



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**TESIS**

**FACTORES AMBIENTALES EN EL PROCESO DE  
CONTAMINACIÓN DE LA MICROCUENCA DE PUNO**

**PRESENTADA POR:**

**GERMÁN RAFAEL ESPINOZA RIVAS**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAGISTER SCIENTIAE EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PUNO, PERÚ**

**2017**



ESCUELA DE POSTGRADO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA  
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA AGRÍCOLA

TESIS

FACTORES AMBIENTALES EN EL PROCESO DE  
CONTAMINACIÓN DE LA MICROCUENCA DE PUNO



PRESENTADA POR:

GERMÁN RAFAEL ESPINOZA RIVAS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

  
.....  
DR. EDUARDO FLORES CONDORI

PRIMER MIEMBRO

  
.....  
DR. JOSÉ VERA SANTA MARÍA

SEGUNDO MIEMBRO

  
.....  
M.SC. ISIDRO ALBERTO PILARES HUALPA

ASESOR

  
.....  
M.SC. EMILIANO SATURNINO GUEVARA GUERRA

Puno, 31 de julio del 2015



## DEDICATORIA

La concepción de este proyecto está dedicada a  
  
Silvia mi esposa, pilar fundamental en mi vida y a  
  
mis hijos, compañeros inseparables de cada  
  
jornada, sin ellos jamás hubiese podido conseguir  
  
lo que hasta ahora he logrado. A ellos este  
  
proyecto, para quienes ningún sacrificio es  
  
suficiente y que sin ellos no hubiese podido ser.



## AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.
- Tengo la fortuna de contar con una familia que me apoya constantemente, a mi esposa Silvia por su paciencia y comprensión, que prefirió sacrificar su tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío, por su generosidad y sacrificio me inspiro a ser mejor para ella, gracias por estar siempre a mi lado. A mis hijos Gerson, Héلمان y Silvia Sariah, el tiempo que dedique a esta tesis fue de ausencia para ellos, que este logro sea una meta a superar en sus estudios.
- A mis padres, Rafael y Eusebia, por sus ejemplos de perseverancia y constancia por sus consejos y valores que me han motivado a la consecución de este logro. Querida familia puedo decir que esta tesis lleva mucho de ustedes.
- A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, a la plana de docentes de la Escuela de Post Grado, por su aporte significativo en mi formación académica.
- A mis jurados de Tesis, al Dr. Eduardo Flores Condori, al Dr. José Vera Santa María, al M.Sc. Alberto Pilares Hualpa por sus aportes, sugerencias, recomendaciones y el apoyo constante en la realización del presente trabajo de investigación. A mi asesor de Tesis, al M.Sc. Emiliano Guevara Guerra, en quien he encontrado un amigo y excelente profesional. Al M.Sc. Ariel Aquino Pacheco, quien su motivación y apoyo constante fue valioso para el desarrollo de esta tesis.



## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	16

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

1.1	PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.1.1	Problema General	20
1.1.2	Problemática Específica	20
1.2	JUSTIFICACIÓN	21
1.3	OBJETIVOS	21
1.3.1	Objetivos Generales	21
1.3.2	Objetivos Específicos	21
1.4	HIPÓTESIS	21
1.4.1	Hipótesis General	21
1.4.2	Hipótesis Específico	22



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1	ANTECEDENTES	23
2.2	MARCO LEGAL	25
2.2.1	Legislación de carácter general	25
2.2.2	Normas relacionadas con el agua y cuerpos acuáticos	37
2.3	NORMAS RELACIONADAS CON LA EUTROFICACIÓN DE LAGOS	42
2.4	OTRO CRITERIO PARA COMPARAR LA CALIDAD DEL AGUA DE LA BAHÍA INTERIOR DE PUNO	42
2.5	MARCO TEÓRICO	43
2.5.1	Geología regional	43
2.5.2	Estratigrafía regional	44
2.5.2.1	Unidades Estratigráficas Pre-Cuaternarias	45
2.5.2.2	Unidades Ígneas Volcánicas y Plutónicas Pre-Cuaternarias	50
2.5.2.3	Unidades Cuaternarias Recientes (Qr-fa, Qr-fl)	52
2.6	MICROZONIFICACIÓN GEOTÉCNICO AMBIENTAL	56
2.6.1	Clase 1	57
2.6.2	Clase 2	57
2.6.3	Clase 3	57
2.6.4	Clase 4	57
2.7	CONTAMINACIÓN GEOQUÍMICA	57
2.7.1	Zona A	58



2.7.2	Zona B	58
2.8	GEOMORFOLOGÍA	58
2.9	AGENTES MORFOGENÉTICOS	59
2.9.1	Tectónicos	59
2.9.2	Volcánicos	59
2.9.3	Hidroclimáticas	59
2.9.4	Lacustres	60
2.9.5	Eólicos	60
2.9.6	Antrópicos	61
2.10	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	61
2.10.1	Macrosistema lacustre	61
2.10.1.1	Sistema de la Gran Bahía de Puno	62
2.10.1.2	Sistema área de la Bahía Exterior	66
2.10.1.3	Sistema de la Bahía Interior de Puno	69
2.10.2	Macrosistema terrestre: microcuenca	73
2.10.3	Macrosistema antrópico	81
2.11	PROCESOS MORFODINÁMICOS EN LA MICROCUENCA	83
2.11.1	Procesos de origen lacustre	84
2.11.2	Procesos fluvio - aluviales	86
2.11.3	Procesos eólicos	87
2.11.4	Procesos antrópicos	87
2.12	UNIDADES GEOGRÁFICAS EN LA MICROCUENCA	88



2.12.1	Zona circunlacustre	88
2.12.1.1	Orilla Circunlacustre	88
2.12.1.2	Área Media Circunlacustre	89
2.12.1.3	Área Interior Circunlacustre	89
2.12.2	Zona intermedia	90
2.12.3	Zona cordillerana	91
2.13	ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES	91
2.13.1	Demografía	91
2.13.2	Aspectos socioeconómicos	93
2.13.2.1	Estratificación Social	93
2.13.2.2	Población Económicamente Activa	94
2.13.2.3	Organizaciones Sociales	95
2.13.3	Salud y educación	98
2.13.3.1	Salud	98
2.13.3.2	Agua Potable y Alcantarillado	99
2.13.3.3	Educación	101
2.13.4	Red vial y comunicaciones	102
2.13.4.1	Sistema Vial	102
2.13.4.2	Transporte	103
2.13.4.3	Telecomunicaciones	106
2.13.5	Uso de la tierra	107
2.13.5.1	Uso Residencial	107





2.13.5.2	Uso Comercial	107
2.13.5.3	Equipamiento	107
2.13.5.4	Usos Especiales	108
2.13.5.5	Cerros e Islas	108
2.13.6	Actividades económicas	108
2.13.6.1	Actividad Comercial y de Servicios	108
2.13.6.2	Actividad Industrial	109
2.13.6.3	Cultural	109
2.13.6.4	Estilos de vida y Costumbres en la Ciudad de Puno	110
2.13.6.5	Actividad Turística	112
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>METODOLOGÍA</b>		
3.1	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	116
3.1.1	Ubicación	117
3.1.2	Accesibilidad	118
3.1.3	Características Morfológicas de la Microcuenca Puno	118
3.1.4	Características Hidrológicas de la Microcuenca Puno	119
3.1.5	Clima	119
3.2	FACTORES AMBIENTALES DEL ÁREA DE ESTUDIO	120
3.3	METEOROLOGÍA	121
3.3.1	Temperatura	122
3.3.2	Evaporación	124



3.3.3	Horas de sol	124
3.3.4	Presión atmosférica	125
3.3.5	Humedad relativa	125
3.4	HIDROLOGÍA	125
3.4.1	Niveles de precipitación	126
3.4.2	Precipitación máxima en 24 horas	126
3.4.3	Precipitación total mensual	129
3.5	VIENTOS	130
3.6	NUBOSIDAD	131
3.7	CLASIFICACIÓN MICROCLIMÁTICA	131
3.7.1	Zonas de enfriamiento rápido	132
3.7.2	Zonas de enfriamiento lento	133
3.7.3	Zonas de abrigo	133
3.7.4	Zonas frías	133
3.7.5	Zonas semifrías	134
3.8	CONDICIONES CLIMÁTICAS PREDOMINANTES	134
3.9	INFLUENCIA DEL CLIMA EN LA MICROCUENCA	135
3.10	AGUAS RESIDUALES	137
3.11	AGUAS PLUVIALES	144
3.12	RESIDUOS SOLIDOS	149
3.13	DIAGRAMA CAUSA-EFECTO DE LA CONTAMINACIÓN DE LA MICROCUENCA DE PUNO	151



3.14	TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	153
------	--------------------------	-----

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	PARÁMETROS FÍSICOS	155
4.1.1	Temperatura	155
4.1.2	TRANSPARENCIA	157
4.1.3	pH	158
4.1.4	OXÍGENO DISUELTO	159
4.2	PARÁMETROS QUÍMICOS	160
4.2.1	Demanda Bioquímica de Oxígeno	160
4.2.2	Nitrógeno Total	161
4.2.3	Fósforo Total	162
4.3	PARÁMETROS BIOLÓGICOS	162
4.4	RESUMEN DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN EN LA MICROCUENCA	164
4.4.1	pH	165
4.4.2	Demanda bioquímica de oxígeno	165
4.4.3	Transparencia	167
4.4.4	Fósforo total	168
4.4.5	Coliformes totales y fecales	168
4.5	MATRIZ RESUMEN DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN	169
4.6	MATRIZ DE PRIORIZACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES	170



CONCLUSIONES	172
RECOMENDACIONES	174
BIBLIOGRAFÍA	176



## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Clasificación de los cursos de agua y de la zona costera	41
2. Criterios de la OECD para la clasificación trófica de lagos	42
3. Características de calidad de agua de la bahía exterior	43
4. Parámetros de estabilidad geotécnica	56
5. Unidades geomorfológicas	64
6. Temperatura media mensual °C estación Puno	123
7. Precipitación máxima de 24 horas (mm) estación Puno	127
8. Precipitación máxima de 24 horas (mm) estación Puno	129
9. Determinación microclimática microcuenca de Puno y su entorno ambiental	132
10. Ubicación física relativa del microclima estimado por aproximación y su aptitud para la adecuación ambiental (según la temperatura, evaporación, fisiografía y altitud)	136
11. Descarga de contaminantes (kg/día)	138
12. Reporte de resultados físicos y químicos	139
13. Criterios básicos de diseño	139
14. Características del agua cruda y el efluente secundario de la planta de tratamiento de aguas servidas el Espinar	141
15. Aporte diario de la planta de tratamiento el espinar a la bahía interior de Puno en época seca	142
16. Descarga de contaminantes (kg/día)	146
17. Promedio de análisis de nutrientes en el agua de drenajes	147
18. Componentes de residuos sólidos	151



19. Coliformes totales y fecales	162
20. Análisis de coliformes y termotolerantes	164
21. Rangos promedio dbo5	166
22. Matriz de indicadores de la contaminación del agua de la bahía interior de Puno	169
23. Matriz de priorización de los factores ambientales de contaminación de la microcuenca Puno	170



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Sistema de la gran bahía de Puno	62
2. Flujograma causa-efecto de la contaminación de la microcuenca y ciudad de Puno	152

## RESUMEN

Los problemas ambientales que existen actualmente en la microcuenca de Puno, permiten visualizar ciertos conflictos que deben ser analizados a la hora de diseñar políticas medioambientales en la ciudad de Puno. Durante el desarrollo del presente estudio se evaluaron los factores ambientales que intervienen en la contaminación de la microcuenca y ciudad de Puno. El estudio está fundamentado en la metodología no experimental, explicativa y descriptiva correlacional. En la primera parte, se obtiene datos de los factores ambientales existentes de la microcuenca circundante a la ciudad de Puno. En la segunda parte, análisis de datos meteorológicos, características climáticas, condiciones geológicas, aspectos topográficos, aguas residuales, residuos sólidos, permiten formular la propuesta teórica del diseño e interpretación de los datos obtenidos. Los resultados observan que la primera causa de contaminación son los efluentes de la Laguna de Oxidación El Espinar, sistema que no remueve contaminantes a niveles ambientales aceptables. La segunda causa son las aguas residuales que se vierten a través de emisores localizados en las orillas de la bahía. La tercera causa son las aguas pluviales con mayor incidencia en el periodo de lluvias y en cuarto lugar, los residuos sólidos no biodegradables, residuos orgánicos, etc., cuyo efecto principal es la contaminación del área inundable de la bahía de Puno.

**Palabras clave:** Aguas residuales, áreas inundables, clima, contaminación, factores ambientales, geología, microcuenca, residuos sólidos.



## ABSTRACT

The environmental problems that currently exist in the Puno microwatershed allow us to visualize certain conflicts that must be analyzed when designing environmental policies in the city of Puno. During the development of the present study we evaluated the environmental factors involved in the contamination of the microwatershed and the city of Puno. The study is based on non-experimental, explanatory and descriptive correlational methodology. In the first part, data collection of the existing environmental factors of the microwatershed surrounding the city of Puno is used. In the second part, analysis of meteorological data, climatic characteristics, geological conditions, topographic aspects, wastewater, solid waste, among others allow to formulate the theoretical proposal of the design and interpretation of the data obtained. The results show that the first cause of contamination is the effluent from the El Espinar Oxidation Lagoon, a system that does not remove contaminants at acceptable environmental levels. The second cause in order of priority is the sewage discharged through emitters located on the shores of the bay. The third cause is rainwater with the highest incidence in the rainy season and fourth, non-biodegradable solid waste, organic waste, etc., whose main effect is the contamination the flooded area of the Bay of Puno.

**Keywords:** climate, environmental factors, flooded areas, geology, microwatershed, pollution, solid waste and wastewater,

## INTRODUCCIÓN

La ciudad de Puno está circundada por varias quebradas que actualmente padecen una erosión importante existiendo en toda el área problemas erosivos serios al igual que en las zonas de Uros Chulluni, Salcedo y Jayllihuaya, localidades adyacentes a la microcuenca y ciudad de Puno. La textura ligera de muchos de los suelos hace que sean poco coherentes y fácilmente erosionables. Las fuerzas erosivas de la naturaleza y la actual configuración de las laderas, los mismos que, en la generalidad de los casos, se caracterizan por tener colinas con fuertes pendientes que acelera la erosión del suelo de las partes altas de las quebradas y consecuentemente la inundación de la parte baja del centro de la ciudad de Puno, específicamente hacia el lado este (Bahía Interior de Puno), provocando en el sistema de drenaje pluvial y de alcantarillado la sedimentación o colmatación por material acarreado por el agua de lluvia.

Con el auge y el crecimiento socio económico del centro urbano, la ciudad creció y permitió la edificación de viviendas en la zona alta, la geomorfología de carácter escarpado de donde toda la cubierta vegetal protectora fue previamente eliminada. Las partes altas de la ciudad de Puno se encuentran actualmente sin forestación u cubierta vegetal protectora, muchos canales naturales, drenes o cárcavas transportan materiales en suspensión a través de las quebradas, por otro lado la “cimentación” o sea el crecimiento desmedido del pavimento y las estructuras de hormigón, hizo que las laderas naturalmente deleznable por su naturaleza altamente arenosa se erosionarán cada vez más rápida en cada temporada lluviosa, inundando los asentamiento en la parte baja de la ciudad. La expansión urbana sigue creciendo hacia las laderas de la microcuenca circundante a la ciudad de Puno. Todos los desperdicios generados por este



casco urbano y la erosión asociada a la construcción, son ahora vertidos hacia la bahía interior del lago. Los indicios de contados intentos de reforestación se observan en muchos kilómetros a la redonda. Se trata exclusivamente de eucaliptos, Q'olle y Queñua, que desencadenan otros efectos negativos, como es el caso del eucalipto la mayor demanda de agua para su crecimiento.

Sin embargo, La ciudad de Puno, no está exento de estos problemas ambientales, tales como son el mismo problema de la erosión de suelos, mal manejo de los residuos sólidos, aguas servidas, conexiones clandestinas, residuos sólidos y deficiencia de servicios básicos principalmente los servicios higiénicos así como el actual problema de inoperatividad de la Planta de Tratamiento El Espinar que se encuentra en una situación de conflicto.

## CAPÍTULO I

### PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

En estos últimos años se han ejecutado proyectos de investigación y desarrollo que, por la complejidad del medio ambiente y condiciones económico - sociales, no lograron dar un adecuado seguimiento y evaluación al manejo de los recursos naturales. Por ello es posible percibir un incremento de los procesos de contaminación, deforestación y erosión del suelo, necesarios de evaluar y relacionarlos con los recursos de flora y fauna, así como analizar los factores que intervienen en el proceso erosivo de los suelos en las microcuencas circundantes de la ciudad de Puno.

En la actualidad, las políticas y las fuerzas del mercado han provocado un incremento de la pobreza en el Altiplano. En el sector rural se presenta una sobre explotación del suelo por las necesidades de la población y; dado que ésta región es dedicada a una agricultura y un pastoreo extensivo, la modalidad de ocupación asociada a una variabilidad de relieve de fuertes pendientes pueden,

a futuro, disminuir la productividad y acentuar el empobrecimiento de los campesinos. (Reynoso, 1999).

La ciudad de Puno está rodeada de varias microcuencas que su situación actual padece una erosión importante existiendo en toda el área problemas erosivos serios al igual que en las zonas de Uros Chulluni, Salcedo y Jayllihuaya, localidades adyacentes a la microcuenca y ciudad de Puno. La textura ligera de muchos de los suelos hace que sean poco coherentes y fácilmente erosionables. Las fuerzas erosivas de la Naturaleza la actual configuración de las laderas, los mismos que, en la generalidad de los casos, se caracterizan por tener colinas y con fuertes pendientes que acelera la erosión del suelo de las partes altas de las microcuencas y consecuentemente la inundación de la parte baja del centro de la ciudad de Puno, específicamente hacia el lado este (Bahía Interior de Puno), provocando en el sistema de drenaje pluvial y de alcantarillado la sedimentación o colmatación por material acarreado por el agua de lluvia.

Con el auge y el crecimiento socio económico del centro urbano, la ciudad creció y permitió la edificación de viviendas en la zona alta, la geomorfología de carácter escarpado de donde toda la cubierta vegetal protectora fue previamente eliminada. Las partes altas de la ciudad de Puno se encuentra actualmente sin forestación u cubierta vegetal protectora, muchos canales naturales, drenes o cárcavas transportan materiales en suspensión a través de las microcuencas, por otro lado la “cimentación” o sea el crecimiento desmedido del pavimento y las estructuras de hormigón, hizo que las laderas- naturalmente deleznable por su naturaleza altamente arenosa se erosionarán cada vez más rápida en cada temporada lluviosa, inundando los asentamiento en la parte baja de la ciudad. La expansión urbana sigue creciendo hacia las laderas de la ciudad. Todos los

desperdicios generados por este casco urbano y la erosión asociada a la construcción, son ahora vertidos hacia la bahía interior del lago. Los indicios de contados intentos de reforestación se observan en muchos kilómetros a la redonda. Se trata exclusivamente de eucaliptos, Q'olle y Queñua, que desencadenan otros efectos negativos, como es el caso del eucalipto la mayor demanda de agua para su crecimiento.

Sin embargo, La ciudad de Puno, no está exento de estos problemas ambientales, tales como son el mismo problema de la erosión de suelos, mal manejo de los residuos sólidos, aguas servidas, conexiones clandestinas, residuos sólidos y deficiencia de servicios básicos principalmente los servicios higiénicos así como el actual problema de inoperatividad de la Planta de Tratamiento El Espinar que se encuentra en una situación de conflicto.

### **1.1.1 Problema General**

¿Cuáles son los factores ambientales que intervienen en la contaminación de la ciudad y microcuenca de Puno?

### **1.1.2 Problemática Específica**

- ¿Cuáles son las causas y consecuencias de la contaminación en la microcuenca y ciudad de Puno?
- ¿Cuál es el grado de contaminación de las aguas de la bahía de Puno?
- ¿Cómo se puede mejorar la gestión ambiental tendientes a la recuperación de la calidad ambiental de la ciudad y microcuenca de Puno?

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

En el último tiempo, la ciencia y la tecnología se han caracterizado por la progresiva incorporación de la cuestión ambiental como tema de fondo en su desarrollo. Esta situación responde a una creciente preocupación por el acelerado deterioro de la naturaleza y agotamiento de recursos naturales provocados por la expansión de la actividad del hombre, tanto en su extensión como intensidad. Esto no solo representa intereses de tipo naturalistas o conservaciones de gran difusión hoy en día, sino que una preocupación por el bienestar y calidad de vida de futuras generaciones.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivos Generales

Identificar los factores ambientales que intervienen en el proceso de contaminación de la microcuenca de Puno.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar de qué manera los factores ambientales intervienen en el proceso de la contaminación de la ciudad y microcuenca de Puno.
- Identificar cuál de estos factores es el más contaminante en el proceso de contaminación.

## 1.4 HIPÓTESIS

### 1.4.1 Hipótesis General

Los factores ambientales identificados intervienen directamente en el proceso de contaminación de la microcuenca y ciudad de Puno.



