.
- Ley No. 26737, dispone que la Autoridad de Aguas esté a cargo del manejo de la explotación de materiales que se hayan depositados o transportados en las aguas de sus ríos o canales, publicado el 05-01-97.

En particular, la Ley en los Servicios Generales de Salubridad es una ley importante que inscribe que las Municipalidades deben proporcionar los servicios de: (1) agua potable, (2) desagüe sanitario, (3) drenaje, (4) disposición sanitaria de excretas, como cuatro servicios básicos de sanidad para los peruanos residentes en las áreas urbanas.

#### **(2) Organizaciones Relevantes**

A nivel regional, las Municipalidades son responsables en suministrar los servicios sanitarios a sus residentes. Las Municipalidades pueden conceder el derecho de concesión del servicio a las EPS (Empresa Prestadoras de Servicios), y aprobar los aranceles propuestos por la EPS en conformidad a las normas relevantes emitidas por SUNASS.

En la Provincia de Puno, el derecho de suministro de agua a través de tuberías y tratamiento de aguas residuales, es transferido a la **Empresa Municipal de Servicios Sanitarios Básicos de Puno (EMSAPUNO)**.

EMSAPUNO es una empresa establecida bajo el poder de transferencia de derechos de servicio de contribución de la municipalidad a la EPS. Su función principal es la de ofrecer servicios de agua potable y desagüe a los residentes en áreas urbanas de la Provincia de Puno como las necesidades básicas para la preservación de la salud pública.

### **3.4 MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS**

#### **(1) Leyes y Regulaciones Relevantes**

Entre las leyes y regulaciones relacionadas al manejo de desechos sólidos en Perú, la Ley No. 26338: "Ley de los Servicios Generales de Salubridad", promulgada el 24 de julio de 1994 es una de las más importantes.

#### **(2) Organizaciones Relevantes**

En el ámbito regional, según la Ley de Organización de la Municipalidad No.23853, la municipalidad es única agencia responsable de la limpieza pública que incluye: recolección, transporte, y disposición de residuos sólidos, limpieza de calles y avenidas. La Municipalidad de Puno puede conceder el derecho de concesión de estos servicios al EPS, aprobar las tarifas propuestas por el EPS de acuerdo a las normas relevantes emitido por la SUNASS.

En la Municipalidad de Puno, la **Oficina de Limpieza y Salubridad** es un órgano de la Dirección de Servicios Pública que está a cargo de realizar el servicio de limpieza pública.

La Oficina de Limpieza Pública (DPC), es responsable de los problemas técnicos y administrativos relacionados con el manejo de residuos sólidos. Su financiamiento operacional se deriva de los ingresos Municipales.

## **CAPITULO – III LA BAHIA INTERIOR DE PUNO**

## CAPITULO - III

### LA BAHIA INTERIOR DE PUNO

#### 1. GENERAL

La *Figura III.1.1* muestra el registro de las últimas décadas de los eventos ambientales, observaciones meteorológicas e hidrológicas, y desarrollo de los sistemas de alcantarillado. Esta figura también muestra la variación de las condiciones ambientales en la Bahía Interior de Puno.

La calidad del agua en la Bahía Interior de Puno se ha ido deteriorando a partir o antes de los 70s. Particularmente, la ribera oeste es afectada por aguas residuales principalmente de uso doméstico y comercial, descargadas desde el área urbana de la ciudad de Puno.

En base a los resultados de las investigaciones y la recolección de datos, las características principales de la Bahía Interior de Puno se resumen a continuación.

#### 2. CONDICIONES FÍSICAS

##### 2.1 FIGURA DE LA BAHÍA INTERIOR DE PUNO

La Bahía Interior de Puno se caracteriza por la siguiente figura.

- La Bahía Interior de Puno es de forma elíptica y mide 2.4 km. desde la Isla Esteves hasta la Isla Espinar. Así como desde el puerto hasta la boca del canal mide 3.5 km.
- Dos canales conectan la bahía interior y exterior de Puno.
- El área de la superficie es de 17.3 km<sup>2</sup> aproximadamente.
- La profundidad promedio del lago en la Bahía Interior de Puno es aproximadamente 2.4 m, y la profundidad máxima es desde 5 m a 6 m. El área de superficie menor a 2 m de profundidad corresponde al 50% del área total de la Bahía Interior de Puno.

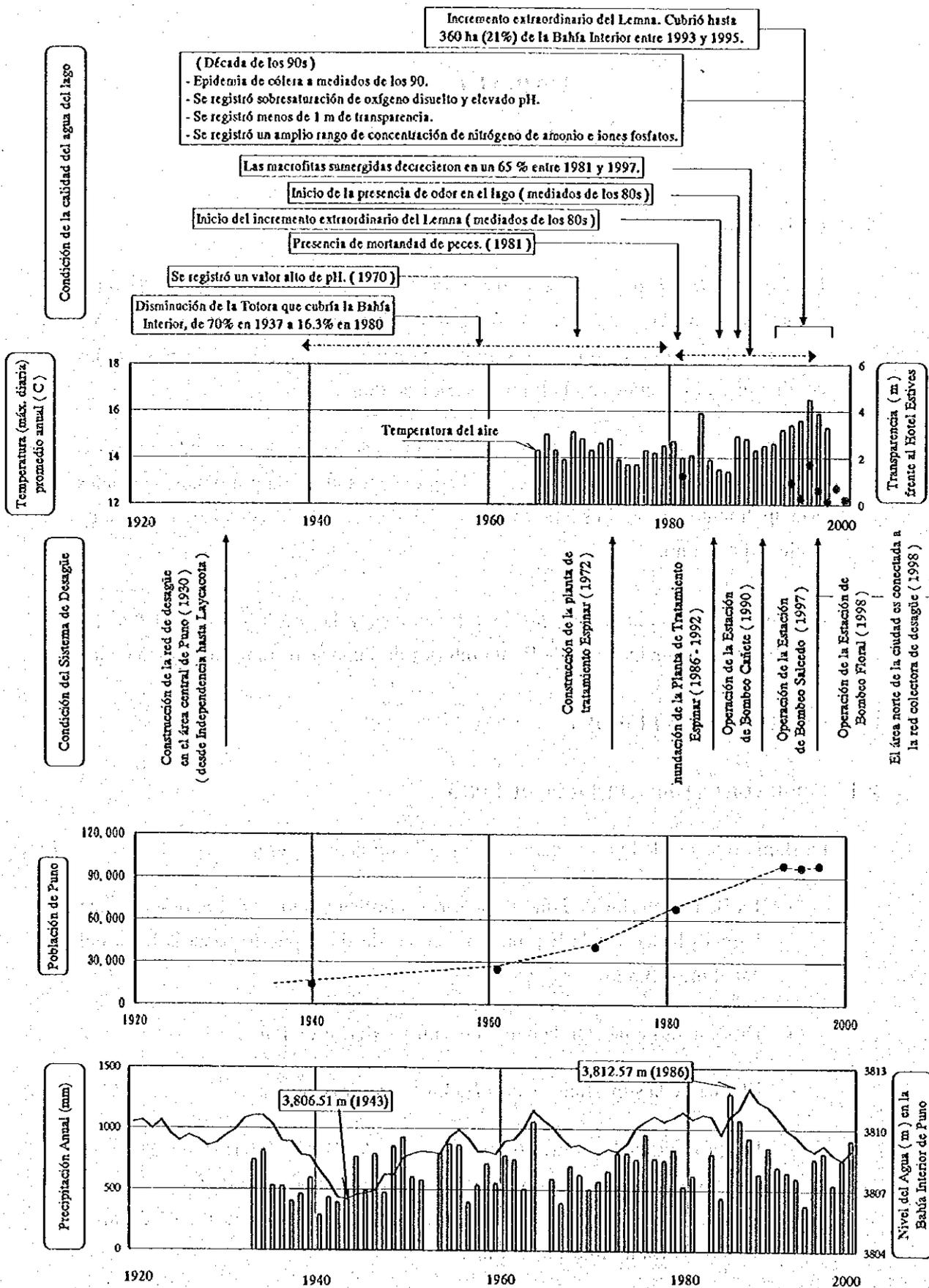


Figura III.1.1 Transición de la Bahía Interior de Puno y su Entorno

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DEL AREA DE CAPTACIÓN DE LA BAHÍA INTERIOR DE PUNO

El área de captación de la Bahía Interior de Puno es 35.5 km<sup>2</sup>. La distancia entre el puerto hasta el límite de la cuenca es aproximadamente 4 km., y su altura se aproxima a los 4,200 m en promedio. La pendiente promedio desde la parte mas alta hacia el lago es de 9.5% y la pendiente en el área urbanizada hacia el lago, va decreciendo según aumenta la distancia.

## 2.3 MOVIMIENTO DEL AGUA EN EL LAGO

Los movimientos del agua en el lago son causados por la afluencia, variaciones del nivel, viento y gravedad específica del agua, que a su vez son causados por la temperatura del agua. En el caso de la Bahía Interior de Puno, se piensa que el movimiento del agua es causado por el viento durante el día.

El equipo de estudio de JICA y el PELT condujeron estudios de movimiento de agua en Julio de 1999, los cuales fueron medidos siguiendo los rastros de una boya. Según los resultados del análisis, el movimiento del agua en la Bahía Interior de Puno fue tan lento que no se pudo obtener una clara identificación.

Sin embargo, parece existir movimientos lentos de agua desde el este hacia el oeste del lago, juzgado por las siguientes evidencias circunstanciales:

- El viento dominante del este durante las tardes de todo el año.
- El movimiento de la *Lemna*.
- Distribución de la calidad del agua en el lago.
- Un claro movimiento fue observado en la superficie del canal entre la bahía interior y exterior. A una profundidad de 1.5 m, se pudo notar un flujo occidental de 10 cm/s en condiciones de viento del este.

## 2.4 SEDIMENTACIÓN

Basados en los estudios del presente reporte, la sedimentación dinámica es pobremente conocida, pero los índices de sedimentación varían de acuerdo a las caras entre el Lago Grande y el Lago Huiñamarca. Por ejemplo en el caso de los depósitos de carbono, la velocidad del índice de sedimentación es de 0.5 mm/año

para el Lago Grande, mientras que en el Lago Huiñamarca este índice es 10 veces mayor.

### 3. CONDICIONES QUIMICAS

#### 3.1 INFORMACIÓN DISPONIBLE DEL LAGO (LA TRANSICIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN EL LAGO)

La *Figura III.1.1*, muestra que el deterioro de la calidad del agua en la Bahía Interior de Puno se hizo evidente en los 1980's. Puede decirse que el deterioro del lago fue causado por los siguientes factores:

- Crecimiento acelerado de la población de Puno
- Insuficiente sistema de desagüe

Adicionalmente, la planta de tratamiento de aguas residuales estuvo inundada entre 1986 y 1992, y dichas aguas fueron descargadas hacia el lago sin ningún tipo de tratamiento durante ese período. En consecuencia, se asume aún mas, la Bahía Interior de Puno fue contaminada.

#### 3.2 CALIDAD ACTUAL DEL AGUA DEL LAGO (RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS DE CALIDAD DE AGUA)

El equipo de estudio de JICA y el PELT condujeron siete estudios de calidad de aguas en doce puntos, desde Enero hasta Setiembre de 1999. En base a los resultados de dichas investigaciones, el cuerpo de agua de la Bahía Interior de Puno fue clasificado como se muestra a continuación (ver *Figura III.3.1*).

**Cuerpo de Agua-A**: Cuerpo de agua excesivamente contaminado, afectado principalmente por la descarga de los desagües de la zona urbana de la ciudad de Puno.

**Cuerpo de Agua-B**: Cuerpo de agua significativamente contaminado, ocasionado por el afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del Espinar.

**Cuerpo de Agua-C**: Cuerpo de agua ligeramente contaminado, que ha sufrido algún tipo de purificación o dilución.

**Cuerpo de Agua-D**: Cuerpo de agua limpia, sin fuentes de contaminación externas.

**Cuerpo de Agua-E**: Cuerpo de agua limpia, que tiene el mismo nivel de calidad que el agua de la Bahía Exterior de Puno.

Las causas de las mencionadas condiciones de calidad de agua se explican a continuación:

- El lugar de la descarga de las cargas contaminantes en el lago, se concentra en la orilla oeste, desde la Universidad del Altiplano (UNA) hacia la planta de tratamiento de aguas residuales del Espinar.
- Al parecer, la difusión de las descargas de las aguas residuales en el cuerpo de agua occidental de la Bahía Interior, es inquietado durante el día por el viento del este.

Las características de la calidad de agua en la Bahía Interior de Puno se mencionan a continuación:

- **Temperatura:** El rango de temperatura es de 10°C a 16°C entre Enero y Setiembre. La variación vertical medida al 20% y 80% de profundidad, fue menor a 3°C.
- **pH:** Los índices de pH fueron de 7.8 como mínimo y 9.5 como máximo, con un promedio de 8.9.
- **OD:** El OD más bajo fue observado en el punto cercano a las aguas servidas de la Planta de Tratamiento Espinar, con 1.0 mg/l. El segundo punto más bajo fue encontrado en el centro del cuerpo de agua oeste (No.13) correspondiente a 1.3 mg/l.
- **Transparencia:** Los índices de transparencia fueron de 0.2 como mínimo y 2.7 como máximo, con un promedio de 1.3.
- **SS:** El más alto fue 110 mg/l. originado por el drenaje de las lluvias. El promedio fue 27 mg/l.
- **DBO:** Los promedios de cada punto, varían entre 7 mg/l. a 27 mg/l. Los puntos No.5, No.21 y N.23 correspondientes al cuerpo de agua del este,

arrojaron un promedio de 7 mg/l. en cada uno de ellos. El promedio de 27 mg/l. fue hallado en las proximidades de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Espinar.

- **Nitrógeno Total (N-T) / Fósforo Total (P-T):** El promedio de N-T de cada punto, fue de 2 mg/l. a 6 mg/l. El promedio de P-T de cada punto fue de 0.2 mg/l. a 1.6 mg/l. La mayor concentración entre ambos parámetros fue encontrado en el cuerpo de agua occidental y cerca de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas.

### 3.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS DEL LAGO

El Equipo de Estudios de JICA y el PELT condujeron una investigación de la calidad de sedimentos del lago en 12 puntos de la Bahía Interior de Puno. Las características de la calidad de sedimentos se muestran en la *Figura III.3.2.*

Particularmente, los sedimentos contaminados como los altos contenidos orgánicos fueron observados en el cuerpo de agua A y B clasificados en la calidad de cuerpos de agua.

El contenido promedio de los sedimentos en la Bahía Interior de Puno fue de 16.1 mg/g-sólido seco de nitrógeno total y 1.4 mg/g-sólido seco de fósforo total.

El contenido total de sedimentos fue estimado en 13,389 toneladas de nitrógeno y 1,164 toneladas de fósforo bajo las condiciones que se mencionan posteriormente. Estas cantidades de nutrientes son iguales a la descarga de cargas contaminantes de hace 20 a 40 años en la ciudad de Puno.

**Suposición:**

Contenido promedio de sedimentos:	Total de Nitrógeno = 16.1 mg/g-sólido seco Total de Fósforo = 1.4 mg/g-sólido seco
Contenido de humedad:	76 %
Gravedad específica:	2.2
Area en cuestión:	525 he (parte oeste de la Bahía Interior de Puno, parte interior de la línea que enlaza el Hotel Esteves con la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Espinar).
Espesor de los sedimentos:	0.3 m de espesor
Cargas contaminante descargas:	N Total = 865 kg./día P Total = 142 kg./día (referirse al capítulo III.4.1)
<b>Estimación:</b>	
Volumen Total de Sedimentos:	$831,600 \text{ ton} = 5,250,000 \text{ m}^2 \times 0.3 \text{ m.} \times (1.0-0.76) \times 2.2$
Contenido total	N: $13,389 \text{ ton} = 831,600 \text{ ton} \times 16.1 \text{ mg/g-sólido seco}$ P: $1,164 \text{ ton} = 831,600 \text{ ton} \times 1.4 \text{ mg/g-sólido seco}$
Descarga Equivalente P.L.	42 años = $13,389 \text{ ton} / (865 \text{ kg/d.} \times 365 \text{ d.})$ 22 años = $1,164 \text{ ton} / (142 \text{ kg/d.} \times 365 \text{ d.})$