#### 1.4.2 Hipótesis Específico

- La contaminación de la ciudad y microcuenca de Puno, está influenciado por los factores ambientales y agentes antrópicos.
- Las actividades antrópicas son los que afectan directamente al proceso de contaminación de la ciudad de Puno.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES

La ciudad de Puno está rodeada de varias quebradas y cárcavas que hacen que su situación actual padezca una erosión importante existiendo en toda el área problemas erosivos serios al igual que en las zonas de Uros Chulluni, Salcedo y Jayllihuaya, localidades adyacentes a la microcuenca y ciudad de Puno. La textura ligera de muchos de los suelos hace que sean poco coherentes y fácilmente erosionables. Las fuerzas erosivas de la naturaleza han configurado el relieve y geomorfología del área, los que en la actualidad se caracterizan por tener colinas con fuertes pendientes que acelera la erosión del suelo de las partes altas de las microcuenca y consecuentemente la inundación de la parte baja del centro de la ciudad de Puno, específicamente hacia el lado este (Bahía Interior de Puno), provocando en el sistema de drenaje pluvial y de alcantarillado la sedimentación o colmatación por material acarreado por el agua de lluvia.

Las aguas servidas de la ciudad de Puno, a partir del año 1972 son sometidas a un tratamiento biológico por medio de una Laguna de Oxidación primaria de 23 Ha de extensión, cuyo efluente es descargado en la bahía interior de Puno.

Los problemas derivados de su ubicación generaron diversos reclamos de la población, incluidas las autoridades del Cuartel Militar Manco Cápac en el año 1976. Luego, en el período de lluvias de los años 1985-1986 la laguna fue inundada por la creciente del Lago Titicaca y debido a ello tuvo que ser inhabilitada, teniendo que descargar los desagües crudos en la bahía interior, con la consiguiente contaminación.

Para entonces la Bahía ya sufría un proceso de eutrofización (muerte de algas ocasionada por el crecimiento acelerado de varios tipos de algas), el cual se agravó con el aumento de residuos nitrogenados y fosforados del desagüe crudo, así como por el incremento de la presencia de detergentes, cuyos fosfatos son alimento para las algas. Northcote y Morales en el año 1991 dan las primeras alertas con el estudio *“Contaminación del Lago Titicaca”* despertando en la sociedad y entidades del medio interés en el caso. A partir de 1994 este fenómeno es observado en varios estudios y confirmados por el PELT a través de los siguientes estudios: *“Diagnóstico Ambiental de la Ciudad de Puno”* (1995), Estudio Definitivo *“Conducción, Tratamiento y manejo Integral de las Aguas Residuales de la Ciudad de Puno”* (1998), *“Diagnostico Ambiental de la Bahía Interior de Puno”* (2003).

Los esfuerzos continuaron a través de instituciones y profesionales del medio, citar por ejemplo a: Dirección General de Salud Ambiental DIGESA (1999),

(EMSAPUNO) (2006), Ocola (1997), Romero (1999), Salas y Ocola, (1995) y Valderrama y Córdova. (2003).

En este contexto, la investigación que se realizará contribuirá de alguna manera a iniciar un proceso sistemático de acopio y análisis de información sobre los problemas ambientales y para tener una base sólida de conocimiento que sea soporte primario al proceso de toma de decisiones a diferentes niveles jerárquicos dentro del ámbito del Distrito de Puno.

## **2.2 MARCO LEGAL**

Uno de los puntos de los puntos de partida de la Gestión Ambiental, es el conocimiento y cumplimiento de las Leyes o Normas en materia ambiental, por parte de las personas que dentro de las instituciones toman decisiones en materia de gestión ambiental; por ello es importante puntualizar en detalle la normatividad ambiental pertinente y vigente en el país.

A continuación se presentan las leyes y normas que tienen relación directa o indirecta con la problemática ambiental de la Bahía Interior de Puno.

### **2.2.1 Legislación de carácter general**

Antes de proceder a desarrollar el presente capítulo, es necesario indicar que este tratará exclusivamente la normatividad legal existente, en relación con la conservación y preservación del recurso hídrico y del ambiente, en relación con la situación ambiental actual de la Bahía Interior de Puno. Dentro de esta legislación se tiene:

**a) La Constitución Política del Perú (promulgada el 29/12/1993)**

**Artículo 2:** Este artículo establece el derecho que toda persona tiene a la paz, tranquilidad, al disfrute del tiempo libre, así como gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

**Artículo 66:** Se indica en este artículo que, los recursos renovables son patrimonio de la nación y que por Ley Orgánica se fijan las condiciones de su utilización y otorgamiento a particulares.

**Artículo 67:** Se establece que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales.

**b) El Código del Medio Ambiente (Decreto Legislativo N° 613 del 08/10/1990)**

**Artículo I del Título Preliminar:** Establece la obligación del Estado de prevenir y controlar la contaminación ambiental y cualquier proceso de deterioro o depredación de los recursos naturales que puede interferir en el normal desarrollo de toda forma de vida y de la sociedad.

**Artículo II del Título Preliminar:** Indica que el medio ambiente y los recursos naturales constituyen patrimonio común de la nación; su protección y conservación de interés social y pueden ser invocados como causa de necesidad y utilidad públicas.

**Artículo III y IX Del Título Preliminar:** Establece el derecho de las personas a exigir una acción rápida y efectiva ante la justicia en defensa del medio ambiente y de los recursos naturales. Asimismo indica que,

ninguna consideración o circunstancia puede legitimar o excusar acciones que pudieran implicar el exterminio de especies animales o vegetales.

**Artículo XI del Título Preliminar:** Establece la obligatoriedad de preservar el medio ambiente y el uso sostenible de los recursos. Indica asimismo la obligatoriedad de preservar el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales y la utilización sostenida de las especies, de los ecosistemas y en general de los recursos naturales.

En este Artículo se establece claramente que la utilización de los recursos naturales debe efectuarse en condiciones racionales y compatibles en la capacidad de depuración ó recuperación del medio ambiente y de la regeneración de dichos recursos.

**Artículo 1:** Este artículo indica que la Política Ambiental del Perú tiene como objetivo la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales. Dentro de los lineamientos de esta política se establece la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales; que el aprovechamiento de los recursos naturales debe hacerse de modo compatible con el equilibrio ecológico, el control y prevención de la contaminación ambiental y la conservación de los ecosistemas, así como efectuar las acciones de control de la contaminación ambiental.

**Artículo 2:** Establece la prohibición de descargar sustancias contaminantes que degraden los ecosistemas o alteren la calidad del ambiente, sin adoptarse las precauciones para su depuración.

**Artículo 15:** Establece la prohibición de verter residuos sólidos, líquidos ó gaseosos, que alteren las aguas en proporción capaz de hacer peligrosa

su utilización. La autoridad competente efectuará muestras periódicas de las aguas para velar por el cumplimiento de esta norma.

**Artículo 22:** La Autoridad Ambiental está facultada para inspeccionar establecimientos donde se lleve a cabo actividades que generen riesgo ambiental; asimismo las faculta a exigir la información que le permita verificar el cumplimiento de las disposiciones legales.

**Artículo 49:** Establece la obligatoriedad del Estado para proteger y conservar los ecosistemas.

**Artículo 108:** Indica que el Estado establece zonas en las que se prohíben las descargas de aguas residuales de efluentes industriales ó domésticas, sin tratamiento previo y en cantidades y concentraciones que sobrepasen los límites permisibles.

**c) Ley de Creación del Consejo Nacional del Ambiente. CONAM. (Ley N°26410 del 22/12/1994)**

**Artículo 3:** Dentro de los objetivos del CONAM está el promover la conservación del ambiente, y propiciar el equilibrio entre el desarrollo económico, el uso sostenible de los recursos naturales y la conservación del ambiente.

**Artículo 4:** Establece que las funciones del CONAM, entre otras son:

Formular, coordinar, dirigir y evaluar la Política Nacional Ambiental y velar por su estricto cumplimiento.

Coordinar y concertar las acciones y los sectores y organismos en asuntos ambientales, a fin que estas guarden armonía con las políticas establecidas.

Establecer los criterios y patrones de calidad ambiental, así como coordinar con los sectores la fijación de límites permisibles para protección ambiental.

#### **d) Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada**

**Artículo 50:** En este artículo se establece que las Autoridades Sectoriales Competentes para conocer sobre asuntos relacionados con la aplicación de disposiciones del Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales son los Ministerios ó los Organismos Fiscalizadores según sea el caso.

**Artículo 51:** La Autoridad Nacional Competente comunica al CONAM sobre las actividades a desarrollarse en su sector, que por su riesgo ambiental pudieran exceder los niveles ó estándares tolerables de contaminación ó deterioro del ambiente, los que obligatoriamente deberán presentar un EIA previo a su ejecución y sobre los Límites Máximos Permisibles del Impacto Ambiental Acumulado.

**Artículo 52:** Indica que en los casos de peligro grave ó inminente para el medio ambiente, la Autoridad Sectorial Competente, con conocimiento del CONAM, podrá adoptar las medidas que hagan desaparecer el riesgo ó medidas que limiten el desarrollo de las actividades que generan peligro grave e inminente para el medio ambiente.

**Artículo 57:** En lo referente a las empresas que prestan Servicios de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado, indica que deben

acreditar con la correspondiente certificación que cumplen con las normas de calidad física, química o bacteriológica del agua potable y las condiciones de tratamiento de desagüe para su disposición final. En caso que no se cuente con el certificado de calidad, requerido por el Ministerio de Salud, incurrirán en el delito previsto en el Artículo 305 del Código Penal.

Novena Disposición Complementaria: Indica que toda mención hecha en el Decreto Legislativo N° 613, Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, a “Autoridades”, “Autoridad Competente” ó “Autoridad Ambiental” se entenderá referida a la Autoridad Sectorial Competente, es decir al Ministerio del Sector Correspondiente o la actividad que se desarrolla.

Asimismo, toda prohibición hecha en dicha norma legal de contaminar el medio ambiente, se entenderá referida a lo que excede a los límites tolerables de contaminación establecidos para cada efluente por la Autoridad Sectorial Competente, tomando en consideración la degradación acumulativa.

#### **e) Código Penal (Decreto Legislativo N° 635 del 06/04/91)**

**Artículo 304:** Establece para privativa de libertad menos de 3 años ó multas a quienes contaminen al medio ambiente vertiendo residuos sólidos, líquidos, gaseoso por encima de los Límites Máximos Permisibles y que causen ó puedan causar perjuicio en la flora, fauna y recursos hidrobiológicos.



**Artículo 305:** Establece elevar penas, pero en ningún caso cárcel por un tiempo mayor a 4 años, cuando los vertidos a que hace mención el artículo anterior origina peligro para la salud, o que afecten gravemente a los recursos naturales que constituyen la base de la actividad económica.

**Artículo 314:** Establece que el Juez Penal ordenará como medida cautelar la suspensión inmediata de la actividad contaminante, así como la clausura definitiva o temporal del establecimiento de que se trata, sin perjuicio de lo que pueda ordenar la autoridad en materia ambiental.

**f) Ley Orgánica de Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales (Ley N° 26821 del 26/06/1997)**

**Artículo 13:** Indica que las Leyes Especiales que regulan el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, precisarán el sector ó sectores del Estado, responsables de la gestión de dichos recursos e incorporación mecanismos de conducción con los otros sectores, a fin de evitar que el otorgamiento de derechos genere conflictos ó degradación de los recursos naturales. Los sectores involucrados en la gestión de los recursos naturales deberán emitir opinión previa a la decisión final del sector correspondiente.

**Artículo 28:** Establece que los recursos naturales deben aprovecharse en forma sostenible; es decir en forma racional, teniendo en cuenta su capacidad de renovación, evitando su explotación y reponiéndoles cualitativa y cuantitativamente.

**g) Ley General de Salud (Ley N° 26842 del 20/07/1997)**

**Artículo 104:** Establece la prohibición para realizar descargas de desechos ó sustancias contaminantes en el agua, aire ó suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente.

**Artículo 107:** Establece que la Autoridad de Salud vigilará el cumplimiento de las disposiciones referentes al abastecimiento de agua, alcantarillado, disposición de excretas, reúso de aguas servidas.

**h) Ley de Áreas Naturales Protegidas N° 26834, del 17 de Junio de 1997**

**Artículo 10:** Establece que: las Áreas Naturales Protegidas son los espacios continentales y/o marinos del territorio nacional, expresamente reconocidos y declarados como tales, incluyendo sus categorías y zonificaciones, para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país.

**Las Áreas Naturales Protegidas constituyen patrimonio de la Nación.**

Su condición natural debe ser mantenida a perpetuidad pudiendo permitirse el uso regulado del área y el aprovechamiento de recursos, o determinarse la restricción de los usos directos.

**Artículo 8º:** Establece que el Instituto Nacional de Recursos Naturales, INRENA, del Sector Agrario, creado por Decreto Ley No 25902, constituye el ente rector del SINANPE y supervisa la gestión de las Áreas Naturales Protegidas que no forman parte de este Sistema.

Sin perjuicio de las funciones asignadas en su Ley de creación, corresponde al INRENA:

- a. Definir la política nacional para el desarrollo de las Áreas Naturales Protegidas.
- b. Proponer la normatividad requerida para la gestión y desarrollo de las Áreas Naturales Protegidas.
- c. Aprobar las normas administrativas necesarias para la gestión y desarrollo de las Áreas Naturales Protegidas.
- d. Conducir la gestión de las áreas protegidas de carácter nacional, sea de forma directa o a través de terceros bajo las modalidades que establece la legislación.
- e. Llevar el Registro y Catastro oficiales de las Áreas Naturales Protegidas y promover su inscripción en los registros correspondientes.
- f. Proponer al Ministerio de Agricultura el Plan Director, para su aprobación mediante Decreto Supremo, previa opinión del Consejo de Coordinación del SINANPE.
- g. Aprobar los Planes Maestros de las Áreas Naturales Protegidas.
- h. Velar por el cumplimiento de la normatividad vigente, los planes aprobados y los contratos y convenios que se suscriban.
- i. Supervisar y monitorear las actividades que se realicen en las Áreas Naturales Protegidas y sus zonas de amortiguamiento.

- j. Dictar las sanciones administrativas que correspondan en caso de infracciones.
- k. Promover la coordinación interinstitucional entre las instituciones públicas del Gobierno Central, Gobiernos Descentralizados de Nivel Regional y Gobiernos Locales que actúan, intervienen o participan, directa o indirectamente en la gestión y desarrollo de las Áreas Naturales Protegidas.
- l. Promover la participación de la sociedad civil, y en especial de las poblaciones locales en la gestión y desarrollo de las áreas protegidas.
- m. Nombrar un Jefe para cada Área Natural Protegida de carácter nacional y establecer sus funciones.
- n. Proponer a la instancia correspondiente, la tramitación ante UNESCO para la declaración e inscripción de Sitios de Patrimonio Mundial y el reconocimiento de Reservas de la Biosfera.

**i) Ley Orgánica de Municipales. Ley N° 27972 del 27.05.2003**

Esta ley, establece, entre otras funciones generales, que las Municipalidades deben realizar diversas acciones destinadas a proporcionar al ciudadano el ambiente adecuado para la satisfacción de sus necesidades vitales (Art. 10º, del Título Preliminar); asimismo, establece que las municipalidades y los Gobiernos Locales promueven el desarrollo integral, para viabilizar el crecimiento económico, la justicia social y la sostenibilidad ambiental

En materia de competencia municipal en el Art. 73°, establece que dentro del marco de competencias y funciones específicas establecidas en la presente Ley, el rol de las municipalidades comprende entre otras, emitir las normas técnicas generales, en materia de organización del espacio físico y uso del suelo así como sobre la protección y conservación del ambiente.

Por otro lado, las municipalidades tomando en cuenta su condición de municipalidad provincial y distrital, asume las competencias y funciones específicas señaladas en el Cap. II del Título V, como carácter exclusivo o compartido, entre otras, la protección y conservación del medio ambiente.

El Art. 80° de saneamiento, salubridad y salud, indica que las municipalidades ejercen entre otras funciones específicas, la de regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial, regular y controlar la emisión de humos, gases, ruidos y demás elementos contaminantes de la atmósfera y el ambiente.

**j) Ley de Creación de la RNT (D.S N° 185-78-AG del 31 de Octubre de 1978).**

El cual establece la creación de la Reserva Nacional del Titicaca (RNT), el cual forma parte del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. Tiene su base legal inicial en el Decreto Ley N° 160-77-AG Reglamento de las Unidades de Conservación del 31 de Marzo de 1977.

**k) Ley N° 27814, del 13 de Agosto del 2002, que Declara de Necesidad y Utilidad Pública la Descontaminación de la Bahía Interior de Puno.**

Mediante la cual se autoriza a los Ministerios de Economía y Finanzas y de Relaciones Exteriores a gestionar, en coordinación con el Instituto Nacional de Desarrollo - INADE y la Municipalidad Provincial de Puno, los recursos económicos de Cooperación Internacional, de endeudamiento externo y tesoro público, complementarios a los ya destinados por el Ejecutivo.

**l) Decreto Supremo N° 007-2002-MINCETUR**

Mediante el cual se dispone la Creación de la Comisión Técnica Multisectorial, encargada de proponer el Plan de Recuperación Ambiental de la Bahía Interior de Puno en el Lago Titicaca tendiente a evaluar las condiciones actuales de la contaminación y evaluar las soluciones técnicas viables; la cual estará constituida por diferentes organismos locales y nacionales.

**m) Convenio de Diversidad Biológica (CDB)**

Establece que los objetivos que se han de perseguir, de conformidad con las disposiciones pertinentes, son la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización de recursos genéticos, mediante, entre otras cosas, un acceso adecuado a esos recursos y una transferencia apropiada de las tecnologías pertinentes, teniendo en cuenta todos los derechos sobre esos recursos y esas tecnologías, así como mediante una financiación apropiada.

En el Artículo 2 (Términos utilizados), por “área protegida” se entiende, un área definida geográficamente que haya sido designada o regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación. Según este análisis, los objetivos y alcances de la Reserva Nacional del Titicaca se enmarcan dentro los alcances del Artículo 1 y 2 del CDB.

### **2.2.2 Normas relacionadas con el agua y cuerpos acuáticos**

#### **Ley General de Aguas (Decreto Ley N° 17752 del año 1969)**

**Artículo 10:** Establece que el ente encargado en cuanto a la conservación e incremento del agua es el Ministerio de Agricultura y Pesquería y en lo que respecta a la preservación de los recursos hídricos es el Ministerio de Salud.

Asimismo indica que dichos entes deben dictar las providencias que sancionen y pongan fin a la contaminación ó pérdida de aguas, cuidando su cumplimiento.

**Artículo 14:** Establece que nadie podrá variar el régimen, naturaleza o calidad de las aguas, ni alterar sus cauces, sin la correspondiente autorización y en ningún caso si con ello se perjudica la salud pública o se causa daños a la colectividad ò a los recursos naturales.

**Artículo 17:** Indica que en estados declarados de emergencia por escasez, exceso de contaminación u otras causas, la Autoridad de Aguas o la Sanitaria, en su caso, dictarán las disposiciones convenientes para que las aguas sean protegidas y controladas.

**Artículo 22:** Establece la prohibición para verter o emitir residuos sólidos, líquidos ó gaseosos que puedan contaminar las aguas, causando daños ó poniendo en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora y fauna.

También se establecen las condiciones en que se pueden realizar estas descargas, cuando son sometidas a procesos previos de tratamiento o se compruebe que las condiciones del receptor permitan procesos naturales de purificación.

Señala que es la Autoridad Sanitaria quien aplicará las medidas necesarias para el cumplimiento de esta disposición, llegando inclusive hasta la restricción o prohibición del uso de agua a la actividad dañina.

**Artículo 24:** Indica que la Autoridad Sanitaria será la que establecerá los límites de Concentración Permisibles de sustancias nocivas, que puedan contener las aguas, según los usos que se destinen.

**Artículo 25:** Establece que la Autoridad de Aguas podrá suspender el suministro de aguas, a solicitud de la Autoridad Sanitaria, cuando se compruebe que existe contaminación de las aguas, mientras se realicen los estudios ó trabajos que impidan la contaminación de las aguas.

**Artículo 122:** Establece sanciones para quien contamine el agua y cause daño a la salud humana y a la flora o fauna, de acuerdo a lo establecido en el Código Penal.



**Artículo 128:** Dispone que la jurisdicción Administrativa en materia de aguas corresponde al Ministerio de Agricultura y Pesquería y las de orden sanitario competen al Ministerio de Salud.

**Reglamento de los Títulos I, II Y III de la Ley General de Aguas (D.S. N° 261-69-AP, Modificado por DS 007-83-SA)**

**Artículo 57:** Establece que ningún vertimiento, de residuos sólidos, líquidos o gaseosos, podrá ser efectuado en las aguas, sin la previa aprobación de la Autoridad Sanitaria.