### 3.4 DESCARGA DE CARGAS CONTAMINANTES AL LAGO

El equipo de estudio JICA y el PELT condujeron los estudios sobre los contaminantes descargados en cinco (5) canales de drenaje y la planta de tratamiento de aguas servidas Espinar. Basados en los resultados de los estudios, la cantidad de las cargas contaminantes descargadas desde la planta de tratamiento es calculada a continuación:

**Tabla III.3.1 Descarga de Contaminantes**      unidad: kg./día

		Planta de Tratamiento	Canales de Drenaje	Total
Epoca de lluvia	DBO <sub>5</sub>	3,924 (94 %)	246 (6 %)	4,170
	N-Inorg.	1,016 (90 %)	110 (10 %)	1,126
	P – T	98.3 (91 %)	10.2 (9 %)	108.5
Epoca seca	DBO <sub>5</sub>	1,514 (82 %)	340 (18 %)	1,854
	N – T	303 (68 %)	142 (32 %)	445
	P – T	29.0 (62 %)	18.0 (38 %)	47.0

Según las evidencias del cuadro anterior podemos obtener los siguientes factores:

- La planta de tratamiento es el mayor contaminante externo de la Bahía Interior de Puno.
- La descarga de cargas contaminantes en la época de lluvia es dos veces mayor que en la época seca.
- La cantidad de las descargas de las cargas contaminantes desde la planta de tratamiento en la época de lluvia es mayor que en la época seca.

### 3.5 EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES

#### (1) Distribución regional de la calidad actual del agua en la Bahía Interior de Puno.

La distribución regional de la calidad de agua en la Bahía Interior de Puno se caracteriza por:

- Las descargas de las aguas servidas, son los canales de drenaje desde la Ciudad de Puno y la Planta de tratamiento Espinar que están concentradas en el lado oeste de la bahía del lago.
- Durante el día, el viento del este previene la difusión de las aguas servidas.

Por lo tanto, el cuerpo de agua en la parte oeste del lago está significativamente deteriorada.

## (2) Nivel Eutrófico

Basados en los resultados de los estudios de la calidad de agua se encontró que la concentración de nutrientes es alta. A juzgar por la concentración de nutrientes, se presume que el estado eutrófico de la Bahía Interior de Puno a alcanzado el nivel hiper-eutrófico ( $>0.1$  mg/l de fósforo total).

**Tabla III.3.2 Nivel Eutrófico** unidad: mg/l

		Media	Máxima	Mínima
Epoca de lluvia	N-T	1.2	7.35	0.16
	P-T	0.3	1.12	0.14
Epoca seca	N-T	3.07	8.93	1.25
	P-T	0.39	4.76	0.06

En general, las listas de Nitrógeno o Fósforo son nutrientes limitantes en el lago. Basado en el balance de la carga total contaminante actual en el lago, el ratio de Nitrógeno-Fósforo es aproximadamente 5. Por lo tanto, el Nitrógeno es asumido como un nutriente limitante en la Bahía Interior de Puno. Por otro lado, se asume que el Nitrógeno y Fósforo participan como un nutriente limitante en vista a su relación con el Nitrógeno y Fósforo total de la calidad del agua del lago.

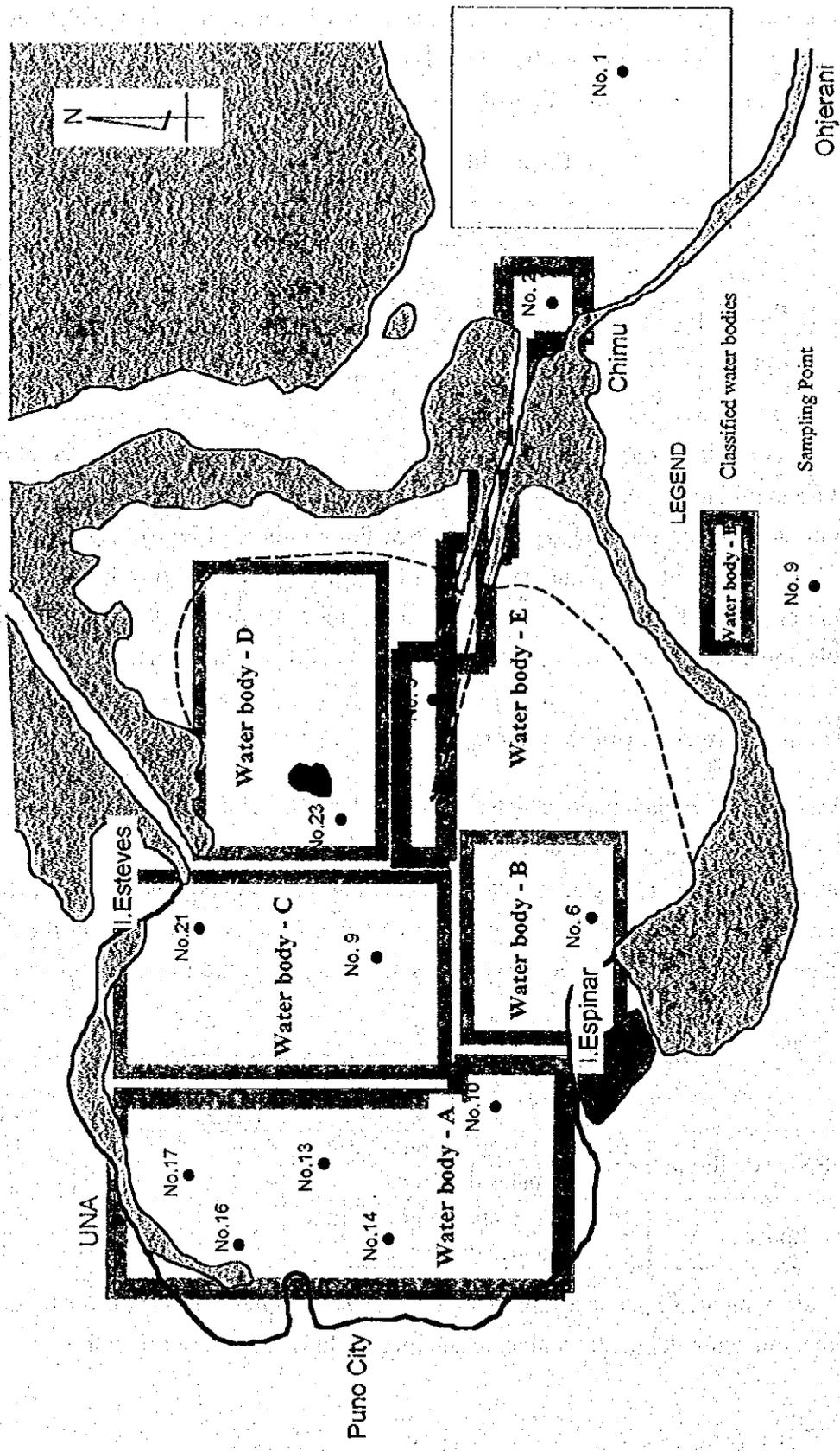
## (3) Fuentes Externas Contaminantes

Así como fue mencionado, el deterioro de la Bahía Interior de Puno, es causado por la descarga de las aguas residuales a través de los canales de drenaje y a través de la planta de tratamiento de aguas residuales del Espinar. Basados en los resultados del estudio, las cantidades de descargas de cargas contaminantes desde la planta de tratamiento y desde los cinco (5) canales de drenaje, se muestran a continuación:

**Tabla III.3.3 Fuente Externa Contaminante** unidad: %

		DBO <sub>5</sub>	N-T	P-T
Epoca de lluvia	Planta de Tratamiento Espinar	94	90	91
	Canales de Drenaje	6	10	9
Epoca seca	Planta de Tratamiento Espinar	82	68	62
	Canales de Drenaje	18	32	38

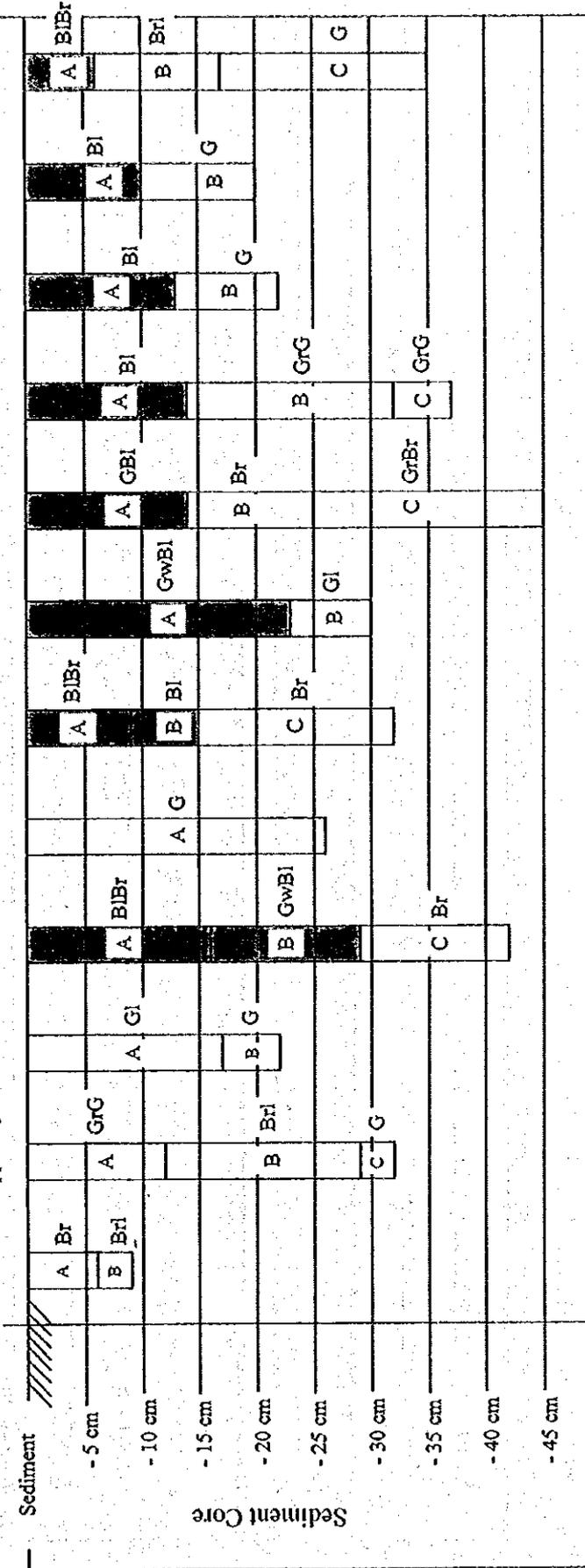
Evidentemente se puede asumir que la Planta de Tratamiento es la mayor fuente de contaminación del medio ambiente acuático de la Bahía Interior de Puno.



**Figura III.3.1 Puntos de Muestreo en los Estudios de Campo y Clasificación de los Cuerpos de Agua en la Bahía Interior de Puno**

Items	Point No	1	2	5	6	9	10	13	14	16	17	21	23
Sediment	18	18	16	16	16	15	16	17	17	16	16	16	15
Temperature* (C.)													
Oxidation reduction potential* (mV)	-75	-307	-16	-378	-325	-346	-389	-288	-321	-363	-32	-308	
Moisture	79	75	62	93	82	90	72	90	88	90	78	87	
Content (%)	74	74	38	76	-	66	43	83	89	89	74	78	
	-	-	-	78	-	93	-	69	-	-	-	65	
Ignition	13	13	10	48	22	66	66	77	24	27	43	26	
Loss (%)	12	16	6	31	-	25	19	89	29	29	33	12	
	-	-	-	23	-	-	-	27	-	-	-	-	18

\* : Upper layer



Color of sediment BI : Black BILr : Blackly Brown G : Gray GBI : Blackly Gray Br : Brown G : Gray GwBI : Greenish Gray Brl : Brown light GrG : Greenish Gray GrBr : Grayish Brown : Black / Blackly color

Figura III.3.2-a Resultados del Estudio de Sedimentos (6 febrero. 1999)



#### 4. CARGAS CONTAMINANTES

##### 4.1 ESTIMACIÓN DE LAS CARGAS CONTAMINANTES EXTERNAS SEGÚN LA INFORMACIÓN ACTUAL

Las descargas contaminantes generadas en el área de captación y vertidas a la Bahía Interior de Puno han sido estimadas en forma muy general. Las fuentes contaminantes han sido clasificadas como se indica a continuación:

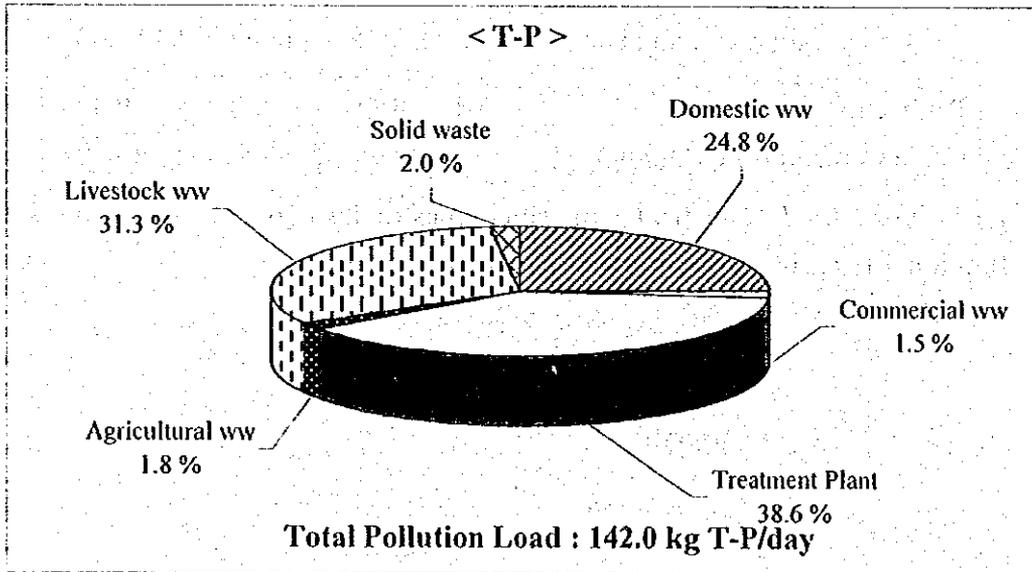
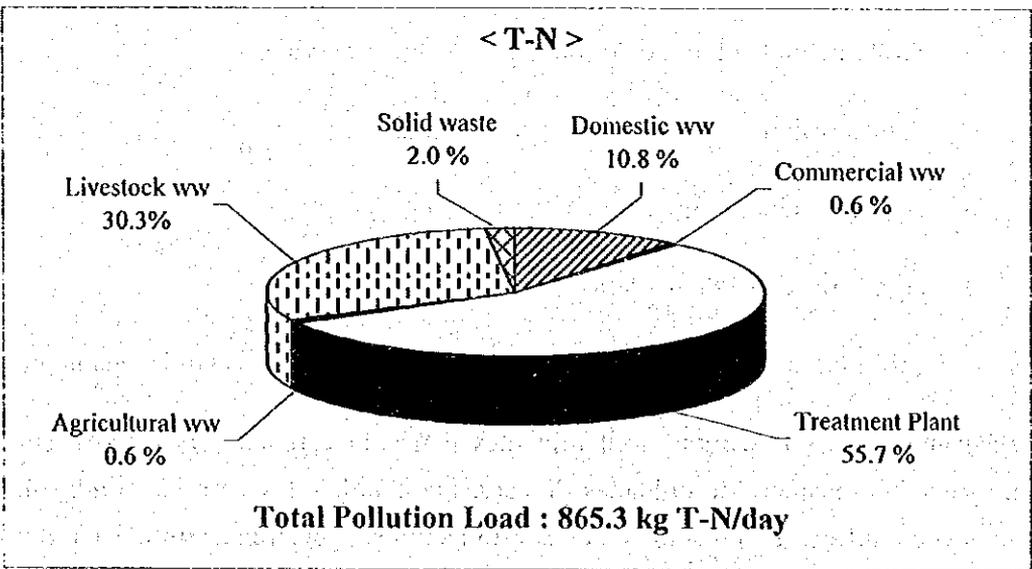
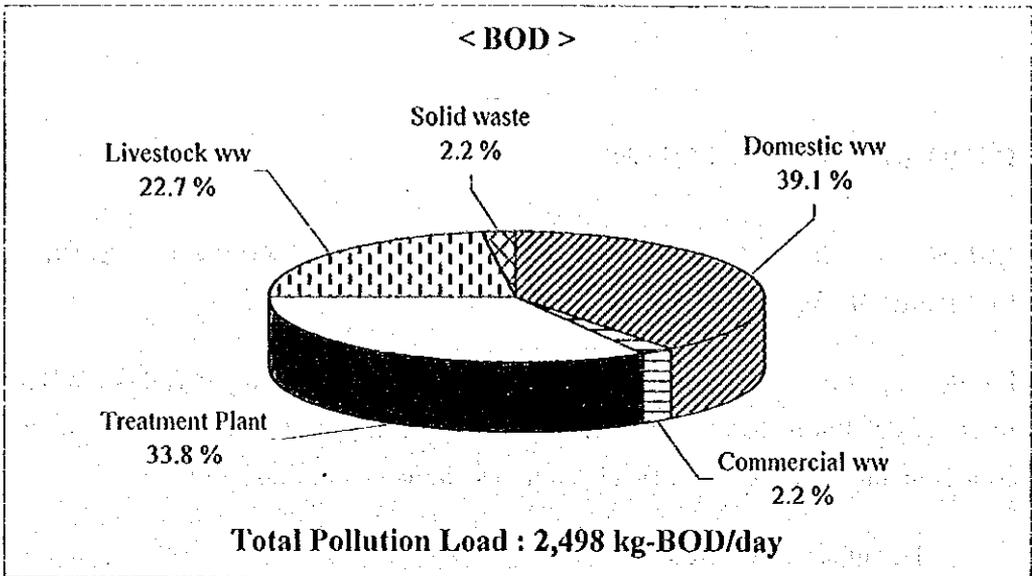
- Desagües domésticos
- Afluente de la planta de tratamiento de aguas servidas
- Aguas residuales comerciales / institucionales
- Aguas residuales agrícolas
- Aguas residuales ganaderas
- Infiltración proveniente de desechos sólidos dispuestos clandestinamente