**Artículo 58:** Indica que todo proyecto de vertimiento de desagües domésticos, industriales, de poblaciones u otros, deberá ser aprobado por la Autoridad Sanitaria, previo a cualquier trámite, licencia o construcción.

**Artículo 61:** Establece que todo vertimiento de residuos a las aguas marítimas o terrestres del país, deberá efectuarse previo tratamiento, de acuerdo a lo dispuesto por la Autoridad Sanitaria.

**Artículo 69:** Indica que es atribución de la Autoridad Sanitaria vigilar el cumplimiento estricto de las disposiciones referentes a cualquier vertimiento que pudiera contaminar o poluir las aguas del país.

**Artículo 72 y 74:** Indica que es atribución de la Autoridad Sanitaria realizar inspecciones periódicas para comprobar el cumplimiento de las disposiciones reglamentarias vigentes, así como el de realizar la toma de muestras para su análisis correspondiente.

**Artículo 78 y 79:** Indica que es atribución de la Autoridad Sanitaria calificar los cursos de agua del país o tramos de ellos, de acuerdo al uso a las que

se les habrá de destinar y efectuar el estudio y la recopilación de todos los datos necesarios para esta calificación.

**Artículo 81:** Establece la clasificación a los cuerpos de agua, respecto a sus usos.

**Artículo 82:** Se proporcionan los valores límite para protección de las aguas, de acuerdo a sus diferentes usos.

**Reglamento del Título III de la Ley General de Aguas (D.S. N° 007-88-SA, 007-83-SA; 029-83-SA; 032-89-SA)**

**Artículo 173:** Indica que las aguas terrestres o marítimas del país, sólo podrán recibir residuos sólidos, líquidos o gaseosos previa aprobación de la Autoridad Sanitaria, siempre que sus características físico químicas y bacteriológicas no superen las condiciones máximas establecidas para dichas aguas.

**Artículo 180:** Indica que las actuales vertimientos domésticos y de poblaciones, para continuar utilizando las aguas marítimas ó terrestres, deberán ajustarse a las calificaciones establecidas para los tramos de las aguas receptoras o zonas costeras.

En lo referente a calidad de aguas, la actual norma urgente en el país es la establecida por la Ley General de Aguas N° 177752 y sus modificaciones al Reglamento de los Títulos I, II y III según el Decreto Supremo N° 007-83-S.A., para los efectos de protección de las aguas. Los valores límite se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Clasificación de los cursos de agua y de la zona costera

Denominación	Cursos de Agua						Expresado
	I	II	III	IV	V	VI	
Aluminio	-	-	-	1,00	+1	-	mg/l como Al
Arsénico	0,10	0,10	0,20	1,00	0,01	0,05	mg/l como As*
Bario	0,10	0,10	-	0,50	0,50	-	mg/l como Ba
Cadmio	0,01	0,01	0,05	-	0,0002	0,004	mg/l como Cd*
Cianuro	0,20	0,20	+1	-	0,05	0,005	mg/l como CN*
Cobalto	-	-	-	0,20	+0,20	-	mg/l como Co
Cobre	1,00	1,00	0,50	3,00	+0,01	-	mg/l como Cu*
Color	0	10	20	30	+30	-	unidad de color
Cromo hexavalente	0,05	0,05	1,00	5,00	0,05	0,05	mg/l como Cr*
Coliformes Totales	8,8	20 000	5 000	5 000	1 000	20 000	NMP/100 ml**
Coliformes Fecales	0	4 000	1 000	1 000	200	4 000	NMP/100 ml**
Oxígeno Disuelto	3	3	3	3	5	4	mg/l como O.D.
D.B.O.	5	5	15	10	10	10	mg/l como D.B.O.
Fenoles	0,0005	0,001	+0,001	-	0,002	0,002	mg/l como C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH*
Hierro	0,30	0,30	1,00	-	-	-	mg/l como Fe
Floruros	1,50	1,50	2,00	-	-	-	mg/l como F
Litio	-	-	-	5,00	+5,00	-	mg/l como Li
Magnesio	-	-	150	-	-	-	mg/l como Mg
Manganeso	0,10	0,10	0,50	-	-	-	mg/l como Mn
Mat. Ext. en Hexano (grasas)	1,50	1,50	0,50	0,00	No. Perc.	-	mg/l*
Mercurio	0,002	0,002	0,01	-	0,0001	0,0002	mg/l como Hg*
Nitrato	0,01	0,01	0,10	-	-	-	mg/l como N*
Níquel	0,002	0,002	0,002	0,50	-	-	mg/l como Ni*
PH	5-9	5-9	5-9	5-9	0,002	-	Unidades
Plata	0,05	0,05	0,05	-	5-9	-	mg/l como Ag.
Plomo	0,05	0,05	0,10	-	-	0,03	mg/l como Pb*
P.C.B.	0,001	0,001	+0,001	-	0,01	0,002	mg/l como PCB*
Selenio	0,001	0,001	0,05	0,05	0,002	0,01	mg/l como Se*
Sólidos Flotantes	0,00	0,00	0,00	Peq. Cant.	0,005	-	mg/l
Sólidos Suspendidos	-	-	-	-	Moder.	-	mg/l
Sulfatos	-	-	400	-	-	-	mg/l como SO <sub>4</sub>
Sulfuros	0,001	0,002	+0,005	-	-	0,002	mg/l como S*
	5	5	25	-	0,002	0,002**	mg/l como Zn
					0,020		

Nota: (Para efectos de Protección de las Aguas correspondiente a los diferentes usos – Valores Límites)

\* Sustancias potencialmente peligrosas.

\*\* Entendido como Valor Máximo en 80% de 5 ó 6 muestras mensuales.

La Ley General de Aguas aprobado por D.S. Nº 261-69 AP con los siguientes textos:

Artículo 81.- Para los efectos de la aplicación del presente Reglamento la calidad de los cuerpos de agua en general ya sea terrestre o marítima del país se clasificarán respecto a sus usos de la siguiente manera:

I: Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección.

II: Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración aprobados por el Ministerio de Salud.

III: Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.

IV: Aguas de Zonas Recreativas de contacto primario (baños y similares).

V: Aguas de Zona de Pesca de mariscos Bivalvos.

VI: Aguas de zona de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

### 2.3 NORMAS RELACIONADAS CON LA EUTROFICACIÓN DE LAGOS

No existen normas nacionales aplicadas a casos de eutrofización de lagos; por tal razón se presenta el criterio establecido por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico - OECD, organismo mundial que ha patrocinado trabajos de investigadores especializados en lagos. Es necesario indicar que estos criterios son producto de investigaciones de reconocidos investigadores científicos tales como Vollenweider, Wetzel y otros, y se presentan en el siguiente cuadro. Estos criterios serán utilizados para calificar el estado actual de eutrofización de la Bahía Interior de Puno.

**Cuadro 2.** Criterios de la OECD para la clasificación trófica de lagos

Categoría Trófica	Clorofila (mg/m <sup>3</sup> )		Fósforo Total (ug/l)	Transparencia a Disco Secchi (m)	
	Media	Máxima		Media	Mínimo
Ultraoligotrófico	< 1	< 2,5	< 4	> 12,0	> 6,0
Oligotrófico	< 2,5	< 8,0	< 10	> 6,0	> 3,0
Mesoeutrófico	2,5 – 8	8 – 25	10 – 35	3 – 6	1,5 – 3
Eutrófico	8 – 25	25 – 75	35 – 100	1,5 – 3	0,7 – 1,5
Hipereutrófico	> 25	> 75	> 100	< 1,5	< 0,7

Fuente: OECD 1982

### 2.4 OTRO CRITERIO PARA COMPARAR LA CALIDAD DEL AGUA DE LA BAHÍA INTERIOR DE PUNO

Como se ha podido observar, la Ley General de Aguas, expedida en el año 1969, no considera una serie de parámetros que tienen fundamental importancia, para realizar una calificación de la calidad del agua. A falta de un patrón de comparación más completo, por afinidad, se puede recurrir a comparar la calidad del agua de la Bahía Interior de Puno, con la que presenta la Bahía Exterior ya que es muy probable que, antes de recibir la contaminación de origen antrópico, el agua de la Bahía Interior de Puno haya presentado características similares

de calidad, a las que actualmente tiene la Bahía Exterior, que mantiene un estado natural.

A continuación se presenta un cuadro con los valores de los diferentes parámetros de la calidad de agua de la Bahía Exterior de Puno. Estos valores han sido obtenidos por el Proyecto Especial Lago Titicaca, en el año 1997.

**Cuadro 3.** Características de calidad de agua de la bahía exterior

Parámetros	Unidades	Valor
<b>Físicos</b>		
Transparencia	M	Hasta 16 m
Temperatura	°C	14,7
Oxígeno Disuelto	mg/l	> 6
pH	Unidades	8,2
<b>Químicos</b>		
Nitratos	mg/l	< 1,76
Nitritos	mg/l	< 0,162
Ortofosfatos	mg/l	> 0,066
Fósforo Total	mg/l	< 0,0532
Dureza Total	mg/l	> 290
<b>Biológicos</b>		
Coniformes Totales	NMP/100 ml	0,0
Coniformes Fecales	NMP/100 ml	0,0

Fuente: PELT - 1997

## 2.5 MARCO TEÓRICO

### 2.5.1 Geología regional

La geología regional de la microcuenca de Puno, está controlada por la depresión altiplánica entre la Cordillera Occidental Volcánica y la oriental metamórfico-sedimentaria, en la que se ha emplazado el Lago Titicaca.

Puntualmente el área del estudio se ubica en la zona límite entre los emplazamientos volcánicos, al Oeste de Puno y los afloramientos sedimentarios al Este; situación que ha permitido una compleja y espectacular constitución geológica en la microcuenca, ciudad y bahía interior de Puno.

La microcuenca de Puno es parte de las cadenas de macizos plegados y de volcanes de la zona circunlacustre sur occidental; las que permiten el acondicionamiento microclimático termorregulador que favorece el desarrollo de importantes ecosistemas y facilitan la ocupación social circunlacustre; caso de la ciudad de Puno.

### **2.5.2 Estratigrafía regional**

En el área se ha realizado estudios geológicos regionales, como la carta geológica a escala 1:100000 (INGEMMET), en los que se han definido y descrito ampliamente las Unidades Geológicas existentes.

Es importante destacar que en el presente estudio, el análisis geológico se orienta a destacar los factores más relevantes para el diagnóstico y planificación ambiental.

La columna litoestratigráfica muestra el conjunto de Unidades Geológico-Litológicas existentes en el área; así como, el Mapa Geológico (Ver anexo) a escala 1:25000, contiene la distribución de las unidades litológicas y estructuras geológicas que forman la microcuenca de Puno.

### **2.5.2.1 Unidades Estratigráficas Pre-Cuaternarias**

Comprende el conjunto de formaciones geológicas sedimentarias que afloran y sobre las cuales se entiende la ciudad y bahía interior de Puno.

En el área se han identificado cinco unidades litoestratigráficas sedimentarias, que forman el 50% del elemento físico del área estudiada y sobre las cuales se cimientan las zonas de expansión urbana de la ciudad de Puno.

#### **a.1 Formación Muni (Ki-mu)**

Esta unidad litológica cubre superficie de 243,98 ha, y se formó en el cretáceo inferior y está compuesta por lutitas marrón rojizo, en estratos delgados blandos e intercalados con estratos de areniscas arcillosas, limosas amarillentas y margas que gradan a calizas arcillosas marrones.

Estructuralmente forman bloques fallados, con rumbos E-O y N-S y buzamientos de capas de moderado a casi verticales; lo que favorece la erosión diferencial, dando lugar a microdepresiones estructurales y monoclinales alternados.

La composición litológica blanda expuesta a la erosión hídrica ha dado lugar a ambientes depresionados, como en las áreas de los barrios Llavín-Alto Huáscar y Dos de Mayo; lugares donde aflora en el área de estudio. La composición litológica blanda, el intemperismo profundo, que da lugar a suelos arcillosos plásticos,

condicionan cierta inestabilidad que se incrementa en las áreas de alta pendiente o declividad, como en los barrios Alto Huáscar y Dos de Mayo. La expansión urbana sobre estas áreas ha incrementado la inestabilidad superficial, dando lugar a zonas de alto riesgo, sobre todo durante las épocas de lluvias; donde podrían ocurrir desastres.

### **a.2 Formación Ayabacas (Km – ay)**

La unidad litológica comprende una superficie de 624,82 ha y tiene su origen en mares del cretáceo medio, durante el cual, se depositaron en esta zona paquetes de calizas grises y beige, en estratos potentes. En la base presenta estratos de conglomerados redondeados de cuarcita y caliza; estos paquetes producen suelos calcáreos rojos pedregosos, como se observa en Azoguine y las ladrilleras de Salcedo.

Esta unidad aflora con estructura transversal a la topografía, cerros Huacuchune, con rumbos N-S y buzamientos altos, son capas duras con estratificación gruesa y fina; forma interfluvios altos, estables con escasos suelos.

En los cerros Catahuine y Azoguine, forman colinas bajas y altas con fracturamiento en bloques que se derrumban en laderas de alta pendiente; particularmente en Azoguine, donde las urbanizaciones avanzan sin la prevención de estos riesgos. Versiones de vecinos indican que viviendas han sido destruidas por bloques derrumbados.



En Azoguine las calizas están mineralizadas con cobre, plata y mercurio, de donde proviene el nombre del cerro; por lo que es una zona de contaminación mineralógica de suelos y aguas.

En la zona de los cerros Pucará, Munaypata-Quiviani, las calizas tienen similitud a las de Azoguine, donde forman colinas estables, correspondientes a bloques fallados levantados.

### **a.3 Formación Angostura (Km –an)**

Formada durante el cretáceo medio; consiste de areniscas cuarzosas compactadas de grano medio fino, con estratificación media a delgada e intercalaciones de lutitas rojizas en capas delgadas.

Esta unidad cubre una superficie de 396,47 ha, y aflora formando la cadena de cerros Llallahuani – Vacuchune – Huacaparque con una estructura transversal a la topografía con rumbo N-S y buzamientos muy altos hasta verticales; esta disposición estructural y la dureza de los estratos forman crestas estructurales resistentes, casi sin suelos; presentan un fracturamiento y diaclasamiento medio a fino por la intemperización.

Las partes bajas de pie de monte, da lugar a acumulación de escombros pedregosos angulosos, materiales arenosos y arcillosos, con suelos profundos e inestables.

#### **a.4 Formación Muñani (Ks - mñ)**

Se formó durante el cretáceo superior y está constituida por areniscas cuarzosas de grano grueso a muy grueso (microconglomerádico); de color rosáceo, marrón y violáceo. Se presenta en estratos gruesos duros muy resistentes a la erosión.

La edificación estructural en el cerro Pacocachua, varía desde rumbos NO-SE y NE-SO y E-O; con buzamientos altos a verticales, los que controlan el modelado montañoso y de laderas con geoformas espectaculares.

En los cerros Putina aflora en la zona intermedia del flanco norte, con estructuras casi verticales entre el volcánico y las areniscas marrones. Esta unidad litológica comprende una superficie de 1225,28 ha, y por su composición cuarzosa, dureza, homogeneidad de estratos potentes y su estructura vertical, ofrece mucha resistencia al desgaste erosivo, dando lugar a quebradas empinadas, separadas por interfluvios rocosos muy agrestes, sin suelos y de pendientes hasta verticales.

La extremada declividad y su fracturamiento en bloques, desfavorecen el uso de los espacios y ofrecen alto riesgo para las actividades humanas. Sin embargo, son importantes como acuíferos subterráneos, como se ha podido observar en la zona de Cotine – Sasani, donde existen puquiales en laderas y la planicie aluvial.

### a.5 Grupo Puno (Tim – pu)

Se ha formado en ambientes continentales, durante el terciario inferior a medio, está compuesto por una intercalación de areniscas, lutitas, conglomerados y calizas, todos marrones a gris parduzco (conocidos como capas rojas) que se destacan por su naturaleza blanda y fácil desgaste.

En Jayllihuaya aflora típicamente con estratos de rumbo E-I y buzamientos hasta verticales concordantes con las areniscas Muñani.

En la zona baja de los cerros Huayllane – Negro Peque, sobre la que se ha extendido el urbanismo de la ciudad de Puno, aflora con rumbos variables E-O y buzamientos bajos, que favorecen el modelado de baja pendiente.

Esta unidad cubre una superficie de 957,99 ha, y en general, es un grupo de paquetes litológicos blandos por lo que la erosión ha dado lugar a zonas depresionadas con modelado suave en laderas; así como suelos superficiales a medios, que favorecen el uso; sin embargo, en algunas áreas son muy pedregosos con muchas limitaciones, debido a las capas de conglomerados. En Jayllihuaya son evidentes estas características.

### **2.5.2.2 Unidades Ígneas Volcánicas y Plutónicas Pre-Cuaternarias**

Estas unidades litológicas se presentan en dos ámbitos distintos por origen y afloramiento, se han identificado tres unidades ígneas existentes en la microcuenca.

#### **b.1 Formación Granodiorítica (Kt-gd)**

Esta unidad comprende una superficie de 8,25 ha, y es una formación ígnea que instruyó las unidades sedimentarias del cretáceo y terciario, se encuentra formando casi el nivel de base local de la bahía, cuyos afloramientos constituyen el islote de la Isla del Diablo, el islote Chulluni y parte de la isla Esteves, formando principalmente promontorios rocosos duros y estables.

Está compuesta de cuarzo, feldespatos y ferromagnesianos, de color rosáceo a gris, con avanzado proceso de caolinización en partes y en partes es fresca y conservada; el intemperismo típico forma promontorios y bloques desprendidos redondeados. En la isla Esteves está en contacto fallado con las calizas Ayabacas. Su distribución aislada parece indicar la existencia de bloques fallados levantados en la depresión tectónica del Lago.

#### **b.2 Formación Tacaza (Tm-ta)**

Durante el terciario medio, en la zona se produjeron efusiones ígneas volcánicas a través de fisuras alineadas en el borde sur occidental del actual Lago Titicaca; dando lugar a extensos derrames y emplazamientos volcánicos en la microcuenca,

representados por los cerros Putina, Cancharani, Negro Peque y Huayllane.

Esta unidad cubre una superficie 2638,86 ha, y su composición es variada, con cuerpos andesíticos, dacíticos, riolíticos y basálticos; de diversos colores (grises, verdes, marrones, negros y rojizos); con estructuras masivas, brechosas y fanglomeránicas, con alteración profunda por su blandura, que ha dado lugar a laderas suaves convexas, en los cuerpos cónicos, con suelos superficiales medios y profundos; así como, afloramientos líticos.

Los cerros anteriormente mencionados constituyen los cuerpos volcánicos de efusión, a partir de las cuales se extendieron los derrames volcánicos tufáceos y brechosos, como se encuentran en la localidad de Pirhuapirhuane y alrededores sur occidentales del área de estudio.

Los cuerpos cónicos (Cancharani), están mineralizados en forma generalizada con vetas de cobre, plata, plomo y oro; los que han sido explotados anteriormente. En este caso la composición mineralógica constituye un núcleo de contaminación natural inducida (minería) de suelos y cuerpos de agua.

### **b.3 Formación Sillapa (TsQ-si)**

Son derrames andesíticos y basálticos del terciario cuaternario, que en el área comprende una superficie de 1729,67 ha, y forman la planicie alto andina entre el cerro Putuputune y Yanamayo, donde ha formado aplanamientos con capas sub horizontales. Entre

Ventile y Yanamayo existen escarpes de borde con bloques de textura escoriasea muy porosa y dura.

El intemperismo en las llanuras da lugar a suelos profundos por su estructura horizontal, composición y con escasa declividad; excepto los bordes acantilados que dan hacia la ciudad de Puno, donde el fracturamiento en bloques ruedan pendiente abajo; por lo que es una zona de riesgo geológico.

### **2.5.2.3 Unidades Cuaternarias Recientes (Qr-fa, Qr-fl)**

Comprende una extensión de 4894,65 ha, está conformada de dos unidades fluvio-aluviales y cinco unidades lacustres; que se han formado desde la última glaciación y que continúan formándose actualmente; así como algunas están siendo erosionadas.

Cabe destacar, que las formaciones fluvio-aluviales recientes se formaron en condiciones climáticas más lluviosas, por lo que tiene una mayor amplitud, respecto a las condiciones actuales de precipitación; casos concretos de los fondos rellenados de los valles Jayllihuaya y Salcedo.

#### **c.1 Unidades Fluvio – Aluviales**

Comprenden los depósitos existentes en los fondos de los valles siendo lo más representativos Jayllihuaya y Salcedo, compuestos por depósitos de arenas arcillas y gravas, que han formado canales fluviales, terrazas con gradación a los depósitos de pie de monte, de arenas y clastos angulosos, inconsolidados. Estos constituyen

suelos agrícolas y también materia prima para la fabricación de ladrillos en Salcedo.

Por otro lado, comprende los depósitos de pie de monte sobre los que se cimienta gran parte de la ciudad de Puno; compuestos de arenas, arcillas, cantos y bloques, mezclados e inconsolidados, estos gradan a depósitos fluvio lacustres intercalados en profundidad y hacia la bahía.