Básicamente, las descargas contaminantes han sido estimadas basándose en la información existente de unidades de cargas contaminantes y en las condiciones socioeconómicas. Los resultados de la estimación se muestran a continuación:

<Total cargas contaminantes vertidas en la Bahía Interior de Puno>

Parámetro	DBO	N-T	P-T
Carga Contaminante (kg./día)	2,498	865.3	142.0

La *Figura III.4.1.* muestra las distribuciones de las cargas contaminantes en función a la fuente contaminante antes mencionada.



**Figure III.4.1 Estimación de la Descarga**

## 5. CONDICIONES BIOLÓGICAS

Los estudios biológicos efectuados en la Bahía de Puno incluyen el estudio de zooplancton, bentos, fauna de macrofitas y aves acuáticas. Otros tópicos relevantes han sido estudiados por consultas, revisión de la literatura existente y estudios en campo, que incluyen el estudio de los peces en la Bahía de Puno, niveles tróficos (nutrientes), la Reserva Nacional del Titicaca adyacente y la distribución de macrofitas.

### 5.1 GENERAL

Desde el punto de vista biológico, la Bahía Interior de Puno puede dividirse en dos sectores – un pequeño sector oriental en la cual las condiciones biológicas son relativamente buenas y un amplio sector central y occidental en el que las condiciones son pobres. En el sector oriental, las macrofitas sumergidas se encuentran en buenas condiciones, con gran número de anfípedos y caracoles viviendo en ellas y los bentos son abundantes y diversas en especies. La población de peces es elevada siendo ésta una de las zonas con mayor actividad pesquera en la Bahía Interior. Estas fajas cañaverales proveen lugares de desove y alimentación para los peces. En el sector central y occidental de la Bahía Interior la fauna y flora han disminuido dramáticamente.

Las condiciones físicas y químicas son también mejores en el sector oriental del lago – por ejemplo, la transparencia del agua, las condiciones aeróbicas del fango y los niveles de oxígeno. Se cree que las buenas condiciones de las aguas en esta zona son debidas al agua limpia que ingresa a la Bahía Interior proveniente de la Bahía Exterior a través del canal de navegación principal. Estas aguas, son impulsadas por el viento prevaeciente del este, la cual es más fría y por lo tanto más densa que las agua tibias de la Bahía Interior. Tiende, por ende, a permanecer en el sector oriental de la Bahía Interior, originando mejores condiciones biológicas, químicas y físicas en esta zona. Las aguas contaminadas provenientes de la ciudad de Puno y de la planta de tratamiento Espinar tienden a permanecer en el sector central y occidental en el cual son descargadas.

## 5.2 FITOPLANCTON

Una de las consecuencias del alto nivel eutrófico de las aguas, es el elevado número de fitoplancton presente. Estos han trastornado la ecología de la Bahía Interior por ser parcialmente responsables de la disminución en la transparencia del agua, pérdida de las macrofitas sumergidas y consecuente pérdida de invertebrados y áreas de reproducción y alimentación de peces, y ocasionalmente se origina la mortandad de los peces. Otros cambios afectan el zooplancton, la ecología de los peces y la composición de las especies.

## 5.3 MACROFITAS

No existe duda alguna que las macrofitas en la Bahía Interior de Puno han disminuido en los últimos 20 años, ambos en términos de especies como áreas cubiertas. En lo que a ellas respecta, la Bahía Interior de Puno está en peores condiciones que las imaginadas. Con una profundidad máxima de aproximadamente 7 m, dadas las condiciones adecuadas la Bahía Interior tiene la profundidad idónea para albergar macrofitas. Los factores principales responsables de esta disminución son probablemente la falta de luz y los bajos niveles de oxígeno en la mayor parte de las zonas profundas de la Bahía Interior.

## 5.4 ZOOPLANCTON

El zooplancton (*copepoda* y *cladocera*) en la Bahía Interior se presenta en grandes cantidades en comparación con la Bahía Exterior y el Lago Titicaca en general. Adicionalmente, *cladocera* es mucho más abundante que *copepoda*. Ambos hallazgos indican que la Bahía Interior tiene gran contenido de nutrientes. Esto ocasiona la proliferación en grande del fitoplancton, el que a su vez es el alimento principal del zooplancton.

## 5.5 BENTOS

De otro lado, los bentos de gran parte de la Bahía Interior han disminuido severamente, particularmente en las áreas central, sur, norte y occidental. Esto es ocasionado por los bajos niveles o ausencia de oxígeno en las aguas más profundas y/o fondos fangosos que hacen imposible para ninguna o muchas especie vivir ahí. Sin embargo, los bentos de la parte oriental de la Bahía Interior son muy ricos como

son los lechos de las macrofitas sumergidas que crecen ahí. La densidad de estos fangos orientales está entre las más altas registradas en cualquier parte del Lago Titicaca y es mucho más alta que las correspondientes a la Bahía Exterior. Esto indica el alto contenido de nutrientes en el agua pero no hasta el nivel en que la actividad biológica y la reducción de la materia orgánica ocasiona que los niveles de oxígeno disminuyan dramáticamente.

#### **5.6 PECES**

Los peces en la Bahía Interior de Puno han disminuido en abundancia, como también en número de especies en los últimos 20 años. Esto es resultado del decline de los bentos y macrofitas sumergidas, estas últimas constituyen áreas de desove y cría de los peces jóvenes. La sobre pesca podría ser también, en parte, responsable. En comparación con el resto del Lago Titicaca, la fauna ictiológica es pobre en variedad de especies, abundancia y cantidad de por lo menos una de las especies existentes.

#### **5.7 AVES**

La Bahía Interior de Puno es una área importante para las aves acuáticas. Algunas especies parecen haber disminuido o desaparecido en los últimos años, mientras que otras se han incrementado. Aún así, las condiciones de la Bahía Interior no parecen haber afectado adversamente la fauna ornitológica. Las aguas protegidas de la zona oriental constituyen lugares de reposo para las aves y varios miles de ellos pueden ser vistos durante la temporada de migración.

#### **5.8 RESERVA NATURAL**

Adyacente a la Bahía Interior de Puno se encuentra la Reserva Nacional del Lago Titicaca. Esta área tiene particular significado mundial, especialmente por sus aves. Las condiciones en la Bahía Interior de Puno no afectan seriamente la Reserva y el Gobierno Peruano está en la obligación, ante la comunidad internacional, de garantizar que ello no ocurra.

## 6. CONDICIONES DE SALUD PÚBLICA

### 6.1 GENERAL

Las aguas de la Bahía Interior de Puno constituyen un gran riesgo para la salud de todos aquellos que estén en contacto con ella. Contienen gran número de coliformes totales y fecales, así como huevos y otros estados de desarrollo de los parásitos intestinales *helminth*.

### 6.2 COLIFORME BACTERIA

Bacterias fecales y coliformes fueron encontradas en grandes cantidades por Rivera *et al* (1989) en las aguas de la Bahía Interior de Puno a inicios de la década de los '80s. La presencia de coliformes fecales llegó hasta  $10^5/100$  ml, encontrándose los valores más altos en el extremo occidental de la Bahía Interior a lo largo de la orilla de Puno, cerca a la mayoría de los puntos de descarga de desagüe y drenaje pluvial. Los valores decrecieron hasta cero en el centro de la bahía, aproximadamente 2,000 m de la costa. Ocola y Torres (1997) encontraron valores similares ( $1.4 \times 10^4$  -  $22.5 \times 10^4$ ) para coliformes totales y fecales, a lo largo de la ribera occidental y de la Isla Espinar cerca al punto de descarga de la laguna de tratamiento.

### 6.3 PARÁSITOS

Sánchez *et al* (1989) encontraron huevos de una variedad de parásitos intestinales en las aguas de la Bahía Interior, particularmente en las proximidades de las costas occidentales. Estos incluyen parásitos *helminth* *Trichuris* sp, *Ascaris* sp, *Hymenolepis nana*, *Taenia* sp y *Ligula intestinalis*. Una investigación entre la población residente en las proximidades de la orilla de la Bahía de Puno mostró que el 14% estaba infectado por uno o más *helminth*, con índices de hasta 40% entre la gente joven. Los *helminth* son diseminados por la ingestión de los huevos u otros estados de desarrollo en el agua contaminada y alimentos, así como a través de las manos de personas infectadas manchadas con materia fecal.

### 6.4 CÓLERA

A mediados de la década de los '90s una epidemia de cólera afectó a Puno. Su propagación se creyó que fue debido, al menos en parte por el consumo de pescado

contaminado con cólera proveniente de la Bahía Interior. El patógeno provino primeramente de las aguas servidas tratadas inapropiadamente o de la zona inundable.

## 7. IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS

Los problemas medioambientales acuáticos actuales en la Bahía Interior de Puno, los cuales han sido identificados mediante los estudios en campo y mediante entrevistas, son descritas a continuación.

### (1) Cuerpo de agua encerrado

La Bahía Interior de Puno es virtualmente, un sistema natural cerrado (tiempo de retención estimado en 18 a 64 años), con mínimo intercambio de agua con la Bahía Exterior a través de los dos canales de navegación. Todos los materiales y sustancias que ingresan a la Bahía Interior tienden a permanecer y acumularse ahí. Desde un punto de vista positivo, esta barrera (conformado por sedimentos aluviales) previene la contaminación hacia la Bahía Exterior donde el agua del lago es usada para abastecimiento de agua o pesca.

### (2) Problemas en el usos de agua causados por la Eutroficación Significativa

Dada la eutroficación significativa, la sobreproducción de fitoplancton ocasiona la pérdida de la transparencia del agua y el consumo excesivo de oxígeno durante su muerte y descomposición. El deterioro de la calidad del agua deprecia el valor del uso del agua tales como abastecimiento de agua, pesca o turismo.

La planta flotante *Lemna* (lenteja de agua) se extiende a lo largo de la Bahía Interior de Puno debido a la significativa eutroficación. Cuando el viento sopla hacia el oeste, el *Lemna* se acumula en la ribera occidental del lago y su densidad alcanza entre 10 a 15 cm de espesor. En consecuencia, la densa capa de *Lemna* no sólo obstruye la navegación de los botes sino también afecta la vista panorámica, lo que deprecia el valor de las atracciones turísticas.

La cosecha del *Lemna*, como medida anteriormente mencionada, fue conducida por el Comité Multisectorial para el Mejoramiento Medioambiental de la Bahía Interior de Puno en el año 1998. La cosecha del *Lemna* es efectivo contra la obstrucción de

la actividad de las embarcaciones, como también participa en el mejoramiento como se muestra posteriormente. Por eso, es necesario que la eliminación del *Lemna* sea continuada.

- Eliminación de nutrientes en el lago
- Prevención de la formación de sedimentos debido al *Lemna*
- Mejoramiento de la vista depreciada por el *Lemna*

### **(3) Depreciación de los recursos turísticos**

Un opulento ecosistema en el Lago Titicaca es importante como industria turística en esta área. Sin embargo, el ecosistema existente en la Bahía Interior de Puno es depreciado por la polución de aguas, las consecuencias son:

- Emisión de olores del lago
- Agua contaminada
- Singular cantidad de *Lemna* flotante
- Eutroficación (el color se vuelve verde debido a la fotosíntesis)
- Depreciación del ecosistema en el lago (pérdida de la Totorá, la cual es una característica de la vista del Lago Titicaca).

### **(4) Problemas del Ecosistema**

El deterioro de la calidad de agua de la Bahía Interior de Puno causa los siguientes efectos adversos:

- La pérdida de especies y disminución en abundancia de macrofitas sumergidas (y su fauna relacionada), debido principalmente a la falta de luz y a los bajos contenidos de oxígeno en las aguas profundas y fangos;
- La pérdida de bentos en gran parte del lago, causada por el bajo contenido de oxígeno en las aguas profundas y sedimentos del fondo;

- La pérdida de las áreas de desove y cría de peces, debido a la pérdida de macrofitas;
- La pérdida de especies ictiológicas y su abundancia;
- Mal funcionamiento general del ecosistema acuático de la Bahía Interior debido a las razones antes mencionadas.

No hay ninguna razón para creer que la Bahía Interior de Puno se encuentra actualmente en algún estado de equilibrio biológico con su medio ambiente. Se espera que si las causas de los problemas biológicos no son efectivamente tratadas, el ecosistema de la Bahía Interior de Puno va a continuar empeorando como ha venido ocurriendo a lo largo de estos años.

#### **(5) Odor ofensivo**

El odor ofensivo del lago ha causado problemas en las condiciones de vida y turismo. Es de suponer que el causante es el sedimento anaerobio del lago. De acuerdo a la investigación del sedimento del fondo lacustre, en la zona oeste de la Bahía Interior, muestra valores altos de pérdida de ignición y color negro que indican la condición anaerobia.

#### **(6) Problemas de Salud Pública**

Las aguas de la Bahía Interior de Puno representan el principal problema para la salud pública. Los organismos patógenos son abundantes particularmente alrededor de la costa, especialmente cerca de la orilla. Los problemas son causados por las descargas de aguas servidas domésticas no tratadas o parcialmente tratadas y por las aguas de los drenajes pluviales, así como por el uso de la zona inundable como letrinas públicas por muchas personas.

## **CAPITULO - IV**

# **MARCO DEL PLAN DE CONTROL INTEGRAL DE LA CONTAMINACION DE AGUAS PARA LA BAHIA INTERIOR DE PUNO**

## **CAPITULO – IV**

### **MARCO DEL PLAN DE CONTROL INTEGRAL DE LA CONTAMINACION DE AGUAS PARA LA BAHIA INTERIOR DE PUNO**

#### **1. CONCEPTO DEL PLAN DEL CONTROL INTEGRAL DE AGUAS CONTAMINADAS**

##### **1.2 META**

###### **(¿CUÁL ES LA META DEL PLAN?)**

El Plan de Control Integral de la Contaminación de Aguas tiene como objetivo primario el mejoramiento de la calidad de aguas de la Bahía Interior de Puno, contaminada por las urbanizaciones de la ciudad de Puno y consecuentemente contribuir con la conservación de su único medio ambiente natural y desarrollo de la economía regional y condiciones de vivienda.

##### **1.2. MATERIAS**

###### **(¿QUÉ FACTORES MEDIO AMBIENTALES DEBERÍAN SER CONSERVADOS?)**

- Calidad de Agua de la Bahía Interior de Puno.
- Paisaje de la Bahía Interior de Puno.
- Flora y Fauna de la Bahía Interior de Puno.
- Condiciones de la Salud Pública de la Bahía Interior de Puno y de la ciudad de Puno.