En las tres quebradas descendentes de los cerros Llallahuani y Vacuchune hacia la bahía interior, se encuentran depósitos coluvio-aluviales de buen espesor, inconsolidados, que están siendo erosionados, por lo que también son de riesgo por la generación de huaycos que podrían afectar viviendas y las vías existentes.

### **c.2 Unidades Lacustres**

La dinámica, dominada por la sedimentación bioclástica en la bahía de Puno, ha generado cinco unidades de acumulación cuaternario, que se extienden desde la zona fluvio-lacustre (Qr-fl) en la zona litoral, hasta la acumulación en el fondo de la bahía (Qr – llb).

Estos depósitos están formados por arcillas, arenas y materia orgánica abundante depositada por las corrientes lacustres, los canales de riada fluvio-lacustre (río Willy) y el desarrollo de las macrófitas, cuando la profundidad acuática es menor a los 2,50 m por efecto de la sedimentación y retroceso lacustre. La sedimentación ha producido la colmatación en gran parte de la

bahía de Puno, produciendo la separación de la bahía interior, donde la sedimentación es más avanzada.

Estas unidades litológicas sustentan el desarrollo de la totora y la formación de las denominadas “islas flotantes” habitadas por los Uros, en las que predomina la acumulación y descomposición de materia orgánica, correspondiendo a las siguientes:

#### **c.2.1 Depósitos Hidromórficos (Qr – hi)**

Compuesta por arcillas y materia orgánica fangosa, con agua casi permanente. Con una cubierta vegetal con especies terrestres y lacustres en asociación. Está en regresión dando paso a tierra firme.

#### **c.2.2 Depósitos de Lecho Totoral (Qr-It)**

Son predominantemente orgánicos, sedimentos pluviales y basura proveniente de la ciudad. Es la zona litoral receptora de los sedimentos de arrastre y suspensión.

#### **c.2.3 Depósitos del Talud Lagunar (Qr – ta)**

Comprende una zona angosta de sedimentación fina, sin totora entre el totoral y el fondo lagunar.

#### **c.2.4 Depósitos de Lecho Laguna (Qr – ll)**

Comprende sedimentos finos precipitados de los materiales en suspensión, química y orgánica, en estado de descomposición anaeróbica, negra y fangosa.



Es una zona con alto contenido de nutrientes (nitratos, fosfatos, etc.) provenientes de los residuos líquidos y sólidos de la ciudad a través de los desagües, botaderos de basura y desmontes; así como de residuos de ganadería y agricultura, aguas contaminadas por metales de antiguas minas y la mineralización natural existente en la microcuenca (cobre, plata, plomo, mercurio, hierro, manganeso, etc.).

Se diferencian dos zonas por el grado de sedimentación; siendo más profunda en Qr-II, y más superficial o más colmatado en Qr-ta.

#### **c.2.5 Depósitos de Lecho Fluvial de Riada (Qr – If)**

Son depósitos arcillo-orgánicos del canal del río Willy, canal de riada que ingresa a la bahía de Puno y acarrea sedimentos finos provenientes de las cuencas Illpa y Totorani.

#### **c.2.6 Depósitos de Lecho de Bahía (Qr – lib)**

Son los depósitos precipitados de los materiales en suspensión, precipitación química y micro orgánica existentes en las aguas de la bahía, procedentes de los aportes de los ríos Coata, Illpa, Totorani, Jachajahuira y Challaviña; así como, los sedimentos en suspensión y arrastre transportados por las corrientes lacustres provenientes del Lago Mayor a través del estrecho entre las penínsulas de Capachica y Chucuito.

## 2.6 MICROZONIFICACIÓN GEOTÉCNICO AMBIENTAL

En función de las características litológicas, declividad estructural y mineralización, es posible zonificar la microcuenca en función de objetivos geotécnicos para el desarrollo urbanístico y actividades económicas, así como para definir la calidad ambiental físico-química.

### Estabilidad Geotécnica

Para definir la estabilidad geotécnica se han considerado los parámetros que se indican en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Parámetros de estabilidad geotécnica

Parámetro	Favorable (1)	Desfavorable (2)
LITOLOGÍA (L)	Monzodiorita Calizas Ayabaca Areniscas Angostura Areniscas Muñani Volcánicos Tacaza Volcánicos Sillapaca (L <sub>1</sub> )	Lutitas y areniscas Puno Lutitas Puno Depósitos Fluvioaluviales Depósitos lacustres (L <sub>2</sub> )
ESTRUCTURA (E)	- Sub horizontal - Transversal al relieve - Contraria a la pendiente - Fondos planos (E <sub>1</sub> )	Favorable a la pendiente Caótica Fallas Fracturamiento y diaclasamiento Fondos empinados (E <sub>2</sub> )
DECLIVIDAD (D)	<20% en litología favorable (L <sub>1</sub> ) >10% en litología desfavorable (L <sub>2</sub> ) (D <sub>1</sub> )	<20% en litología favorable (L <sub>1</sub> ) >10% en litología desfavorable (L <sub>2</sub> ) (D <sub>2</sub> )

Fuente: Diagnóstico Ambiental de la Bahía Microcuenca y Ciudad de Puno PELT – D&MA

Realizando la aplicación interpretativa de este cuadro en el mapa geológico, se ha obtenido el mapa de microzonificación de la estabilidad.

Consecuentemente, se han definido cuatro clases de estabilidad:

### **2.6.1 Clase 1**

Comprende las zonas altas de los macizos de menor pendiente y casi sin deformación estructural. La clase 1 típica es la meseta Altoandina entre Ventilla y Yanamayo.

### **2.6.2 Clase 2**

Se ubica en las partes bajas y fondos planos de los valles colmatados, de litología fluvio-aluvial areno-gravosa y mínima pendiente. La clase 2 típica se encuentra en el centro de la ciudad de Puno.

### **2.6.3 Clase 3**

Comprende las formaciones blandas con moderada a fuerte pendiente y estructura desfavorable. La clase 3 típica es la parte alta de la ciudad de Puno.

### **2.6.4 Clase 4**

Se encuentra en la zona circunlacustre por su litología fangosa; con un lado libre (laguna), en formación estructural y cierta inclinación. También se encuentra entre el cerro Azoguine y el Barrio Bellavista, por su litología arcillosa, estructura desfavorable y altas pendientes. Por último, se encuentra en las partes medias de los cerros Putina y Pacocahua, donde está compuesto por areniscas pero con estructura casi vertical desfavorable y las pendientes extremas y verticales en farallones.

## **2.7 CONTAMINACIÓN GEOQUÍMICA**

En función de la mineralización existente, se han definido dos zonas de contaminación geoquímica de suelos y aguas superficiales y subterráneas.

### **2.7.1 Zona A**

Tiene como fuente la mineralización del cerro Azoguine y las escorrentías hacia la bahía interior, a través de canales pluviales cerrados y abiertos.

### **2.7.2 Zona B**

Es generada por la mineralización del cerro Cancharani y las escorrentías hacia la bahía interior, por los drenes pluviales de Las Torres y Salcedo; así como, hacia el río Itapallune (cuenca del río llave).

## **2.8 GEOMORFOLOGÍA**

El marco geomorfológico regional es típico de la meseta del Collao o Altiplano, desarrollado sobre los 3810 m.s.n.m., interrumpido por la fosa tectónica que ocupa el Lago Titicaca, cuyo fondo lacustre, desciende hasta la cota 3540 m.s.n.m. y las cumbres que flanquean la meseta, se elevan hasta 6384 m.s.n.m. en el nevado Jatunhuma.

La meseta está flanqueada al Noreste por la cordillera oriental edificada por levantamientos tectónicos de rocas metamórficas, sedimentarias e intrusitas, coronadas con extensos glaciares que las han modelado; al Suroeste, está flanqueada por la cordillera occidental volcánica, modelada por los conos volcánicos, coronados con glaciares estrechos; ésta tiene una mayor amplitud, mostrando varios pisos altiplánicos, siendo el más bajo el que está próximo al área de estudio en Ventilla.

El área central que ocupa la depresión del Lago Titicaca ha formado una zona circunlacustre con cadenas montañosas bajas y taludes de 5 a 8 km de ancho y entre 290 y 690 m sobre el nivel del lago.

En esta zona se ubica la microcuenca de Puno, por lo que se encuentra muy influenciada por las características climáticas e hidrológicas circunlacustres, factores que han modelado el área.

## **2.9 AGENTES MORFOGENÉTICOS**

Los factores morfogenéticos más importantes que han modelado el área en las diversas épocas geológicas son:

### **2.9.1 Tectónicos**

La formación de la fosa tectónica del lago con callamientos en bloques y movimientos epirogenéticos, desarrollados antes de la efusión volcánica y de la última glaciación, han modelado la microcuenca de Puno.

Actualmente existe una calma tectónica por lo que las estructuras existentes son controladores pasivos en los procesos morfodinámicos actuales.

### **2.9.2 Volcánicos**

La configuración morfológica de la microcuenca se debe también a la efusión volcánica circunlacustre que ha formado conos y planicies lávicas; antes de la última glaciación. Actualmente existe una calma volcánica, al igual que la tectónica.

### **2.9.3 Hidroclimáticas**

Durante la última glaciación y la actual deglaciación se produjeron períodos climáticos de altas precipitaciones que son los principales agentes del desgaste y consiguiente modelado. Actualmente estos agentes son los más relevantes en los procesos morfodinámicos, intensificados por la presencia del lago, que incrementa las precipitaciones respecto al resto del

altiplano con un promedio anual de 900 a 1,200 mm; estos son los agentes que desarrollan los actuales procesos erosivos más importantes en la microcuenca.

La depresión central que ocupa el Lago Titicaca ha formado una zona circunlacustre con cadenas montañosas bajas y taludes de 5 a 8 km, de ancho y entre 290 y 690 m sobre el nivel del lago.

En esta zona se ubica la microcuenca de Puno; por lo que se encuentra muy influenciada por las características climáticas e hidrológicas circunlacustres; factores que han modelado el área.

#### **2.9.4 Lacustres**

En la zona litoral, las oscilaciones del nivel lacustre y el retroceso lacustre constante están modelando actualmente la bahía interior y la bahía de Puno, mediante la sedimentación.

#### **2.9.5 Eólicos**

Estos son de menor importancia en la microcuenca, debido a la cobertura vegetal, afloramientos líticos y la orientación topográfica que protege del desarrollo de las corrientes y trombas que ocurren en las planicies altoandinas.

Sin embargo, los vientos generados por las diferencias de presión entre el lago y tierra, durante el día y la noche, son persistentes e influyen en la erosión laminar de laderas descubiertas.

### **2.9.6 Antrópicos**

El desarrollo de la infraestructura urbana, carreteras y la construcción de andenerías agrícolas, están contribuyendo a las modificaciones del modelado natural y acelerando o reteniendo los procesos de desgaste.

En la microcuenca, estos factores actualmente son los más transformantes.

## **2.10 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS**

Se han identificado quince unidades y treintinueve sub unidades geomorfológicas, divididas en dos grandes macrosistemas, lacustres y terrestres, a las que se agregan las unidades antropogénicas que se yuxtaponen modificando las anteriores.

En el Cuadro N° 2, se muestran las unidades geomorfológicas identificadas y delimitadas.

### **2.10.1 Macrosistema lacustre**

El área de estudio está formado por el sistema de la gran bahía de Puno, en el Lago Titicaca. La evolución morfolacustre ha dado lugar a la diferenciación de dos subsistemas en la Gran Bahía de Puno; la bahía exterior y la bahía interior, con características y procesos distintos en la actualidad; en épocas anteriores fue un solo ecosistema de bahía lacustre.

En estos dos subsistemas, a su vez se han desarrollado seis unidades morfolacustres y trece sub-unidades.

### 2.10.1.1 Sistema de la Gran Bahía de Puno

El área estudiada comprende la parte occidental de la bahía y que es importante describirla por su estrecha relación con la bahía interior y la microcuenca de Puno.



**Figura 1.** Sistema de la gran bahía de Puno

Nota: Mapa del Sistema de la Gran Bahía de Puno, con una superficie de 540 km<sup>2</sup>.

Está comprendida entre el estrecho, formado por las penínsulas de Capachica y Chucuito y la microcuenca de Puno, de 25 km, de largo por 20 km de ancho, y un área de 50000 ha, formando un ecosistema peculiar morfológico y biogenético con alta diversidad biológica, física y sociocultural.

La bahía está en proceso avanzado de colmatación por los aportes de materiales de los ríos Coata, Illpa y otros; así como por las corrientes lacustres del Lago Mayor, favorecidos por el proceso de





regresión lacustre. De esta manera, más del 70% del espejo original de la bahía, se ha colmatado y ha permitido el desarrollo de los extensos totorales.

En el lado Noroeste se ha formado un totoral de 23 km por 10 a 15 km (más del 60% de la bahía), debido a los aportes del río Coata, y el empuje hacia el Oeste, de las corrientes lacustres, lo que explica también la inflexión hacia el Suroeste del espejo de agua actual.

Así mismo, este proceso es el que ha separado la bahía interior de Puno de la bahía exterior. En el lado Sur de la bahía (zona de Chuchito – Torohuata), existe también una amplia zona de colmatación, que evidencia el fuerte proceso regresivo en la bahía.

A su vez el Sistema de la Gran Bahía de Puno, se encuentra conformado por las denominadas bahía exterior y bahía interior (Ver Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Unidades geomorfológicas

MACRO SISTEMA	SISTEMA		UNIDAD	SUB UNIDAD	DESCRIPCIÓN
LACUSTRE	GRAN BAHÍA PUNO	BAHÍA MAYOR	Ecosistema Acuático	Espejo Acuático	Bahía de Puno, profunda, sedimentación, corrientes lacustres, regresión lacustre, navegación.
				Riada Willy	Canal de Riada intralitoral correspondiente a las cuencas Totorani e Illpa. Agua fresca.
			Ecosistema Litoral	Total Litoral	Orilla con totora y fondo fangoso. Receptor de residuos.
				Llanura total	Llanura total de colmatación orgánica sedimentaria, en transgresión lacustre.
		BAHÍA INTERIOR	Ecosistema Acuático	Lagunar Somero	Medio lagunar en proceso de colmatación, eutrofizado, escasa o nulas corrientes.
				Lagunar Muy somero	Medio fangoso, colmatación avanzada, colonización de macrófitos.
				Talud Lagunar	Borde lagunar sin totora emergente, hydrophytas de fondo.
				Canal Dragado	Canal excavado para interconexión acuática, sedimentación constante.
	Ecosistema Litoral		Total Litoral	Orilla con totora y fondo fangoso, receptor de residuos.	
			Plano Hidromórfico	Medio hidratado por aguas pluviales u puquiales con gramíneas y totora. En desecación.	
	Ecosistema Fluvio - Lacustre		Plano Inundable	Lecho antiguo de lago abandonado por la regresión lacustre. Se inunda en épocas de alta pluviosidad por elevación del nivel del lago. Área de riesgo.	
		Plataforma Inundable	Lagunas de acumulación de aguas servidas o negras.		
	Insular	Islas	Islas e islotes bajos, en proceso de abandono lacustre, de rocas firmes y estables.		
	FLUVIO ALUVIAL		Lechos Fluvio-fluviales	Lechos Fluvio-Pluviales	Canales de ríos y riachuelos permanentes temporales asociados a las lluvias anuales, activos. En Salcedo y Jayllihuaya forma riadas anastomosadas hidromórficas
			Terrazas	Terrazas	Formadas por colmatación fluvial con arenas, arcillas y guijarros, ríos encajados y someros.

T E R R E S T R E		Glacis de acumulación	Glacis de acumulación	Plano inclinado por acumulación de arenas y arcillas en épocas climáticas anteriores más lluviosas.
		Pedimento o glacis de erosión	Pedimento o glacis de erosión	Superficie de desgaste regresivo; poco inclinada al pie de las elevaciones, debido a la litología blanda.
		Fondos de valle	Fondos de valle	Fondos erosionales de valle, empinados, con coluvios. En erosión hídrica concentrada.
T E R R E S T R E	M O N T A Ñ O S O	Colinas	Colinas altas	Formadas por control estructural-tectónico en el proceso de desgaste. Modelado suave a escarpado.
			Colinas bajas	Formadas por desgaste diferencial en formaciones blandas con erosión regresiva. Modelado convexo.
			Montes Isla	Promontorios elevados rodeados de planos, debido al desgaste diferencial en rocas duras de calizas.
			Meseta	Relicto de aplanamiento antiguo por desgaste. Conservado en calizas inclinadas.
		Espolones Montañosos	Espolón Cuarzoso	Ramales montañosos diferenciales por la deformación estructural y el desgaste profundo sobre rocas blandas. Modelado irregular agreste con control estructural litoestratigráfico, forman la Bahía Interior de Puno.
			Espolón Arcilloso	Espolón en rocas blandas arcilloso-arenosas, modelaciones suaves y rocosas.
			Talud Empinado	Talud prominente por afloramiento de estratos duros resistentes al desgaste.
		Plataforma intermedia	Ladera de menor pendiente entre zonas de talud empinado, por desgaste diferencial y acumulación de escombros.	
		Cadena Montañosa	Macizo central volcánico	Formado por los picos volcánicos más altos de la cordillera circunlacustre, modelado convexo accesible. Erosión normal, cubierto de pajonal.
			Macizo central cuarzoso	Ladera de montañas rocallosas, acantilados, farallones columnares, geformas caprichosas espectaculares. Derrumbes.

			Talud empinado	Talud prominente por afloramiento de estratos duros resistentes al desgaste.
			Plataforma intermedia	Ladera de menor pendiente entre zonas de talud empinado, por desgaste diferencial y acumulación de escombros.
		Meseta Altoandina	Meseta altoandina	Alto planicie morfoestructural por derrames y actual erosión casi nula. Cubierta de pajonal denso protector.
A N T R Ó P I C O	URBANO	Urbanización Metropolitana		Infraestructura urbana en proceso de expansión con equipamiento y servicios poco planificados.
		Caseríos		Estancias de comunidades campesinas con viviendas típicas antiguas y modernas, sin servicios.
	RURAL	Agrícola con Riego		En las áreas planas circunlacustres y terrazas fluviales, cultivos de pan llevar, barbecho manual.
		Andenería		En laderas de pendiente moderado con suelo, generalizando en las partes medias a bajas.
		Pastoreo		Pastoreo libre de vacunos, ovejas camélidos y equinos, con poca incidencia morfodinámica.
		Red Vial		Las carreteras de integración modifican laderas, cambiando el modelado.
		Minas		Las bocatomas y acumulaciones de desmontes ha modificado puntualmente la morfología.

Fuente: Diagnóstico Ambiental de la Bahía, Microcuenca y Ciudad de Puno (PELT-D&MA)

### 2.10.1.2 Sistema área de la Bahía Exterior

Comprende las Unidades Ecosistema Acuático que a su vez se subdivide en las Sub-unidades Espejo Acuático (a.1) y Riada Willy (a.2) y el Ecosistema Litoral que también se subdivide en las Sub-unidades Totorá Litoral (b.1) y Llanura Totoral (b.2):

### **(a.1) Espejo Acuático**

Está definido por el cuerpo acuático de la Gran Bahía de Puno, en conexión con el Lago Mayor, a través del estrecho Capachica – Chuchito; así como, recibe los aportes fluviales y pluviales de las cuencas de los ríos Coata, Illpa, Totorani y las microcuencas circunlacustres.

Sus aguas son limpias y con circulación lacustre y fluvial, con un fondo morfológicamente homogéneo cóncavo con profundidades variables entre 2,5m y 50m. En la parte central se encuentra un fondo alargado más profundo entre 20m y 50m, con inflexión hacia el Suroeste, entre el estrecho y la punta Chimú. Esta inflexión se debe al avance hacia el Sur de la colmatación mayormente generada por el río Coata y las corrientes lacustres hacia el Oeste desde el Lago Titicaca.

### **(a.2) Riada Willy**

Es un canal antiguo intertitoral de riada correspondiente a la prolongación de las desembocaduras de los ríos Illpa y Totorani, con los que su conexión es difusa actualmente, por el proceso de colmatación y las modificaciones de las descargas por regulaciones (presa Umayo), captaciones y la disminución global de las precipitaciones.

Versiones de los lugareños (Uros) indican que este río tiene un gran aporte de aguas subterráneas que afloran al inicio del total; por lo que el agua siempre es limpia.

### **(b.1) Totoral Litoral**

En el área de estudio se encuentra solamente en la zona Chimu-Ojerani; donde se encuentra muy restringida por la dinámica lacustre y la explotación.

### **(b.2) Llanura Totoral**

Comprende en la zona de colmatación lacustre actual entre los deltas y riadas de los ríos Coata, Illpa y Totorani, está surcada por numerosos canales anastomosados, formando islas, donde se desarrolla la colonización por la totora, dando lugar a uno de los ecosistemas lacustres más importantes del Lago Titicaca.

Esta unidad es muy activa, por un lado avanza hacia la bahía debido a la colmatación sedimentaria y colonización de las macrophytas, que tiende a disminuir el espejo de agua.