##### **1.3 PROPÓSITO**

**(¿POR QUÉ LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS DE LA BAHÍA INTERIOR DE PUNO DEBERÍA SER CONTROLADA?)**

### **(1) Solución de los problemas de Calidad de Agua de la Bahía Interior de Puno**

- Recuperación de la transparencia del agua lacustre
- Control de la contaminación bacteriana
- Control de la erupción de *Lemna*

### **(2) Protección de la Bahía Exterior de Puno contra la Dilatación de los Problemas de Calidad de Agua de la Bahía Interior**

- Control de la calidad de agua de la toma para abastecimiento de agua potable
- Control de la calidad de agua para la pesquería

### **(3) Conservación del Medio Ambiente Natural como Atracción Turística**

- Mejoramiento de los paisajes
- Conservación del ecosistema del agua lacustre (Totora, aves silvestres, etc.)

## **2. ESTRATEGIA DEL PLAN**

### **2.1 OBJETIVOS**

#### **(¿QUÉ NIVEL SE DEBE ALCANZAR?)**

##### **(1) Calidad del Agua Lacustre**

Recuperación de la aceptable calidad de agua como lo fue en los 1970's.

##### **(2) Paisaje**

- Reducción de la distribución de *Lemna*.
- Reducción de los residuos sólidos esparcidos hasta conseguir un nivel insignificante.

##### **(3) Ecosistema**

- Rehabilitación de la faja cañaveral (Totora).

- Conservación del hábitat para aves silvestres.
- Recuperación de los peces y bentos.

**(4) Condiciones de la Salud Pública**

- Reducción de los residuos sólidos esparcidos en la cuenca y en el lago
- Detención de la contaminación bacterial en la cuenca y en el lago

**2.2 AÑO OBJETIVO**

**(¿CUÁNDO SE MATERIALIZARÁ EL PLAN?)**

Año objetivo a corto plazo: Año 2008

Año objetivo a mediano plazo: Año 2015

Año objetivo a largo plazo: Año 2025

**2.3 AREAS OBJETIVAS**

**(¿DÓNDE SERÁ EL OBJETIVO DEL PLAN?)**

**(1) Medidas contra los Problemas de Calidad de Aguas**

**1) Cuenca/Areas de Captación**

Toda el área de captación de la Bahía Interior de Puno

**2) Lago**

Bahía Interior de Puno

**(2) Medidas contra la Deterioración Paisajista**

Toda la Bahía Interior de Puno y sus interiores

**(3) Medidas contra los Problemas Ecológicos**

Orillas norte, oeste y sur de la Bahía Interior de Puno

**(4) Medidas contra los Problemas de Salud Pública**

Toda el área de captación y área litoral de la Bahía Interior de Puno

**2.4 METODOLOGÍA**

**(¿CÓMO CONTROLAR LOS PROBLEMAS?)**

En general, los esfuerzos posibles para el mejoramiento del medio ambiente lacustre están clasificados dentro de tres categorías:

- Medidas Estructurales
- Medidas No Estructurales
- Monitoreo del Medio Ambiente

Las medidas estructurales son definidas como medidas tomadas por cuerpos administrativos para el mejoramiento físico del medio ambiente del Lago Titicaca. Las medidas no estructurales son las que apuntan a motivar a los Gobiernos estatales o locales, sectores privados o ciudadanos a tomar acciones para el mejoramiento del medio ambiente. El monitoreo del medio ambiente es definido como una herramienta de administración medioambiental, que detecta e identifica problemas medioambientales, evalúa los efectos e impactos causados por la implementación de las medidas estructurales y hace despertar la conciencia popular. Aunque las medidas estructurales deberían de ser de categoría principal, el plan integral no cumplirá su función a menos que todas las medidas sean sistemáticamente combinadas. La figura conceptual del "Plan de Control Integral de Contaminación de Aguas de la Bahía Interior de Puno" se muestra en la *Figura IV.2.1.*

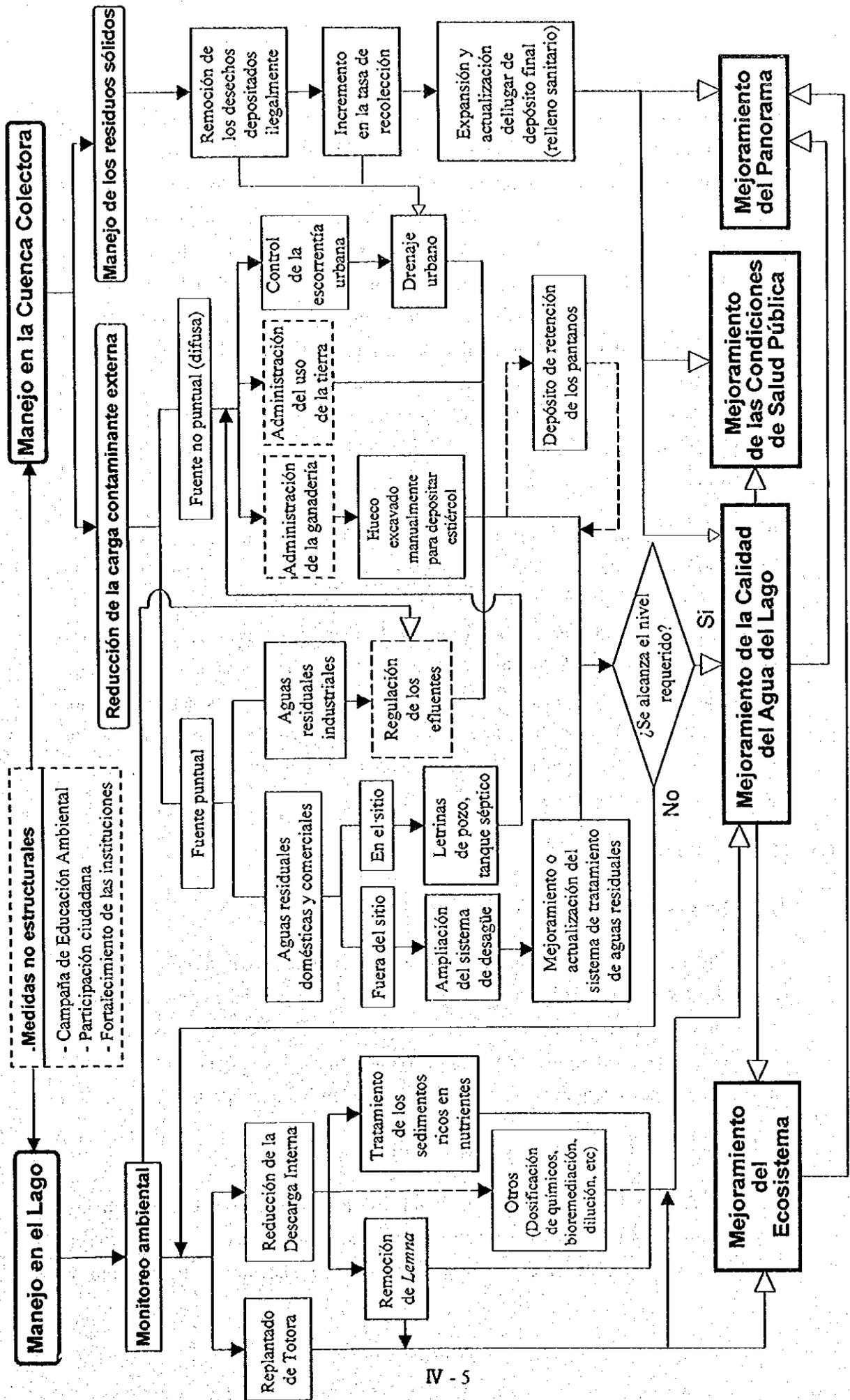


Figura IV.2.1 Esquema Conceptual del Plan Integral de Control de la Contaminación del Agua en la Bahía Interior de Puno

Los problemas de la calidad de aguas de la Bahía Interior de Puno, son ocasionados indudablemente por las cargas contaminantes vertidas desde la Ciudad de Puno y de sus cuencas. Las cargas contaminantes se han ido acumulado tanto en la columna de agua del lago como en los sedimentos del fondo, por largo tiempo. La contaminación de aguas del lago ha deteriorado el ecosistema y el paisaje de la Bahía Interior de Puno. La pobre administración de las aguas residuales ha causado también problemas de salud pública como algunas enfermedades. Por lo tanto, la primera prioridad del plan integral debe ser el mejoramiento de la calidad del agua lacustre. La reducción de las cargas contaminantes en las cuencas y en el lago mejorará la calidad del agua lacustre. Consecuentemente, el mejoramiento de la calidad del agua contribuirá al mejoramiento del ecosistema, de la salud pública y del paisaje.