En el otro extremo, en contacto con tierra firme del antiguo lecho lacustre, el totoral va retrocediendo por el avance de tierra firme y disminución hídrica.

El avance de esta llanura hacia el Sur, es el que a separado, con tierra firme, a la Bahía Interior de Puno, al haber alcanzado la punta Chimú.

Esta Sub-unidad tiene un valor socioeconómico muy alto, donde se asentaron desde hace siglos, Los Uros desarrollando una cultura propia y muy ligada a la oferta de recursos del totoral y la bahía.

### **2.10.1.3 Sistema de la Bahía Interior de Puno**

Está formada por una depresión estructural denudacional como prolongación de la bahía de Puno, entre las dos puntas Chimu y Chulluni, correspondientes a dos espolones montañosos que se proyectan de las cadenas circunlacustres, cubriendo una extensión de 1570,57 ha.

Esta depresión se formó por el desgaste regresivo en los episodios iniciales del emplazamiento del lago Titicaca, hasta que fue inundada dando lugar a la bahía, a partir de la cual, se inició el proceso de colmatación.

En este Sistema Bahía Interior se han desarrollado dos Unidades asociadas al proceso de colmatación y su interrelación con los procesos pluviales, el Ecosistema Acuático (c) y el Ecosistema Litoral – lacustre (d). Debiendo señalarse también, la existencia de otras dos Unidades que corresponden al Ecosistema Fluvio-Lacustre (e) y el Insular (d).

#### **(c) La Unidad Ecosistema Acuático**

Comprende las Sub-unidades:

##### **(c.1) Lagunar Somero**

Esta Sub-Unidad corresponde al medio lagunar eutrofizado y en proceso de colmatación con muy escasas o corrientes nulas.

### **(c.2) Lagunar Muy Somero**

Esta Sub-unidad se caracteriza por ser un medio fangoso, con Colmatación avanzada y desarrollo de colonias de macrófitos.

### **(c.3) Talud Lagunar**

Corresponde al borde lagunar, donde no hay presencia de totorales, ni emergentes, pero con presencia de hydrophitas en el fondo.

### **(c.4) Canal Dragado**

Esta Sub-unidad corresponde al canal excavado para interconexión acuática y cuya característica es su sedimentación constante.

### **(d) La Unidad Ecosistema Litoral**

Comprende las siguientes Sub-unidades:

#### **(d.1) Totoral Litoral**

Comprendida entre el límite hídrico y entre 1,0 a 1,5m de profundidad colonizada por la totora, que induce a fijar los sedimentos y residuos que llegan a la laguna, produciendo la colmatación y avance de tierra a la laguna.

Es un ecosistema de gran importancia biológica y socioeconómica que es necesario conservar.



### **(d.2) Plano Hidromórfico**

Existe en la zona de Salcedo, como retroceso de la zona totoral y el aporte permanente de agua pluvial y subterránea; así como, la colonización de una vegetación típica hidromórfica con la totora en degradación.

### **(e) La Unidad Ecosistema Fluvio-Lacustre**

Comprende las siguientes Sub-unidades:

#### **(e.1) Plano Inundable**

En función a la información estadística que se tiene, sobre las condiciones climáticas anuales y multianuales, el nivel del lago sube y baja en decenas de centímetros hasta en metros por encima o debajo de su nivel promedio de años normales, en períodos largos el lago llega subir o bajar más de 3m.

La unidad inundable corresponde al plano circunlacustre (1970) sin las modificaciones por las construcciones de la urbanización y vialidad. Se considera ésta, para mostrar la amplitud de las máximas inundaciones y la zona de mayor riesgo.

Parte de esta unidad ha sido invadida por la urbanización: así como, en ella se realizan cultivos de pan llevar que se riegan con aguas negras, existe abundante basura y se crían además vacas, cerdos, carneros etc.

Su bajo nivel topográfico y el aporte de aguas hacen que tenga un mal drenaje y el nivel freático es casi superficial, no haciéndola apta para la urbanización y la salud humana.

### **(e.2) Plataforma Inundable**

Ubicada entre la isla Espinar y el Barrio Cochata, comprende las plataformas y la laguna de almacenamiento de aguas servidas de la ciudad, construida en plena zona inundable, que es invadida cuando el lago crece ampliamente en épocas excepcionales (1986).

Es una unidad ambiental crítica y fuente de contaminación hídrica, atmosférica y de ornato, por el deficiente manejo.

### **(f) La Unidad o Ecosistema Insular**

Se encuentra conformada únicamente por una Sub-unidad denominada:

#### **(f.1) Islas**

Comprende tres formaciones aisladas: la isla Esteves, la isla Espinar y la isla del Diablo, estos están en proceso de cambio a montes isla, por la colmatación y retroceso lacustre. Constituyen relictos de bloques fallados levantados y sometidos a una fuerte erosión.

Son formaciones morfológicas rocosas, firmes, con aptitudes paisajísticas y turísticas.

### **2.10.2 Macrosistema terrestre: microcuenca**

Comprende las unidades geomorfológicas desarrolladas por la edificación tectónica, volcánica y el desgaste hídrico-pluvial, que han dado lugar a la microcuenca de Puno, y comprende:

#### **Sistema Fluvio - Aluvial**

Los procesos de desgaste hídrico en la microcuenca, han generado cinco Unidades o Sub-unidades geomorfológicas, en las que ocurren los procesos morfodinámicos más activos actuales. Este sistema abarca un área de 2618,29 ha y comprende las siguientes:

#### **(g) Lechos Fluvio Pluviales**

En la microcuenca existen más de 123 lechos fluviales y drenes pluviales, cuya morfología varía desde canales simples y someros, como los que cruzan la ciudad de Puno; se inician en las cimas de las vertientes y reúnen la esorrentía laminar y de arroyos hasta concentrarse en cursos de fuerte acción de desgaste y transporte de sedimentos. Longitudinalmente varían conforme a la litología (dura y blanda) que cruzan, llegando a presentar caídas o saltos y hasta encañadas muy profundas, como en Pirhuapirhuane.

En Salcedo y Jayllihuaya, existen los lechos de ríos más desarrollados, encajados en el fondo de terrazas, cuyas pendientes son bajas por lo que se han formado lechos anastomosados antes de la desembocadura en la bahía, extendiéndose en el fondo del valle en forma difusa y sin encajonamiento.

Estas características fluviales exigen una adecuada planificación de uso del suelo y de manejo de las escorrentías pluviales para evitar desastres.

Cabe señalar que en Jayllihuaya y Salcedo se han ocupado los lechos anastomosados sin ninguna precaución.

Muchos de los lechos han sido encausados e inclusive techados en la ciudad de Puno, sin considerar que estos son los colectores pluviales, por lo que en la ciudad los nuevos drenes son las calles que se llenan de tierra.

#### **(h) Terrazas**

Los fondos de los valles Salcedo y Jayllihuaya, por el avanzado proceso de colmatación y posterior encajamiento de los lechos de los ríos, se han formado terrazas amplias de arenas, arcillas y guijarros.

Estas poseen los mejores suelos agrícolas de la microcuenca, que están en proceso de urbanización; así como, de disturbación por la fabricación de ladrillos en Salcedo, donde se están formando canteras profundas donde se concentra la pluviosidad, modificándose la escorrentía sub superficial.

#### **(i) Glacis de Acumulación**

La erosión regresiva sobre los macizos de la microcuenca, a partir de la bahía, han generado un glacis de acumulación, con materiales aluviónicos conformados por arenas, arcillas, guijarros y bloques, sobre el que se asentó inicialmente la ciudad.

### **(j) Pedimento o Glacis de Erosión**

Por otro lado, el desgaste ascendente sobre las rocas blandas del grupo Puno, han formado un pedimento o glacis de erosión de moderada pendiente, sobre el cual está avanzando la expansión urbana.

### **(k) Fondos de Valle**

Fondos de valle no diferenciados existen en las vertientes altoandinas, al Oeste de la microcuenca de Puno, sobre rocas volcánicas.

Son fondos amplios con medios de desgaste y también de acumulación, por donde discurren los ríos con escorrentía permanente y lechos de máximas crecidas y mínimas escorrentías.

### **Sistema Montañoso**

Abarca una extensión de 6774,84 ha y está constituido por geoformas originadas por edificación tectónica y volcánica; así como, originadas por denudación muy relacionada con la composición litológica.

En conjunto el sistema montañoso presenta espectacularidades, que en conjunción con la bahía y la microcuenca de Puno, ofrece una gran riqueza turística, recreativa, refugio de flora y fauna silvestre y de producción económica (agricultura y ganadería).

En este sistema montañoso, se encuentran cuatro Unidades, diferenciadas como Colinas, Espolones Montañosos, Cadena Montañosa y Meseta Altoandina.

## **(I) Colinas**

Se originaron por el desgaste avanzado de macizos rocosos blandos; diferenciándose por su forma y magnitud las siguientes:

### **(I.1) Colinas Altas**

Se encuentran principalmente en las microcuencas de Jayllihuaya y Salcedo, por el desgaste rápido sobre las capas rojas blandas. El modelado es suave a convexo estriado por capas duras de arenisca.

Colinas altas también se han desarrollado en calizas, como en Pucará, Azoguine y Bellavista.

Unidades con mayores pendientes y presencia de afloramientos rocosos con fracturamiento en bloques y derrumbes de riesgo.

### **(m.2) Colinas Bajas**

Se han formado en las partes más bajas, con laderas suaves que gradualmente pasan a las geoformas de aplanamiento.

### **(m.3) Montes Isla**

Existen dos montes isla rodeados por glacis, uno de ellos es el cerro Huajsapata, que es el relicto del desgaste de un bloque de calizas, que destaca por su elevación en el centro de la ciudad, constituyéndose en un excelente mirador del paisaje urbano-lacustre.

Estas geoformas son evidencias del grado de desgaste hídrico profundo y controlado por la deposición estructural, que existe en la microcuenca.

#### **(m.4) Meseta**

Sobre las calizas Ayabaca, en la localidad de Pucará, el desgaste controlado por la dureza de las rocas, ha formado una mesa en la cima de la colina alta muy favorable para la ocupación urbana; actualmente es área de cultivos con cobertura de árboles de queñua y otros matorrales.

#### **Espolones Montañosos**

El acomodo estructural y el desgaste regresivo diferencial, más rápido sobre rocas blandas (capas rojas) y más lento sobre rocas duras (areniscas) de Chimú y Chulluni; han dado lugar a la formación de dos espolones montañosos que configuran la microcuenca y bahía interior de Puno.

El espolón Llallahuane-Chullune, es una cadena de cerros que se elevan hasta 4048 m.s.n.m. (240 m sobre el nivel del lago), con orientación E-O, transversal a la estructura geológica, lo que da un modelado de laderas de alta pendiente encajadas en la estructura estratigráfica. Es una unidad geomorfológica estable y de relativa accesibilidad y ocupación.

El espolón Chimu-Cerro Silisili, está formado por areniscas duras con acomodo estructural en parte coincidente con la orientación del relieve y parte transversal, lo que ha producido una morfología de laderas con escarpes y plataformas estructurales escalonados en el frente hacia la bahía y laderas con estructura estratigráfica transversal con estratos muy parados, mostrando un escenario con mayor desgaste y formación de depresiones edáficas y fondos de quebradas.

Constituye una unidad con muchas limitaciones para el uso agrícola, pecuario; sin embargo, es un excelente reservorio acuífero subterráneo.

En esta Unidad, por su importancia se han diferenciado cuatro Sub unidades:

#### **(n.1) Espolones Centrales Cuarzosos**

Constituyen la cadena de cerros que los constituyen, descritos en párrafos anteriores

#### **(n.2) Espolón Arcilloso**

En la zona de los cerros Silisili, el espolón central está formado por capas rojas blandas con estructura transversal, por lo que es algo depresionado, de mayor accesibilidad, mayor potencial de uso agropecuario, pero también con mayores procesos erosivos actuales y menor estabilidad.

El cerro Pitiquillia, es un espolón de capas rojas, que separa las cuencas Salcedo y Jayllihuaya.

#### **(n.3) Talud Empinado**

#### **(n.4) Plataforma Intermedia**

En la zona Lechepucyo, las areniscas han resistido al desgaste dando lugar a una ladera más empinada, que se encuentra al pie de una plataforma inclinada de baja pendiente. Esta última es de uso agrícola y pecuario, muy favorable para otros usos urbanos.



## **Cadena Montañosa Circunlacustre**

Es el macizo rocoso más elevado con dirección NO-SE, edificado por levantamientos tectónicos y vulcanismo, se eleva hasta 4500 m.s.n.m. (690 m sobre el nivel del lago), en la que destacan los cerros Huaylloco, Putina, Cancharani, Negro Peque y Huayllane.

Esta unidad geomorfológica, es la que está en proceso de desgaste, a partir de la cual se han formado las unidades geomorfológicas anteriormente descritas.

Por su origen y morfología se han diferenciado cuatro sub unidades de importancia:

### **(o.1) Macizo Central Volcánico**

Está formado por los cuellos o conos volcánicos, que forman los cerros anteriormente citados. La distribución casi lineal NO-SE, evidencian una fisura de efusión volcánica tipo ignimbritas, con desarrollo de geoformas cónicas.

El cerro Cancharani es el cuello volcánico cónico más conspicuo y conservado y al igual que los otros, tienen modelados de laderas convexas amplias y homogéneas, de fácil acceso y colonizadas por matorrales y paja altoandina, en suelos moderados a profundos. Las laderas son estables con algunos promontorios rocosos.

Su destacada altitud sobre el lago permite que estas geoformas sean excelentes observatorios turísticos de fácil acceso; así como, ambientes refugio de flora y fauna silvestre.

### **(o.2) Macizo Central Cuarzoso**

El flanco norte e intermedio de la cadena de cerros Huaylloco-Putina, está formado por areniscas cuarzosas duras casi verticales, muy resistentes al desgaste, que ha dado lugar a un modelado de acantilados, farallones, cornisas, bancos, geofomas columnares, etc. que configuran un escenario agreste, espectacular, de difícil acceso y menores posibilidades de uso; así como, de alto riesgo morfológico y derrumbes por lluvias, sismos, etc.

El modelado caprichoso e impresionante le otorga un buen potencial turístico-recreativo, deporte de aventura y miradores del escenario lacustre. Así mismo, es un excelente refugio de flora y fauna silvestre; que puede mejorarse con programas de manejo ecológico y conservación de la diversidad biológica, zoológicos demostrativos, investigación, etc.

### **(o.3) Taludes Empinados**

### **(o.4) Plataformas Intermedias**

En las partes bajas de los cerros Negro Peque y Huayllane; así como, en las laderas entre Ventilla y Yanamayo, por la erosión diferencial y control estructural se han formado taludes rocosos empinados (m.3) separados por plataformas intermedias (m.4) de menor pendiente y fácilmente accesibles.

Estas sub unidades tienen una importancia particular relacionada con la planificación de los usos del suelo en las zonas de expansión urbana; las que permitirán realizar el manejo forestal en los taludes y la urbanización en las plataformas, logrando el embellecimiento y seguridad.

Es importante mencionar que la influencia microclimática inducida por el lago en la zona circunlacustre, se eleva casi hasta 3900 y 4000 m.s.n.m., dependiendo de la morfología e insolación, sobre estos niveles el típico clima altoandino recobra sus condiciones normales frías con desarrollo de especies vegetales nativos (ichu, tola, etc.) y ausencia de la mayoría de cultivos; convirtiéndose en zonas de pajonales ganaderos.

### **Meseta Altoandina**

Esta Unidad, constituye la misma Sub-unidad; los derrames volcánicos Sillapaca, posteriores a las efusiones volcánicas Tacaza, han producido un aplanamiento extenso por relleno lávico; sobre el cual la erosión actual ha empezado a modelar; siendo más conspicua, la erosión regresiva de la microcuenca de Puno en la zona entre Ventilla y Yanamayo; donde se ha producido un escarpe volcánico con fracturamiento en bloques.

La meseta tiene suelos profundos y está cubierta por un pajonal denso (ichu) elevado sobre 4000 m.s.n.m. y 4150 m.s.n.m. (340 m sobre el nivel del lago) y cubriendo una superficie de 1635,76 ha.

La morfología plana y alta, favorece la persistencia de vientos fuertes y constantes, bajas temperaturas y heladas; por lo que no es apta para cultivos.

### **2.10.3 Macrosistema antrópico**

Sobre la mayoría de las unidades geomorfológicas descritas, se yuxtaponen los ambientes construidos o inducidos por el hombre. Diferenciándose así, dos sistemas antropogénicos desarrollados en la microcuenca de Puno, el Sistema Urbano y el Sistema Rural.

### **a. Sistema Urbano**

Comprende la edificación urbana característica de una ciudad moderna de más de 123000 habitantes, con servicios básicos y equipamiento; donde se diferencian dos escenarios, el centro metropolitano consolidado de calles estrechas y edificaciones antiguas y recientes con escaso crecimiento vertical y por otro lado, se distingue las zonas de expansión urbana hacia las laderas de mayor pendiente, sin planificación adecuada y hacia las zonas inundables de alto riesgo.

Estas dos situaciones configuran el desarrollo de una ciudad con estructuras modernas dislocadas del acervo sociocultural; por lo que se extiende destruyendo los recursos naturales de mayor valor ancestral, el suelo y las pasturas productoras de alimentos en un microclima circunlacustre, escaso en el altiplano. Esta zona dentro de la clasificación del Cuadro N° III-4 ha sido denominada Unidad Urbanización Metropolitana.

Finalmente este mismo Sistema Urbano, está conformado también por la Unidad Caseríos, como el valle Jayllihuaya, donde existen aún los caseríos típicos que no comprometen los recursos y sigue constituyendo unidades de producción económica, agrícola y ganadera con la aplicación de tecnologías incaicas.

### **b. Sistema Rural**

En toda la microcuenca se encuentra la intervención agraria y pecuaria, zonificada en función de las condiciones morfoclimáticas controladas por el efecto termorregulador del lago y el acondicionamiento morfológico. En

este caso el valle Jayllihuaya es el más favorecido por el espolón Pacocahua, constituyéndose un “nicho ecológico” productor de hortalizas, tubérculos, granos, flores, plantas medicinales, especies, forrajes, matorrales, carne, leche, quesos, etc.

Las cualidades naturales han sido mejoradas por los lugareños con la construcción de andenes en casi todas las laderas posibles, aumentando la capacidad productora de la cuenca. Por otro lado, sobre los 4000 msnm en las laderas de montañas y la meseta altoandina, el recurso central es la pastura y la ganadería de ovinos y vacunos, en las partes medias y en las más altas de camélidos.

Otras modificaciones morfológicas realizadas por el hombre son las minas abandonadas, las canchas de desmontes, los rellenos para ganar tierra a la bahía interior, acelerando considerablemente el proceso de colmatación. Así mismo, el dragado del canal de navegación hacia la bahía exterior y el Lago Titicaca, permite conservar y prolongar la existencia de la bahía interior.

## **2.11 PROCESOS MORFODINÁMICOS EN LA MICROCUENCA**

Debido a las condiciones de la dinámica lacustre de las condiciones climáticas lluviosas y la intervención humana muy activa; se puede afirmar que la microcuenca y la bahía de Puno tienen una alta actividad morfodinámica, representativa de la zona circunlacustre, otras cuencas del altiplano puneño son más estables y menos transformantes; pero también menos productoras por unidad de área y menos ocupadas.

Los procesos morfodinámicos más importantes están graficados en el mapa geomorfológico, notándose claramente las formas de acción, las tendencias y los efectos que estos tienen en los diversos ecosistemas.

### **2.11.1 Procesos de origen lacustre**

Estos están sustentados en la regresión lacustre y el aporte de sedimentos de ríos y escorrentías pluviales. En este marco, la sedimentación en la gran bahía de Puno está llevando a la extinción de la bahía interior, acelerada por los procesos antrópicos directos e indirectos, aún intencionales (ganancia de tierra al lago).

Es evidente que a la Bahía de Puno, llegan también los aportes de las cuencas de los ríos Ramis e Ilave; tanto de los materiales en suspensión, disueltos y de arrastre, a través del estrecho Capachica-Chucuito, donde las corrientes lacustres del Este y Sureste llegan a transportar guijarros y cantos rodados hacia dentro de la gran bahía de Puno; los extensos bancos existentes en Liquiña Chico son evidencias claras de este proceso.

Así mismo, los ríos Coata, Illpa y Totorani, descargan ingentes cantidades de sedimentos a la bahía, dando lugar a las extensas riadas colonizadas por los totorales formando islas orgánicas. Estos procesos de gran escala en la cuenca endorreica del Lago Titicaca y en el lago mismo, tiene incidencia directa en los procesos de colmatación de la gran bahía de Puno y la bahía interior. El mapa geomorfológico muestra con claridad la tendencia inexorable de la sedimentación, actualmente acelerada y degrada por la contaminación y la dinámica humana.

Por otro lado, el lago “en sus intentos de recuperar sus espacios perdidos”, aumenta su nivel en presencia de lluvias excepcionalmente altas, invadiendo el plano de inundación, insensatamente ocupado por la urbanización; tornándose en desastre un fenómeno natural tranquilo y pacífico, que no tendría por qué causar daños en una ciudad “moderna”. Los caseríos y estancias circunlacustres por milenios han convivido con estas crecidas sin problemas, aún con épocas climáticas mucho más lluviosas que la actual.

Cabe destacar, que el Lago Titicaca tiene un comportamiento cíclico de crecidas y descensos que duran varios años; por ejemplo, entre 1933 y 1943 (10 años) bajó más de 5.5 m en forma continua. Por otro lado, entre 1970 y 1986 (16 años) el lago tuvo un comportamiento ascendente de más de 2,5 m.

Una situación así, exige el planteamiento de alternativas de la misma escala si se quiere conservar y prolongar la existencia con vida de la bahía interior y también la gran bahía de Puno.

A nivel de la Bahía Interior de Puno, los aportes de residuos a ésta, se han incrementado considerablemente desde la microcuenca, por la expansión urbana, apertura de carreteras con remoción de materiales que las lluvias y las escorrentías pluviales arrastran la bahía; así como, la basura, los residuos líquidos domésticos (carga orgánica) y todo tipo de residuos.

### 2.11.2 Procesos fluvio - aluviales

La microcuenca de Puno tiene actividades fluviales y pluviales intensas que ejercen una acción erosiva acelerada por las acciones humanas. Existen más de 20 microcuencas que llegan a la bahía interior y contienen más de 123 lechos de ríos y drenes pluviales, con capacidades muy distintas en función de la cuenca colectora y el caudal máximo alcanzado en función a las precipitaciones; las que varían desde decenas de litros por segundo, hasta algunos m<sup>3</sup>/s. El río Jayllihuaya tiene la mayor cuenca colectora pluvial, le sigue en orden de importancia las cuencas Salcedo (cuartel), Pirhuapirhuane y Ciudad Universitaria.

En épocas de lluvias diciembre-abril, con frecuencia las calles de la ciudad se convierten en drenes pluviales que bajan desde las cimas de los cerros y cruzan la ciudad transportando los sedimentos finos y gruesos, parte de las cuales temporalmente quedan en las calles y posteriormente llegan a la zona de inundación, luego el total y finalmente la bahía; de esta manera el plano de inundación avanza ganando tierra a la laguna.

En los valles Salcedo y Jayllihuaya los canales fluviales en las partes bajas de poca pendiente han sido modificados e invadidos por las viviendas que limitan el proceso de arrastre, convirtiéndose en riesgos por los desvíos de canales, inundaciones inesperadas y posibles destrozos.

Algunos lechos pluviales tienen un comportamiento de huaycos-cárcavas de alto riesgo como la quebrada Azoguine (principalmente estabilizada con microrepresas), la quebrada Pirhuapirhuane y la quebrada Ccalane, ésta última tiene una morfología de quebrada-cárcava en gravas muy activa con



lechos amplios. Por otro lado, en las unidades litológicas arcillosas rojas el cárcaveo en laderas es frecuente y a veces concentrado en depósitos coluviales y glacis de acumulación; en casi toda la cuenca de la quebrada Jayllihuaya.

Finalmente en la laderas de las formaciones volcánicas, es evidente la erosión laminar en las partes altas y concentrada difusa hacia abajo con formación de surcos y finalmente cárcavas.

En conclusión, los procesos fluvioaluviales deben ser de primera prioridad en el plan de manejo ambiental en la microcuenca.

### **2.11.3 Procesos eólicos**

Los vientos persistentes ejercen cierta acción erosiva cuando se deforesta y se dejan los desmontes expuestos. Así mismo, son los que transportan la basura durante las estaciones secas.

En las partes más altas en las unidades rocosas ayudan al desgaste fisicoquímico y producen desprendimientos y derrumbes.

### **2.11.4 Procesos antrópicos**

Sobre estos se ha insistido en casi todos los casos anteriores asociados al proceso de urbanismo principalmente; así como, a las excavaciones de canteras de materiales para afirmados, que dan lugar a la desestabilización de taludes y modificaciones morfológicas. Igualmente las excavaciones de suelos por las ladrilleras que están formando oquedades profundas, transformando el paisaje aluvial plano.

## 2.12 UNIDADES GEOGRÁFICAS EN LA MICROCUENCA

Con fines prácticos se ha desarrollado una zonificación similar a la subdivisión geográfica convencional; en el ámbito de estudio se considera la influencia del lago, las características del suelo, relieve, la altitud y la vegetación.

La presencia del Lago Titicaca tiene una influencia determinada en el microclima de las áreas adyacentes, que ha dado lugar, como ya se expresó, a la subdivisión de la región en tres zonas con características propias definidas fundamentalmente por la lejanía al lago y la altitud; que se han denominado: zona circunlacustre, zona intermedia y zona cordillerana.

### 2.12.1 Zona circunlacustre

Es el área adyacente al lago, que se extiende desde la orilla (3810 m.s.n.m.) hasta los 4000 m.s.n.m., en realidad ésta viene a ser el área del altiplano, propiamente dicha. Hay predominancia de pampas y llanuras de poca pendiente, y el clima es benéfico por la influencia termorreguladora del lago, debido a la cercanía a éste.

Se aprecia que los días libres de helada en esta zona fluctúan alrededor de 150 días/año (42% del año).

En esta zona es perceptible la mayor diversidad de flora y de fauna (la avifauna es particularmente rica), la diversidad y cantidad de biota se maximiza en las áreas más cercanas y adyacentes al lago. La zona circunlacustre se divide a su vez en tres áreas.

#### 2.12.1.1 Orilla Circunlacustre

La orilla inmediata del lago constituye un ambiente muy especial por la presencia de totora “*Schoenoplectus Californicus Tatora*”, el

ichu “Stipa Ichu”, la cortadería “Cortadería Cubata” y otras gramíneas que bordean la orilla del lago; están también presentes: huira huira: “Achyrocline Alata”, clari huayachija “Senecio Clivicolus”, tasanjalayo “Astragalus Garbancillo”, tola “Baccharis Tricuneata”, romanza “Rumex sp.” Huaychija “Solanun Nitidum”; todas ellas son hierbas y arbustos.

#### **2.12.1.2 Área Media Circunlacustre**

Denominada al área con influencia morfoclimática termorregulada, incluyendo altitudes que no sobrepasan los 3900 m.s.n.m., con una alta diversidad de plantas leñosas conspicuamente representadas por un número de especies que en zonas más distantes tienen baja influencia.

En esta zona abundan los arbustos: malco “Ambrosia Arborescens”, tola “Baccharis Tricuneata”, masca paque “Eupatorium Gilbertii”, clari huaychija “Senecio Clivicolus”, mutuy “Cassia Hookeriana, Cassia Tomentosa” kela “Lupinus Ballianus”, mullu-mullu “Ribes Brachybotris”.

Entre los árboles es relativamente abundante el colle “Buddleja Coriacea” y no son raras las queñuas “Ploylepis Incana”.

#### **2.12.1.3 Área Interior Circunlacustre**

El área interior es la que existe a continuación de la anterior cuyo inicio se halla aproximadamente a 4,000 m.s.n.m., definida de este modo el área cubre una distancia en lejanía del lago de unos 6 y 7 km, en promedio (llega hasta 20 km en algunos puntos); la

diferencia de nivel en todo este recorrido no es mayor de 200 m tomando como referencia al nivel del lago.

En esta llanura es obvia la predominancia del ichu y algunas áreas a veces extensas, intercaladas de conjuntos arbustivos más o menos abundantes de tola “*Baccharis tricuneata*”, masca paque “*Eupatorium gilbertii*” supu tola “*Parastrephia lepidophylla*” tocco canlla “*Adesmia miraflorensis*” arbustos como tasanjalayo “*Astragalus garbancillo*” y kela “*Lupinus ballianus*”.

En las laderas abrigadas de la llanura, o en las diferencias de terreno favorecidas en términos de exposición, humedad y cobijo, crecen entre los arbustos para leña: coa Satureja boliviana, turulahua “*Colletian spinosissima*” quishuar “*Chuquiraga jussieu*” chojiña colle “*Mutisia mathewssi*”, también con cierta frecuencia: queñua “*Polylepis coriacea*” y en menor proporción queñua “*Polylepis incana*”.

### **2.12.2 Zona intermedia**

La zona intermedia está comprendida entre los 4000 y 4200 m.s.n.m. también tiene predominancia de llanura altiplánica, cortada en algunos puntos por las estribaciones de la cordillera andina occidental. Hay presencia de extensos pastizales naturales y es un área de gran potencial pecuario.

En esta llanura existe la predominancia del ichu “*Stipa ichu*” como conformante del pastizal, con escasa ocurrencia de tolas “*Baccharis tricuneata*”, coa “*Satureja boliviana*”, supu tola “*Parastrephia lepidophylla*”,

chojña colle “Mutisia mathewsii” canlla “Margyricarpus strictus”, confinadas a las orillas de la llanura de Ichu.

En forma restringida se encuentran árboles de colle “Buddleja coriacea”, sustituidos en predominancia por las queñuas “Polylepis incana”.

### **2.12.3 Zona cordillerana**

En el área de estudio se extiende sobre los 4,200 m.s.n.m., siendo Huacullani el ecosistema más representativo. Se caracteriza por la cobertura densa del pajonal altoandino con predominancia absoluta del ichu y presencia de los camélidos.

## **2.13 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES**

### **2.13.1 Demografía**

Puno es una ciudad que soporta un crecimiento demográfico elevado, principalmente a partir de la década de 1960-70, y las migraciones constituyen la razón principal de dicho crecimiento. La dinámica de las migraciones internas del departamento, depende principalmente de coyunturas naturales como las sequías o inundaciones, que determinan el desplazamiento de personas que inicialmente buscan refugio temporal, para posteriormente optar por una nueva residencia definitiva. Esas migraciones que desplazan familias enteras, con importante fuerza laboral, aumentan la presión sobre el débil mercado de trabajo que ofrece la ciudad, constituyendo así la problemática actual, que influye en los servicios ofrecidos y modifica de manera definitiva el entorno ambiental de la ciudad de Puno, cambiando el usual avance normal y equilibrado del crecimiento poblacional propio.

La población de la ciudad de Puno, ha sido estimada para el año 2015 en 149 064 habitantes, mostrando una distribución entre hombres y mujeres más o menos equitativa. Respecto a edades, de la pirámide poblacional se concluye que un 47% de la población está conformada por personas menores de 20 años y la población infantil (0-4 años) representa el 11% de dicha población. La población a partir de los 15 años muestra una tendencia a la disminución, coincidente con la culminación de la edad escolar, interpretándose que se debe a la migración por empleo y educación superior.

La densidad territorial del área que ocupa el distrito de Puno, alcanza un coeficiente de 51 hab/km<sup>2</sup> mientras que en la misma ciudad de Puno, la densidad aumenta a 72 hab/km<sup>2</sup> que se traduce en la existencia de un cierto nivel de hacinamiento urbano.

De acuerdo a información proporcionada por el INEI en 1993, la provincia de Puno se encontraba clasificada como una provincia de fecundidad media (de 3 a 4 hijos por mujer) siendo su Tasa de Fecundidad Global de 3,84% y el Uso Actual de Planificación Familiar de 56,0%.

La historia del Perú da cuenta que el crecimiento de sus áreas urbanas, en especial de las grandes ciudades, ha sido en gran parte gracias a la migración interna del campo a la ciudad o de las pequeñas ciudades (distritos) hacia las capitales de provincia o de departamento, o de las ciudades intermedias a las grandes urbes metropolitanas.

Los procesos migratorios no se dan en forma aislada, pues, generan una serie de hechos, tanto en su lugar de origen como de destino, tal es así,

que los inmigrantes internos al llegar a su lugar de destino, reciben la influencia de los contextos socio-económicos-culturales, en especial sobre los comportamientos individuales; pero esta influencia no es en forma inmediata, sino que ocurre por un contacto que va imprimiendo características particulares de personalidad, reflejada en actitudes, hábitos y comportamientos, de ello que en términos de fecundidad, sin la presencia de agresivos programas de planificación familiar, los cambios no se reflejan inmediatamente, sino después de más de una década, donde se aprecian los cambios en términos de educación y participación de la mujer en la actividad formal.

### **2.13.2 Aspectos socioeconómicos**

Según el estudio de “Estratificación Socioeconómica de Hogares en la Ciudad de Puno”, efectuado en 1995 por INADUR, predomina la población con bajos recursos económicos. La calidad de vida en Puno está determinada por el mayor o menor acceso al control de la producción, siendo esta situación el reflejo de la estructura socioeconómica vigente en el ámbito del distrito, relegando a estos a una economía de subsistencia.

#### **2.13.2.1 Estratificación Social**

La población comprendida entre los 15 y 45 años que representa el 53% representa una alta presión sobre el mercado ocupacional que debe ofertar la ciudad. La población mayor de 50 años representa el 9% de la población total, mientras la población de mayores de 65 años representa el 3% de la población total.

El 67% de hogares asentados en la ciudad, puede clasificarse como de “estrato bajo” dados su bajos ingresos económicos; este estrato se encuentra integrado por comerciantes informales, tricicleros, artesanos, obreros, vendedores ambulantes, empleadas del hogar y aún empleados y obreros del sector público y ubican principalmente sus viviendas en la periferia de la ciudad.

El estrato medio, cuyos niveles de ingreso son mayores, representa el 31% del total de hogares de la ciudad, y se encuentra conformado por trabajadores del sector público (profesionales, jefes, directores y empleados), docentes y administrativos de la Universidad, comerciantes, artesanos, técnicos y pequeños industriales.

Finalmente, el estrato alto, representa sólo el 2% del total de hogares de la ciudad de Puno, está integrado por profesionales, altos funcionarios-gerentes, así como por algunos grandes y medianos comerciantes e industriales y artesanos prósperos.

#### **2.13.2.2 Población Económicamente Activa**

La PEA ocupada de 6 años a más, representa cerca del 30% de la población. La tasa de crecimiento, mostró una disminución en la década 1980-1990 debido al fenómeno del terrorismo; sin embargo a la fecha, esta tendencia aparentemente aún no se habría recuperado. La población económicamente no activa bordea el 64%.



Del porcentaje total de la PEA, un 89% se encuentra ocupada y el 11% desocupada (PENOA) y conformada por personas que no realizan una actividad económica, donde se ubican a los estudiantes y amas de casa.

De la PEA de 15 años y más, por ramas de actividad económica, el Sector Terciario ocupa el primer lugar, comprendiendo el 63% de los cuales el 38% se dedica a los Servicios y el 25% al Comercio. La rama de servicios está conformada por trabajadores del sector público, mientras que el comercio abarca los establecimientos al por mayor, al por menor e igualmente a los informales.

La actividad industrial (Sector Secundario) representa el 15% de la PEA, dedicada principalmente a empresas fabricantes de muebles metálicos, puertas, ventanas, confección de tejidos de lana de alpaca etc.

El Sector Primario, utiliza sólo el 8% de la PEA y se dedica a la producción agrícola, principalmente de papa, quinua y cebada.

Respecto a la PEA por categorías ocupacionales, el mayor porcentaje corresponde a los empleados (41%), seguidos por trabajadores independientes (28 %) y obreros (11%).

### **2.13.2.3 Organizaciones Sociales**

En Puno, existen organizaciones de base (vecinales, femeninas), gremiales, socio-culturales y folklóricas, parroquiales y deportivas.

### **a. Organizaciones Vecinales**

Estas organizaciones, mayormente se encuentran constituidas en barrios, urbanizaciones, conjuntos habitacionales, asociaciones de vivienda y asentamientos humanos, que en su generalidad se encuentran organizados y afiliados a la Central de Barrios y Urbanizaciones Populares. Asimismo, existen Comités de Electrificación, de Agua y Desagüe, Pavimentación de vías etc. que a través de Convenios ejecutan obras en los barrios periféricos, en coordinación con diferentes Instituciones especializadas.

### **b. Organizaciones Femeninas**

La reducida estructura productiva de la ciudad, afecta a un significativo porcentaje de familias, las cuales se han organizado y han desarrollado estrategias de sobrevivencia, a través de los Clubes de Madres, Vaso de Leche y Comedores Populares que coordinan con PRONAA su apoyo alimentario. Asimismo, realizan también pequeñas actividades artesanales, para incrementar sus ingresos familiares.

### **c. Organizaciones Juveniles**

En Puno, el Consejo de Juventudes Nacionales CODEJUN, viene desarrollando actividades de asesoría y capacitación en la toma de conciencia sobre la vida personal y profesional de los jóvenes. Dicha organización pretende establecer contactos y mecanismos de coordinación para efectuar proyectos relacionados a la generación de ingresos y empleo.

#### **d. Organizaciones Gremiales**

Una de las organizaciones más dinámicas es la Federación de Tricicleros Independientes, que congrega a más de mil socios. Las organizaciones sindicales del sector público, afiliadas a la CITE, han perdido espacio en el campo político y de reivindicaciones. El SUTEP es la organización de este tipo, con mayor presencia en la ciudad.

#### **e. Organizaciones Socio-Culturales y Folklóricas**

A nivel social existen los siguientes clubes: Club Unión, Clubes de Leones, Kuntur, Rotary Club y el Club de Tiro. Entre las organizaciones culturales, se tiene al Instituto de Cultura Andina, Instituto Americano de Arte, Grupo Cuaternario de la Escuela de Bellas Artes. La mayor parte de barrios, cuenta con Asociaciones Folklóricas, que se organizan a través de diferentes danzas para participar en las Fiestas y Concurso de la Virgen de la Candelaria. La Federación Folklórica es la que organiza los eventos festivos y celebraciones indicadas.

#### **f. Organizaciones de la Iglesia**

La Iglesia Católica realiza un trabajo promocional y de orientación a través de los grupos parroquiales; a través de las juventudes desarrolla actividades culturales y religiosas. En forma similar las Iglesias de los Mormones y Evangélica, también desarrollan actividades religiosas con las juventudes.

### 2.13.3 Salud y educación

#### 2.13.3.1 Salud

La salud en Puno, está atendida básicamente por dos instituciones: el Ministerio de Salud (MINSA) y el Instituto Peruano de Seguridad Social (ESSALUD). Ambas, cubren el 100% de atención a la población, distribuyéndose ésta en 80% y 20% respectivamente, al margen de la atención dada para las Instituciones Armadas, cuya cobertura es mínima.

El sector privado, atiende sólo a un reducido número de pobladores, especialmente de sectores económicos altos. Los establecimientos de salud de las Fuerzas Armadas y Policiales están orientados básicamente a su personal y familiares, por lo que atienden muy restringidamente a la población.

Las limitaciones económicas del Sector Salud, se reflejan en la limitada capacidad de las Unidades de atención, al brindar sus servicios de manera muy restringida en cuanto a medicamentos, equipamiento y personal especializado, así como en el mantenimiento de su infraestructura.

Los indicadores de salud demuestran que las enfermedades de mayor incidencia en la población, especialmente en los estratos económicos más bajos, son infecciones en el aparato respiratorio, génito-urinario y digestivo, acentuados por la mala nutrición, y el estado del saneamiento ambiental, con repercusión especial en la niñez.

Según información de la Sub-Región de Salud Puno, los indicadores de salud son muy críticos como los mostrados a continuación (\*):

Mortalidad general : 11,17 por cada 1000 habitantes

Morbilidad infantil : 98,87 por cada 1000 nacidos vivos

Morbilidad materna : 46,37 por cada 10 000 nacidos vivos

Esperanza de vida al nacer: 55 años

(\*) Tomado de “Plan Director Ciudad de Puno – INADUR

La ciudad de Puno, concentra aproximadamente el 33% de las camas instaladas en el Departamento, equivalente al 88% de las instaladas en la provincia. Asimismo, la ciudad contaba al año 1995, con 24 consultorios médicos, distribuidos en las especialidades de medicina general, cirugía menor, ginecología y obstetricia, además de 26 consultorios dentales y 35 farmacias.

La provincia de Puno, cuenta con dos hospitales, 12 Centros y 47 Puestos de Salud. Y en conclusión se puede afirmar que el déficit de cobertura del servicio de salud es de 51% considerando los índices de la OPS (3 camas por cada 1 000 habitantes).

### **2.13.3.2 Agua Potable y Alcantarillado**

En cuanto a los servicios de agua potable y alcantarillado, se encuentran administrados por la Empresa Municipal de

Saneamiento Ambiental EMSA-PUNO. Encontrándose los servicios de agua potable constituidos por las siguientes fuentes:

- Captación Chimú: Extrae mediante bombeo 150 l/s de las aguas del final del cauce del río Willy, que corre dentro del lago Titicaca. Estas aguas son derivadas a la Planta de Tratamiento Arizuni.
- Captación Totorani: De este cauce, en la cota 3 959,84 m.s.n.m. son captadas unos 30 l/s.
- Captación El Manto: Es una captación desde una bocamina, cuya producción es 6,0 l/s siendo aguas duras por su contenido calcáreo.
- Captación Aracmayo: Conformado por 4 manantiales pequeños que totalizan hasta 6,0 l/s.