El insuficiente manejo de los residuos sólidos causa las descargas ilegales como la disposición ilegal de los residuos en los canales de drenaje y en las calles, que afectan las condiciones de salud pública y contribuyen a los atoros del sistema de alcantarillado y canales de drenaje urbanos. Las aguas de las lluvias torrenciales arrastran la basura esparcida hacia el lago o hacia las áreas inundables, que deterioran la vista del paisaje del Lago Titicaca el cual es un importante componente de atracciones turísticas. Por consiguiente, en el plan integral, una alta prioridad debe ser otorgada tanto al manejo de los residuos sólidos como al mejoramiento de la calidad de aguas.

## **(1) Medidas Estructurales**

### **1) Mejoramiento de la Calidad de Aguas**

Las medidas a tomar deben comenzar con la reducción de las cargas contaminantes externas. La reducción de las cargas contaminantes externas debe comenzar con la reducción de los puntos origen de las cargas, y la reducción de los puntos no origen de las cargas sería el siguiente paso. La reducción de las cargas contaminantes internas seguirían a continuación de las cargas contaminantes externas.

#### **a. Reducción de las Cargas Contaminantes Externas**

En la Ciudad de Puno, las aguas residuales domésticas y comerciales son los mayores puntos origen de las cargas contaminantes. La mayoría de éstas pueden ser colectadas por un sistema de alcantarillado con un sistema de tratamiento y

finalmente descargadas en el lago como afluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales. Por lo tanto, la primera prioridad de la reducción de las cargas contaminantes externas será dada por el desarrollo del sistema de alcantarillado.

En el área sin sistema de alcantarillado, las aguas residuales domésticas y comerciales deben ser tratadas en el lugar, mediante servicios higiénicos sanitarios o por tanques sépticos antes de ser descargadas a los arroyos, canales de drenaje, aguas subterráneas o directamente al lago. Existen pocas fuentes de contaminación industrial en la Ciudad de Puno, sin embargo mayores fuentes contaminantes como son el matadero de ganado, deben ser obligados mediante las regulaciones de control de afluentes a instalar un sistema de tratamiento de aguas residuales con recursos propios.

Los lugares no puntuales (esparcidos) de las cargas contaminantes son aquellos descargados a los arroyos o directamente al lago, la cual sus cargas no ingresan desde fuentes como tubos pero sí mediante flujos terrestres o filtraciones subterráneas. Las áreas agrícolas y urbanas son importantes puntos no origen y su control intensivo o efectivo mediante medidas estructurales son difíciles y costosos de ejecutar.

#### **b. Reducción de Cargas Contaminantes Internas**

Una reducción significativa de las cargas contaminantes externas es esencial, pero no es una medida suficientemente necesaria para el mejoramiento de la calidad de aguas del lago para el control de la eutrofización a largo plazo. La reducción de los nutrientes externos posiblemente no tenga todos los efectos esperados de disminución de macrofitas o biomasa de algas hasta que estas fuentes internas sean manejadas.

Las medidas posibles pueden ser divididas en dos categorías, la primera sería la disminución de concentraciones de contaminantes directamente en la columna de agua, y la otra sería la reducción de cargas contaminantes desde el fondo del sedimento.

#### **2) Mejoramiento del Paisaje**

La basura esparcida en los canales, en las cuencas, a lo largo de la orilla, en las calles o alrededor del lugar de disposición final, deteriora la vista paisajista del

Lago Titicaca. Por consiguiente, el manejo de los residuos sólidos es una medida urgente para el mejoramiento paisajista en toda la cuenca.

En el lago, la *Lemna* esparcida deteriora la vista del paisaje. Por lo tanto, la extracción del *Lemna* debe ser una medida urgente a tomar, pero el monitoreo es indispensable para verificar los impactos negativos como son la proliferación de otras algas en ausencia del *Lemna*. La Totorá (caña) es el componente principal del paisaje del Lago Titicaca, la replantación de la Totorá recuperaría la perdida vista natural.

### **3) Mejoramiento del Ecosistema**

La contaminación de las aguas ha causado que ecosistema acuático en la Bahía Interior de Puno se vea empobrecida. Por lo tanto, el ecosistema acuático no mejorará hasta que la calidad del agua se vea mejorada.

La faja Totoral parece ofrecer un excelente medio ambiente acuático para el plancton, bentos y peces. Además, éste provee un hábitat o lugares para nidos de las aves silvestres. La abundancia de las aves silvestres es también un componente excelente para las atracciones turísticas. Por eso, la replantación de la Totorá recobrará o mejorará el potencial ecológico en la Bahía Interior de Puno.

### **4) Mejoramiento de las Condiciones de Salud Pública**

La remoción de las descargas dispuestas ilegalmente y de los residuos esparcidos es una medida directa para solucionar los problemas de salud pública causados por la basura esparcida, pero no es algo indispensable. La medida más esencial y urgente sería el mejoramiento de la frecuencia de recolección de basura. Además, un lugar de disposición final debe ser agrandado conjuntamente con el incremento de la frecuencia de recolección. El sistema de relleno sanitario debe ser aplicado a un lugar de disposición final según a los lineamientos propuestos por el Ministerio de Salud.

Frecuentemente se observa que en la Ciudad de Puno, algunos ciudadanos usan las orillas del lago como letrinas a cielo abierto o como lugares de rebose de aguas residuales después de las fuertes lluvias. Esto debe causar contaminación bacterial en el área litoral de la Bahía Interior de Puno. Para resolver este problema de salud pública, el sistema de alcantarillado debería ser mejorado o aumentado como

prioridad máxima, y la difusión de baños sanitarios o tanques sépticos debe ser alentada.

## **(2) Medidas No Estructurales**

Las medidas no estructurales deben sustentar o suplementar a las medidas estructurales. Una inversión a gran escala será necesaria para algunas medidas estructurales como son la expansión de los sistemas de alcantarillado. Para reunir los fondos del proyecto, será necesario elevar el costo del agua. En tal caso, la concienciación o la orientación a los ciudadanos, acerca de los proyectos a realizar deben ser formulados a través de campañas o educación medioambiental. Para reducir el costo del proyecto o para hacer del proyecto fácil de ejecutar, será necesario la consulta popular sobre su participación ciudadana. Para ejecutar o manejar el proyecto en forma eficaz, organizaciones o sistemas relevantes deben ser reforzados efectivamente o consolidados.

Las aguas residuales industriales deben ser controladas mediante regulaciones de afluentes. Es difícil controlar eficazmente los puntos no origen con un costo razonable mediante medidas estructurales, y un apropiado uso de la tierra podría ser difundido para minimizar los puntos no origen de cargas contaminantes. Debido a que los mataderos de ganado parecen generar gran parte de cargas contaminantes de los puntos no origen, debe ser regulado mediante el uso del área cercana al lago.

## **(3) Monitoreo del Medio Ambiente**

Un monitoreo periódico y continuo del medio ambiente debe ser una práctica urgente que permita tomar decisiones, así se podrá identificar los problemas medioambientales y las medidas contra estos problemas, y monitorear los efectos esperados o los impactos inesperados por las medidas estructurales. Especialmente, la eutroficación es causado por el sensitivo ecosistema acuático. La alteración del balance de los nutrientes puede causar otros problemas eutróficos, distintos a la proliferación del Lemna. El monitoreo de las fuentes contaminantes traerá bases racionales para regular los afluentes.

## **2.5 MANEJO Y EJECUCIÓN DEL PLAN**

### **(¿QUIÉN SERÁ RESPONSABLE DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN?)**

#### **(1) Manejo Global**

Una autoridad conductora a nivel estatal, quien sería competente de coordinar varias organizaciones sectoriales, decidir políticas, crear fondos, controlar presupuestos y supervisar todo el proyecto.

#### **(2) Ejecución de proyectos constitutivos**

Las organizaciones sectoriales quienes tienen experiencia en cada campo y capacidad suficiente para ejecutar los proyectos constitutivos.

#### **(3) Participación ciudadana**

La Municipalidad Provincial de Puno o las organizaciones multisectoriales, compuesta por representantes de organizaciones interesadas, pueden organizar campañas con los residentes para el mejoramiento del medio ambiente y pueden alentar a sectores públicos o privados a la participación voluntaria de las campañas.