El almacenamiento es efectuado en 6 reservorios de regulación, con una capacidad conjunta de 6 100 m<sup>3</sup>/s y básicamente son abastecidos por bombeo.

En cuanto al sistema de distribución, las líneas matrices que alcanzan una longitud total de 97,24 km son tuberías entre Ø=3" y Ø=12". El grado de producción y servicio de agua potable en la ciudad, es inadecuado, mostrando un déficit de producción de 60%. Se estima que el requerimiento de la ciudad sobrepasa los 250 l/s. La población no atendida se abastece irregularmente mediante piletas, manantiales y pozos.

En cuanto al servicio de desagüe y alcantarillado, las aguas servidas son evacuadas mediante sistemas de colectores primarios y secundarios, por gravedad. Estos convergen en un colector horizontal sobre la avenida Bolívar, desde donde son bombeadas a la laguna de estabilización, ubicada al lado sur-este de la ciudad a orillas del lago. Las aguas servidas, por debajo de la Avenida Bolívar son directamente descargadas al lago, por la existencia de gran cantidad de viviendas que simplemente utilizan como desagües de aguas negras a los colectores pluviales. De otro lado, la ineficiencia de operación de sistema de bombeo, también contribuye a que gran parte de aguas que rebosan la capacidad de bombeo hacia el colector Bolívar, simplemente son descargadas directamente al lago.

Finalmente, se hace notar que la capacidad de la Planta de Tratamiento de Aguas Negras escasamente llega a los 100 l/s mientras la cantidad de aguas servidas sobrepasa los 200 l/s explicándose así los problemas adicionales de descarga de aguas servidas al lago, con los consiguientes problemas y peligros para la ciudad de Puno.

### **2.13.3.3 Educación**

La cobertura educativa en la ciudad de Puno muestra buenos niveles de atención. En el nivel primario el déficit de alumnos es del 2,0%, mientras que el déficit de aulas es de apenas 1,0%, considerando una densidad de 40 alumnos/aula. En cuanto a la educación secundaria, ésta ofrece un superávit de 18%

considerando en este margen la atención dada a poblaciones y comunidades próximas a la ciudad como Chucuito, Paucarcolla, Atuncolla, Chimu, Jayllihuaya, Uros etc. El déficit de aulas es del 6 % con una densidad de utilización de 47 alumnos/aula.

Existen también programas escolarizados, programas no escolarizados, programas especiales y programas ocupacionales para población adulta y para limitados físicos.

Dentro de la Educación Superior no Universitaria, existen 6 instituciones especializadas, conformadas por 2 Institutos Pedagógicos estatales, 3 Institutos Tecnológicos particulares y 1 Instituto Superior Artístico de régimen estatal.

Finalmente, en el Nivel Superior Universitario, se cuenta con la Universidad Nacional del Altiplano reabierta en 1962 que cuenta con 19 facultades y 35 carreras profesionales, en las que estudia una población aproximada de 18618 alumnos.

#### **2.13.4 Red vial y comunicaciones**

##### **2.13.4.1 Sistema Vial**

La forma circunlacustre de la ciudad, define un sistema vial lineal en el sentido Norte-Sur y viceversa, entre las zonas de Huáscar y Yanamayo (al Norte), hacia las zonas de Salcedo, Torres de San Carlos y Chanu Chanu (al Sur) y otra de la carretera a Moquegua hacia el Sur-Oeste.



El sistema vial principal se inicia con la vía que viene desde Juliaca (al Norte), para llegar al centro de la ciudad, donde el Mercado Central actúa como limitante a la fluidez vial, para salir con destino a la carretera llave-Desaguadero (al Sur. Por las partes altas de la ciudad (al Oeste) se tiene la Avenida Circunvalación como eje longitudinal Norte-Sur, concebido originalmente como una vía de evitamiento para el tránsito pesado de carga, que por diferentes causas sólo da acceso a la carretera a Moquegua (Sur-Oeste).

Todos los ejes longitudinales (Norte-Sur) se encuentran interrelacionados perpendicularmente por calles de sección angosta y pendientes pronunciadas que no permiten flujos adecuados de tránsito vehicular colector. En la parte central de la ciudad, los ejes longitudinales son interceptados por un eje transversal que corta la ciudad en dos partes, de este a oeste el jirón Deustua en la parte alta y la avenida Titicaca en la parte baja hasta el óvalo o muelle Puno. Este eje reviste gran importancia turística, al unir el Mirador de Huajsapata con el Muelle Puno en el lago.

#### **2.13.4.2 Transporte**

##### **a. Parque Automotor**

El registro de vehículos, a cargo de la Dirección de Circulación Terrestre, comprende las provincias de Puno, Chuchito, Collao y Yunguyo, de los cuales corresponden a la ciudad de Puno un 60% de los automóviles, camionetas pick-up, rurales, station-wagon,

camiones y ómnibus, así como remolques, remolcadores y un 25% de las motocicletas con un parque automotor aproximado de 6000 vehículos.

El sistema de transporte dentro de la ciudad de Puno y de ésta con el entorno regional y extrarregional está conformado por unas 1 500 unidades, incluido el servicio de taxis Finalmente, existe un sistema informal de tricitaxis, estimándose la existencia de alrededor de 2 500 unidades de este tipo.

#### **b. Transporte Urbano**

Es uno de los mayores problemas de la ciudad, con trascendencia social y económica. En la década anterior con la liberación de rutas y la salida de empleados públicos, aumentaron indiscriminadamente las unidades destinadas al transporte urbano, al igual que en las demás ciudades del País, originando un exceso en la oferta de este servicio.

En Puno, las rutas más rentables se localizan en el eje Norte-Sur, pasando por el centro de la ciudad, donde se concentran el comercio, servicios y equipamiento más importantes y consecuentemente la mayor afluencia de usuarios. Gran parte de empresas ofrecen sus servicios en estas rutas, provocando como consecuencia, el congestionamiento vehicular en ciertos sectores, así como las pésimas condiciones de transitabilidad, siendo las horas punta de este problema de 6.00 am a 9.00 am; de 12.00 hr a 14.00 hr y de 18.00 hr a 20.00 hr.

Se hace necesario la descongestión vehicular de este servicio, que repercute en el tránsito peatonal por la ciudad de vías estrechas con veredas muy angostas, a lo que suma la mala señalización y semaforización.

### **c. Flujos Regionales, Interregionales e Internacionales**

La ciudad de Puno, por el rol político-administrativo y en menor grado comercial, que cumple como sede de Región, genera y recibe flujos de carga y pasajeros dentro de la ciudad, especialmente con y desde la zona Sur (Chucuito, Collao y Yunguyo) y la zona Norte, a través de Juliaca, así como de las Regiones Tacna y Moquegua, Arequipa y Cusco, al margen del flujo Cusco-La Paz (Bolivia) que necesariamente pasa por la ciudad de Puno. Dichos flujos pueden cuantificarse en 69% hacia el Norte, 18% al Sur y 13% hacia Moquegua y Tacna.

Asimismo, el transporte aéreo, con gran flujo hacia la ciudad de Puno, se realiza a través del aeropuerto Manco Cápac ubicado en la ciudad de Juliaca, desde donde se enlazan vuelos directos a Lima, Cusco y Arequipa.

### **d. Transporte Ferroviario**

La ciudad de Puno cuenta también con una estación o terminal ferroviario que enlaza las ciudades de Cusco y Arequipa, a través de su enlace en Juliaca, tanto con transporte de pasajeros como de carga en general y combustibles, a través de los ex Ferrocarriles

del Sur actualmente administrada por Ferrocarril Trasandino (Perú-Rail).

#### **e. Transporte Lacustre**

Finalmente, es necesario mencionar la existencia de un muelle lacustre en la ciudad de Puno, el mismo que antiguamente prestaba gran servicio de pasajeros y carga a través del lago Titicaca entre las ciudades de Puno y Guaqui (Bolivia). Sin embargo, la modernización de carreteras asfaltadas fue desplazando paulatinamente este servicio, el mismo que actualmente sólo tiene características turísticas.

#### **2.13.4.3 Telecomunicaciones**

Referente a este servicio, en la ciudad de Puno existen los sistemas telefónicos estacionarios y el sistema de celulares. Existen cabinas públicas, centros comunitarios, teléfonos públicos y en establecimientos comerciales públicos.

En la ciudad de Puno se captan casi todos los canales de la televisión limeña con dos canales que presentan ediciones locales.

Asimismo, existe el servicio de televisión por cable y también cabinas públicas del sistema INTERNET.

Finalmente existen más de una docena de emisoras comerciales de radio que transmiten en frecuencias FM y onda larga.

### **2.13.5 Uso de la tierra**

La ciudad de Puno, cuenta actualmente con una población estimada en 124711 habitantes, distribuidos en aproximadamente 2 000 ha.

El uso residencial es el predominante, con el 84% del área total, continuando los usos especiales con el 6% del área total. Luego se encuentran los Usos por Educación, que llega al 4% del área total.

#### **2.13.5.1 Uso Residencial**

El uso residencial, equivale al 84% del área total de la ciudad, en el que se identifica un 56,30% en calidad de “ocupado”; un 1,60% en la categoría de Pre-urbano y un 25,90 % se encuentra aún en proyecto (no ocupado).

Se pueden distinguir siete grandes zonas respecto al uso residencial: el Centro de Puno, las Urbanizaciones, los Barrios, los Pueblos Jóvenes, las Asociaciones de Vivienda, los Pueblos y los Conjuntos Habitacionales.

#### **2.13.5.2 Uso Comercial**

El uso comercial representa el 1,70% del área total de la ciudad, y en éste se distinguen tres tipos de comercio: el Comercio Central, conformado por la Plaza de Armas, el Parque Pino y el Mercado Central, donde se localiza el comercio minorista y los principales locales institucionales de la ciudad.

#### **2.13.5.3 Equipamiento**

Son los locales dedicados a Educación, Salud y Recreación, que no constituyen casas definidas, pero que físicamente ocupan el

4,50 % del área total de la ciudad. Se localizan en toda la ciudad, así la ciudad universitaria ocupa 71,03 ha, el Sector Salud ocupa 7,27 ha y la Recreación, entre áreas deportivas y parques, ocupan 7,38 ha.

#### **2.13.5.4 Usos Especiales**

Está constituido por los equipamientos mayores como estadios, campo ferial, cementerios etc.; edificios institucionales como el Municipio, Cuartel, Palacio de Justicia, Policía etc.; de Servicios como reservorios, plantas de tratamiento de agua, lagunas de oxidación, plantas de producción y transformación de energía que en conjunto ocupan 117,87 ha que equivale al 6,20 % del área total de la ciudad.

#### **2.13.5.5 Cerros e Islas**

Si bien los cerros e islas no se identifican como uso de la tierra, ocupan un espacio físico, que representa el 4% del área total de la ciudad, como el cerro Machallata, taludes a lo largo de la vía a Juliaca, las islas Esteves y Espinar, así como las zonas al borde del lago Titicaca y que no tienen ocupación urbana.

### **2.13.6 Actividades económicas**

#### **2.13.6.1 Actividad Comercial y de Servicios**

La principal actividad económica de la ciudad de Puno es el comercio a pequeña escala de productos agrícolas y manufacturados, provenientes sobre todo del sur peruano. El abastecimiento y comercialización de productos de la zona se halla

supeditado a los factores climatológicos como sequías, heladas e inundaciones, que determinan la producción. El comercio intensivo a nivel mayorista y minorista, se localiza principalmente en las avenidas El Sol, Simón Bolívar y Jr. Los Incas. Los ejes comerciales más importantes se encuentran a lo largo de los jirones Lima, Arequipa, Moquegua y Tacna.

#### **2.13.6.2 Actividad Industrial**

Las actividades de transformación o secundarias son incipientes en la ciudad, representando únicamente el 15% de la PEA. La incipiente actividad industrial en la ciudad de Puno, está orientada mayoritariamente en un 68% a la producción de bienes de consumo no duraderos y básicamente relacionados con la alimentación. Otra característica fundamental de la actividad industrial en Puno ciudad, es que está constituida fundamentalmente por microempresas que ocupan un pequeño número de trabajadores por empresa.

#### **2.13.6.3 Cultural**

De acuerdo a información obtenida del INEI, el nivel de educación de la población de Puno, en general se encuentra en niveles adecuados de atención. El único déficit corresponde al nivel inicial que alcanza un 42% en la atención de niños. El nivel secundario, también alcanza índices óptimos, dado que abarca la población total, atendiendo adicionalmente a la población flotante o exterior que proviene de distritos aledaños. En la educación de adultos existen programas escolarizados y no escolarizados

eminentemente estatales. Se observa que el sistema curricular actual en materia medio-ambiental no contiene los conceptos necesarios que influyan determinadamente en obtener una verdadera cultura ambiental, que es la requerida por el país en general y muy especialmente por la ciudad de Puno. De manera similar la formación superior en los Centros Superiores de Estudio, en términos generales se aíslan del contexto ambiental, por lo que como consecuencia de esto, se puede concluir que los problemas de contaminación ambiental siempre serán un problema de orden estructural en función al sistema curricular educativo actual.

#### **2.13.6.4 Estilos de vida y Costumbres en la Ciudad de Puno**

En general el patrón cultural que caracteriza a la población de Puno y a todo el ámbito de la provincia e inclusive a nivel departamental, se arraiga principalmente a dos estilos de vida, la primera referida al estilo de vida urbano, que se enmarca dentro de una perspectiva netamente de la urbe, en el que se encuentran relaciones con centros urbanos menores. El otro estilo de vida es el rural, que se enmarca dentro de un ámbito netamente alejado de la ciudad; pudiendo destacar que este estilo de vida se diferencia del primero por sus actividades netamente dedicadas a la agricultura y en mayor proporción a la ganadería; en general el nivel de desarrollo es inferior, apreciándose deficiencias tanto en el aspecto educativo, como en salud y educación entre otros.

En cuanto a las principales costumbres como parte de la riqueza cultural están referidas primordialmente a las religiosas,



manifestados en actos de fe religiosos específicos. Por ejemplo, durante el mes de febrero de cada año, se lleva a cabo la fiesta patronal de la Virgen de la Candelaria, actividad que genera una amplia dinámica poblacional constituida por visitantes nacionales y extranjeros, cuyo número es registrado por el MICT-Puno, en base a reportes hoteleros, mientras que las personas no registradas por este organismo la conforman todas aquellas que forman parte de familias puneñas, músicos, comerciantes, ambulantes, campesinos etc. estableciéndose que el número de turistas nacionales y extranjeros bordea las 10000 personas; el número de personas procedentes del ámbito rural, del que no se dispone de registros estadísticos, pero sí de estimaciones prácticas se establece en 6 300 músicos, 8 000 campesinos y unos 9200 hijos o familiares de puneños que arriban para esa fecha. Los mismos que totalizan 33500 personas, que sumadas a los 124711 habitantes, hacen un total de 158211 personas.

Dicha situación de aglomeración eventual genera ciertos cambios, como un incremento de residuos sólidos que superan los 119,16 Tn/día por sobrecarga de material orgánico en las aguas residuales, ensuciamiento de calles y parques y otros lugares por el uso inadecuado de dichas zonas, vertimiento de sólidos (latas, cartones, envases de vidrio etc.), deposición de materiales fecales y orina, que por acumulación parte de ellos son transportados a la bahía de Puno por las aguas pluviales, considerando que la época de esta actividad corresponde a la lluviosa.

Finalmente se debe recordar, que las principales culturas que sobresalieron en Puno, corresponden a Tiawanacu, que se desarrolló en la época pre-hispánica. En el periodo post-Tiawanacu o post-clásico se desarrollan reinos locales, representados en el altiplano por la cultura o civilización Colla o Aymara. Finalmente, sobresalió la cultura Inca, dedicada en su mayor parte a la conquista de la civilización Colla. En este marco, antes de la llegada de los españoles, Puno correspondía a un espacio donde se estructuraban viviendas de pobladores, en forma dispersa con sus respectivos campos de cultivo, teniendo como escenario la Bahía del Lago Titicaca. Asimismo, Puno, como tal, formaba una población marginal localizada en los linderos con los Quechuas al Norte y Lupakas (Aymaras) al Sur.

#### **2.13.6.5 Actividad Turística**

Esta importante actividad económica, se sustenta en dos elementos fundamentales como el Lago Titicaca, considerado una impresionante maravilla natural a más de 3 800 m.s.n.m. y su riqueza cultural, las mismas que interactúan para dar origen y sustentar la actividad turística. La ciudad de Puno, es considerada como el centro receptor o de tránsito a los principales centros de atracción turística, entre ellos las milenarias islas de los Uros, Taquile y Amantani, cuyas rutas de inicio son el puerto de Puno y la Bahía Interior.

En 1993 llegaron a Puno un total de 73286 turistas de los cuales 23018 eran extranjeros; en 1994 llegaron 95101 turistas de los

cuales 57685 eran extranjeros. En 1995 esta cifra ascendió a 104789 turistas de los cuales 50395 fueron extranjeros, en 1996 se llegó a 113189 turistas de los cuales 61224 eran a turistas extranjeros y en el 2012 585172 turistas entre nacionales y extranjeros.

A través de estas cifras se demuestra que la ciudad de Puno es un centro receptor del turismo, que interviene positivamente en la economía de la población, y cuyo número puede ser incrementado significativamente si es que se logra dotar a la ciudad de un ambiente más acogedor.

Dentro del esquema turístico nacional, Puno se constituye en un punto de paso importante, por estar inmerso dentro del Circuito de Turismo Receptivo más importante del País, que es la Lima-Cusco-Bolivia en ambos sentidos. En este contexto y por el gran contenido de bienes culturales y recursos naturales, Puno constituye un punto de paso obligado, tendiente a convertirse en Destino Turístico, porque cuenta con infraestructura, atractivos, servicios y medios adecuados.

Actualmente el periodo de permanencia del Turismo Receptivo en Puno, es de un promedio de 1,20 días que puede ser sustancialmente incrementado con una mayor promoción de los atractivos conocidos y ampliando la actual oferta de centros de interés, básicamente en los rubros de turismo ecológico y turismo esotérico. Asimismo, es necesario e importante el mejoramiento y

la ampliación de la infraestructura de servicios, haciendo más eficiente, fundamentalmente, los medios de transporte por carretera, ferroviario y aéreo.

Las visitas a todo el contenido turístico de Puno, se articulan desde la ciudad de Puno, donde se centraliza gran parte de la infraestructura de servicios, alimentación, hospedaje, transporte guiado, comercio y otros.

En 1996 existían en la ciudad de Puno 41 establecimientos de hospedaje, 6 hoteles, 11 hostales, 15 hostales residenciales y 9 establecimientos de otro tipo (pensiones y albergues), con una capacidad hotelera total de 905 habitaciones con 1728 camas. Asimismo, existían 37 Agencias de Viaje y Turismo así como 8 Empresas de Transporte Turístico, tanto regionales como internacionales, con una capacidad total de 398 asientos.

El incremento anual total del turismo, es de aproximadamente 10% en promedio, de los cuales el turista extranjero representa un promedio que sobrepasa el 50% de la totalidad de turistas que visitan anualmente la ciudad de Puno.

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA**

Fueron evaluadas cada uno de los elementos ambientales de la microcuenca que circunda a la bahía interior y ciudad de Puno, el cual se realizó de acuerdo a la siguiente metodología:

- a. Se recabo la información bibliográfica necesaria sobre la zona de estudio.
- b. Se realizó un reconocimiento general del ámbito de estudio identificando las fuentes generadoras de contaminación en el área urbana y periurbana.
- c. Se efectuó un estudio de generación y caracterización de las aguas residuales.
- d. Se realizó una evaluación de los residuos sólidos urbanos de tipo no domiciliario; asimismo, se estimaron el volumen de arrastre de sedimentos de las quebradas de la parte alta de la microcuenca de Puno.
- e. Se identificaron y ubicaron las descargas clandestinas de aguas residuales.

En la primera parte de la investigación se utiliza una metodología descriptiva, cualitativa y cuantitativa. La obtención de datos y la descripción de los factores ambientales existentes en el ámbito de la microcuenca de Puno el cual permitió el análisis de los mismos según un basamento teórico que se expone en la investigación. En la segunda parte, la ayuda del análisis de los datos meteorológicos, características climáticas locales, condiciones geológicas, geomorfológicas, geotécnicas, aspectos topográficos, aguas residuales, residuos sólidos, entre otros establecieron las pautas que guiaron el proceso creativo permitiendo la propuesta teórica del diseño.

### **3.1 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **a. Técnicas**

Las técnicas de Investigación son los procedimientos, las vías que nos ponen en relación al investigador con las fuentes de datos relevantes para indagar sobre el objeto de estudio.

Para nuestro estudio identificamos las siguientes técnicas

- La observación directa de los recursos naturales dentro del ámbito circundante de la microcuenca de Puno.
- La Técnica de Evaluación, para inventariar los factores ambientales.
- La Técnica de Análisis de fuentes primarias en relación a los datos meteorológicos y aspectos geográficos del área en estudio.
- Encuesta presencial para recabar información especializada.

## **b. Instrumentos y Procedimientos**

- Los instrumentos son los medios auxiliares que nos permiten recoger y registrar los datos obtenidos a través de los métodos y técnicas.
- Los datos que se obtuvieron fueron registrados en equipos y en materiales escritos.
- Entre los equipos que se emplearán son la cámara fotográfica, los videos filmadoras y/o grabadoras de audio.
- Entre los materiales escritos previamente preparados fueron: Notas de campo, fichas o guías de observación, fichas de inventariado, cuestionarios impresos para encuestas.
- Para obtener los datos, se visitará los espacios ecológicos materia de la investigación con los instrumentos de investigación totalmente preparados.

## **c. Análisis e Interpretación de Datos**

El presente estudio tomará en cuenta para el análisis e interpretación de datos: Información meteorológica de la estación Puno en forma cuantitativa y cualitativa de los agentes geológicos, factores ambientales del área geográfica materia del presente estudio a través de información cartográfica local e información de servicios básicos tales como agua potable y alcantarillado, servicios higiénicos, servicio de recojo de residuos sólidos y transporte público de la ciudad entre otros.

### **3.1.1 Ubicación**

El área de estudio se localiza en la ciudad de Puno, la cual se ubica circundando la ciudad y bahía interior de Puno en sentido noroeste a suroeste alrededor de las orillas occidentales de la bahía. Se encuentra a

una altitud de 3810 m.s.n.m. hasta los 4500 m.s.n.m., siendo el cerro Huacullani el sistema más representativo

Políticamente pertenece:

Distrito de Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno, a 3810 m.s.n.m.

Entre las coordenadas 15°48'57" y 15°51'35" de latitud Sur y 69°57'13" y 70°01'15" de longitud Oeste.

### **3.1.2 Accesibilidad**

El acceso a la microcuenca de Puno se realiza por vía terrestre, a través de las vías Arequipa – Juliaca - Puno y por la vía Moquegua - Puno. También existe acceso por vía aérea mediante la utilización del aeropuerto de la ciudad de Juliaca.

### **3.1.3 Características Morfológicas de la Microcuenca Puno**

La depresión central que ocupa el Lago Titicaca ha formado una zona circunlacustre con cadenas montañosas bajas y taludes de 5 a 8 km de ancho y entre 290 y 690 m sobre el nivel del lago.

En esta zona se ubica la microcuenca de Puno, por lo que se encuentra muy influenciada por las características climáticas e hidrológicas circunlacustres, factores que han modelado el área. El área de estas microcuencas se estima en 5275,65 ha y su perímetro promedio es de aproximadamente 33,47 km. Muchas de esta microcuencas abarcan áreas urbanas y gran parte están distribuidas en la parte natural y están comprendidas entre las cotas 3812 m.s.n.m. y 4500 m.s.n.m.



La bahía de Puno, tiene un extensión de 17,3 km<sup>2</sup>, es un espejo de agua de forma elíptica y mide 2,4 km de ancho desde Isla Esteves hasta la Isla Espinar y una longitud de 3,5 km desde el Puerto Puno hasta la boca del canal hacia Chimu.

La profundidad máxima encontrada es de 8 m y la profundidad promedio es de aproximadamente 2,4 m; el área de superficie menor a 2 m de profundidad corresponde al 50% del área total de la bahía de Puno.

#### **3.1.4 Características Hidrológicas de la Microcuenca Puno**

La cuenca hidrológica de la microcuenca de Puno, está conformada aproximadamente por 31 quebradas o cárcavas, distribuidas semi-radialmente con relación a la ubicación de la ciudad, discurriendo transversalmente para desembocar en la bahía de Puno.

Las microcuencas delimitadas dentro de la ciudad de Puno presentan características heterogéneas, debido a la expansión urbana, desarrollo de nuevas urbanizaciones, las que cuentan con infraestructura vial (pistas pavimentadas, etc.) que alteran las características fisiográficas y topográficas de parte de la cuenca, modificando su coeficiente de escorrentía, pendiente, tiempo de concentración, entre otros factores.

#### **3.1.5 Clima**

Para el caso de la microcuenca de Puno, el clima tiene influencia sobre la problemática ambiental y la dinámica de la ciudad, caracterizada por procesos actuales de contaminación, deficiencia del ornato y estética urbana, así como problemas derivados del inadecuado manejo de las aguas pluviales que, en períodos de lluvia ocasiona inundaciones temporales en el centro urbano, lo cual a su vez origina contaminación,

mientras en las épocas frías y secas constituye un limitante de los niveles de eficiencia en los sistemas de tratamiento de aguas servidas, asimismo, influye directamente en los periodos vegetativos de cultivos de jardinería y otros. El clima local de la microcuenca de Puno, se encuentra afectado, por la altitud, latitud, influencia directa del lago Titicaca y la geomorfología circundante.

La ciudad de Puno se encuentra sobre los 3810 m.s.n.m. sin embargo, no presenta un clima extremadamente frío (debido al efecto termorregulador del Lago Titicaca), y tampoco una amplitud de variación de la temperatura, y esto se debe a la ubicación del territorio con respecto a su posición geográfica, como a la pequeña magnitud del territorio en estudio.

### **3.2 FACTORES AMBIENTALES DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Generalmente, la contaminación puede proceder de fuentes naturales o de actividades antrópicas. Para el presente caso, son muy pocos los trabajos de investigación relacionados a la microcuenca de Puno y los existentes son muy puntuales y casi no se ha realizado un monitoreo de los factores ambientales que involucra un ciclo (un año) de información, por ello la importancia de desarrollar el presente trabajo.

A la fecha la ciudad de Puno alberga a una población de más de 149,064 habitantes, se puede inferir que obviamente altera la calidad de las aguas por un mayor uso del agua, genera una mayor cantidad de residuos sólidos, como también ha generado una mayor ocupación del suelo, modificación de las laderas de la microcuenca por el desarrollo periurbano, crecimiento de la ciudad de Puno debido al incremento de la población, que son causas de alteración del medio y contaminación de la bahía interior, ciudad y microcuenca de Puno.

La microcuenca de Puno vienen sufriendo grandes cambios en lo referente a su calidad, el mismo que incluye a la ciudad y bahía de Puno, en los últimos años este problema se ha acentuado, con el crecimiento de la población, sobre todo a partir del año 1960. Este problema de degradación de la calidad ambiental se ha presentado a causa de las actividades antrópicas que dan origen a la generación de residuos líquidos, sólidos, arrastre de sedimentos de la parte alta de la microcuenca y otros de carácter no estructurales, que no son adecuadamente manejados.

A continuación se presentan algunos parámetros de calidad de aguas, datos meteorológicos, hidrológicos, condiciones climáticas, aspectos topográficos y agentes geológicos, aguas residuales, residuos sólidos, entre otros que ejercen influencia directa sobre la microcuenca de Puno y que se traducen en síntomas de degradación ambiental.

### **3.3 METEOROLOGÍA**

Como se sabe, el clima es el conjunto de variables meteorológicas que ocurren en el tiempo; estas variables meteorológicas, presentan comportamientos distintos en el espacio en función del tiempo, que son controladas por el sol, que define las particularidades del clima de una determinada zona.

Las principales variables que determinan el comportamiento térmico son la Latitud, que define un clima más frío hacia el Sur, con respecto al Norte, por la proximidad al Ecuador y la Longitud que define un clima más frío al Oeste con respecto al Este por la influencia de las corrientes de aire de origen amazónico, y la región fría por la conocida propiedad de la troposfera y en el caso particular de la ciudad de Puno, por el efecto termorregulador del Lago Titicaca.

La precipitación de la estación meteorológica considerada para el presente trabajo corresponde a la estación de Puno, los parámetros analizados son temperatura, evaporación, horas de sol, presión atmosférica, humedad relativa, precipitación, vientos y nubosidad, correspondientes al periodo de 1964-2008.

### **3.3.1 Temperatura**

Las temperaturas máximas registradas en la ciudad de Puno, corresponden al periodo comprendido entre los meses de Setiembre a Abril. Existiendo cierto gradiente térmico entre estas máximas temperaturas, en las zonas más alejadas del Lago con respecto a las orillas de éste. A continuación se presentan cuadros de la temperatura en el área:

**Cuadro 6.** Temperatura media mensual °C estación Puno

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
1964	*	10.2	9.9	9.5	7.8	6.0	5.2	7.8	7.4	8.1	8.4	9.3	8.1
1965	9.2	9.4	9.0	8.9	8.1	5.6	6.4	*	8.4	9.9	10.2	10.2	8.7
1966	11.0	10.6	10.1	8.9	7.2	6.3	5.8	8.0	9.2	10.4	10.1	10.6	9.0
1967	10.9	10.0	9.4	8.7	7.9	6.7	6.1	7.0	8.3	9.2	10.2	8.7	8.6
1968	9.4	9.6	8.6	7.9	6.9	6.1	5.5	6.9	8.2	10.0	9.6	10.1	8.2
1969	9.4	10.2	10.2	9.9	8.0	6.5	5.9	6.3	8.5	10.2	11.2	10.7	8.9
1970	10.1	9.6	8.8	8.9	7.5	*	6.2	7.5	8.5	9.9	10.7	9.9	8.9
1971	10.0	8.6	9.6	8.5	6.4	6.5	5.3	6.8	8.2	8.3	9.1	9.6	8.1
1972	8.6	8.8	9.2	8.9	*	5.5	6.7	7.2	8.4	9.9	11.3	10.4	8.6
1973	10.7	10.7	10.3	9.5	8.0	6.2	5.7	7.4	8.3	10.4	10.7	10.3	9.0
1974	9.4	9.3	9.4	8.6	7.1	6.4	*	5.9	7.9	9.2	10.0	9.8	8.5
1975	9.1	9.6	9.5	9.1	7.4	6.1	4.8	7.0	8.4	8.2	9.5	9.4	8.2
1976	8.9	9.3	9.4	8.1	6.7	5.7	6.1	6.5	7.6	8.9	9.2	10.2	8.1
1977	10.7	9.9	9.5	8.9	6.8	5.1	6.6	7.1	8.2	9.2	10.4	10.2	8.6
1978	9.9	10.5	9.4	9.0	7.3	6.7	5.3	7.3	7.8	9.3	9.6	10.2	8.5
1979	9.5	10.5	10.1	8.6	7.0	7.2	5.9	6.6	9.0	9.6	10.8	10.3	8.8
1980	10.8	10.4	9.7	9.1	7.2	6.6	6.6	7.4	8.3	9.7	10.5	9.8	8.8
1981	10.4	9.5	9.4	8.2	6.8	5.1	5.6	6.3	7.0	9.1	10.6	10.7	8.2
1982	9.7	10.3	10.0	8.1	6.2	5.3	5.3	6.5	7.5	9.2	10.3	10.5	8.2
1983	11.7	11.0	11.5	10.5	8.4	7.1	7.4	7.3	8.5	8.7	9.9	10.3	9.4
1984	9.2	9.1	9.6	8.8	7.7	6.7	5.4	6.4	7.2	9.6	9.7	10.0	8.3
1985	9.6	9.2	9.7	9.0	7.8	6.3	5.3	7.0	8.1	8.7	8.6	9.1	8.2
1986	9.6	9.2	9.2	8.8	6.1	5.6	4.4	6.3	7.4	8.4	9.6	10.0	7.9
1987	10.0	9.8	9.4	9.0	8.0	6.2	5.8	*	8.8	9.5	10.8	11.4	9.0
1988	10.6	10.5	10.0	9.3	7.9	5.6	5.9	*	9.1	9.4	10.3	10.2	9.0
1989	9.6	9.4	9.3	8.6	7.3	*	5.3	7.1	8.7	10.0	9.6	10.8	8.7
1990	10.0	9.7	9.6	9.0	8.0	5.8	5.9	6.6	7.8	9.7	9.9	10.5	8.5
1991	10.2	10.5	9.9	9.0	7.1	5.4	5.6	6.7	7.8	9.5	9.5	10.2	8.5
1992	9.8	9.8	9.8	9.5	8.2	6.5	5.8	6.1	8.4	9.2	9.7	10.5	8.6
1993	9.6	9.5	9.5	9.6	8.0	5.9	7.2	7.5	9.0	10.0	10.8	11.6	9.0
1994	10.9	10.3	9.7	9.5	7.7	6.1	6.4	7.4	9.1	10.0	10.9	10.9	9.1
1995	11.1	10.1	10.0	9.9	8.0	6.5	7.0	9.7	10.4	12.0	12.2	11.2	9.8
1996	10.8	10.4	10.7	9.8	8.1	6.4	6.8	7.3	9.4	11.0	9.7	10.5	9.2
1997	9.8	9.0	8.9	7.6	7.1	6.0	6.9	6.9	8.9	9.9	10.6	12.2	8.7
1998	12.3	12.5	11.7	10.9	8.5	7.8	7.2	8.9	9.9	11.1	11.6	13.2	10.5
1999	11.1	10.4	10.4	9.9	8.3	6.7	7.9	8.7	9.7	10.5	11.2	12.0	9.7
2000	10.7	10.4	10.3	9.8	9.0	7.3	6.5	8.3	9.9	9.6	10.7	10.2	9.4

2001	9.8	10.4	9.9	9.6	8.0	7.5	6.3	7.2	9.6	10.3	11.6	10.9	9.3
2002	11.1	10.8	10.8	10.0	8.6	7.6	6.1	7.8	9.3	10.1	11.0	11.2	9.5
2003	11.4	11.4	10.7	9.6	8.1	6.3	6.7	7.5	8.3	10.1	11.3	11.8	9.4
2004	10.7	11.1	11.2	10.1	7.8	6.4	6.7	7.4	9.1	10.7	11.4	12.0	9.6
2005	11.4	10.7	11.1	10.3	8.4	6.4	7.6	7.6	9.5	10.4	10.9	11.8	9.7
2006	10.4	11.2	11.2	9.9	7.4	7.0	6.3	8.3	9.2	10.8	11.5	11.7	9.6
2007	11.8	11.5	10.4	10.3	9.0	7.9	7.0	8.6	9.3	10.5	10.4	11.2	9.8
2008	10.8	10.7	10.3	9.9	7.6	7.4	6.8	7.9	9.0	10.5	11.7	10.9	9.4
PROM	10.3	10.1	9.9	9.3	7.7	6.5	6.2	7.3	8.6	9.7	10.4	10.6	8.9

Fuente: Banco de datos meteorológicos SENAMHI

(\*) : No existen datos

### 3.3.2 Evaporación

La evaporación, de manera general en Puno es relativamente alta, la misma que se ve influenciada por varios factores concurrentes como el aire seco, los vientos, la temperatura máxima durante el día y la radiación alta que caracteriza al altiplano peruano.

Los valores máximos de la evaporación media, se producen en el periodo Setiembre-Diciembre, con un promedio mensual de 200,20 mm/mes. En el periodo Enero-Abril se producen los valores medios con 157,02 mm/mes; mientras los valores mínimos son registrados en el periodo Mayo-Agosto con 145,60 mm/mes.

### 3.3.3 Horas de sol

De manera general, el altiplano peruano se caracteriza por presentar periodos de insolación relativamente largos, condición que favorece el calentamiento de la superficie terrestre, contexto climático en el cual se ubica la ciudad de Puno. Así, se obtiene del periodo de registros existente, que la ciudad de Puno presenta un periodo medio de insolación de 8,20

hr/día. Los valores más largos de insolación corresponden al periodo Mayo-Octubre. El promedio más alto se registra en el mes de Julio con 9,50 hr/día y el periodo más bajo en el mes de Enero con 6,20 hr/día.

De manera general, en la ciudad de Puno y alrededores existe una alta cantidad de energía solar por unidad de área que se constituye en la fuente fundamental de energía necesaria para el desarrollo de organismos en general, y en especial de las plantas.

#### **3.3.4 Presión atmosférica**

La presión atmosférica varía de acuerdo a la altitud, por lo cual en la ciudad de Puno ésta es relativamente más baja que la presión atmosférica al nivel del mar, en un orden de 61,20 %. No existen mayores variaciones relativas en el tiempo, ya que las variaciones dependen exclusivamente de la altitud.

#### **3.3.5 Humedad relativa**

El promedio anual de la humedad relativa varía en función al periodo lluvioso; de una manera general, ésta es más alta en el periodo Diciembre-Marzo que el periodo Mayo-Noviembre, es decir que las precipitaciones definen el grado de la humedad relativa del ambiente. El valor de ésta fluctúa entre 40% y 70%.

### **3.4 HIDROLOGÍA**

La microcuenca de la ciudad de Puno, se encuentra asentada en una morfología de laderas y plataformas estructurales escalonados en sentido hacia la bahía interior, mostrando un escenario con mayor desgaste y formación de depresiones edáficas y fondos de quebradas distribuidas semi-radialmente con

relación a la ubicación de la ciudad, discurriendo transversalmente para desembocar en la bahía de Puno.

El área de estas quebradas se estima en 5275,65 ha y su perímetro promedio es de aproximadamente 33,47 km. Muchas de esta microcuencas abarcan áreas urbanas y gran parte están distribuidas en la parte natural y están comprendidas entre las cotas 3812 m.s.n.m. y 4500 m.s.n.m.

### **3.4.1 Niveles de precipitación**

El régimen de precipitaciones en la ciudad de Puno, está influenciada por las condiciones ambientales, entre ellos la latitud, altitud, las condiciones orográficas y las distancias de la zona con respecto al lago Titicaca. Según los registros de precipitación para la ciudad de Puno, tomando como base los registros de las dos estaciones meteorológicas (Puno y Salcedo), se ha determinado que éstas presentan cierta variabilidad en el espacio-tiempo.

### **3.4.2 Precipitación máxima en 24 horas**

Según las series históricas de las precipitaciones máximas para 24 horas, éstas evidencian que entre los meses de Diciembre y mediados de Marzo, son periodos de intensas precipitaciones, cuyos promedios totales oscilan entre los 22 mm y 26 mm. En el siguiente cuadro se muestran los valores de precipitación máxima para 24 horas en la Estación Puno.



**Cuadro 7.** Precipitación máxima de 24 horas (mm) estación Puno

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
1964	*	39.7	20.4	24.0	7.7	0.0	0.0	3.7	8.4	5.0	15.8	12.8	42.1
1965	19.1	34.3	7.0	6.8	0.8	0.0	0.5	4.2	21.5	5.3	21.8	27.2	34.3
1966	13.4	19.6	12.8	49.5	15.6	0.0	0.5	0.0	0.4	10.7	17.0	7.4	49.5
1967	18.2	12.3	36.2	5.2	7.5	0.0	5.0	20.6	21.8	13.1	2.7	20.9	36.2
1968	28.0	17.2	18.8	21.1	5.7	8.9	3.7	2.0	12.4	27.6	13.5	14.5	28.0
1969	16.1	26.7	14.3	6.4	0.0	0.2	2.3	0.9	1.8	17.7	29.9	21.9	29.9
1970	24.5	10.4	31.7	7.0	3.8	0.0	0.0	0.9	3.7	8.2	9.0	13.4	31.7
1971	29.7	45.2	7.4	6.3	0.0	1.4	0.0	7.9	1.2	7.0	40.4	24.3	45.2
1972	25.4	36.8	36.0	15.5	5.5	0.0	0.0	0.0	13.9	9.2	26.1	29.1	36.8
1973	29.6	24.0	41.0	22.4	8.0	0.0	1.5	5.0	9.8	5.8	7.8	20.5	41.0
1974	40.2	39.0	16.1	11.3	0.1	2.5	0.2	9.7	9.0	4.9	16.0	11.2	40.2
1975	23.5	28.6	26.1	14.5	16.8	0.7	0.1	8.0	14.9	14.9	8.8	33.7	33.7
1976	26.6	30.2	33.4	15.2	5.0	0.2	0.8	6.6	11.2	8.6	5.1	31.3	33.4
1977	11.6	36.9	31.7	2.5	8.8	0.0	2.3	0.0	29.0	14.6	12.5	31.4	36.9
1978	34.5	30.1	26.1	7.1	0.4	0.0	3.2	0.2	10.2	22.4	18.1	24.6	34.5
1979	26.4	8.4	16.6	14.1	1.4	0.0	0.5	1.2	7.4	12.2	9.9	11.0	26.4
1980	18.2	15.4	25.0	13.4	0.9	0.1	2.2	8.5	15.6	16.8	12.2	13.4	25.0
1981	*	27.6	19.3	21.1	4.7	0.0	0.0	21.0	6.3	5.9	21.8	21.8	27.6
1982	51.8	22.4	19.8	20.5	2.5	3.8	1.9	0.0	16.0	23.5	19.5	7.0	51.8
1983	6.9	16.7	19.2	14.0	9.0	2.3	1.5	2.7	19.7	10.8	22.0	38.6	38.6
1984	31.4	39.1	24.9	11.5	7.5	3.8	3.7	15.6	0.0	71.6	16.7	26.9	71.6
1985	48.5	30.3	17.1	13.0	10.9	11.8	0.0	7.0	20.7	15.0	14.4	22.7	48.5
1986	21.5	38.7	27.1	14.3	0.1	0.0	5.1	4.0	10.5	1.7	3.5	15.9	38.7
1987	55.7	17.9	19.5	21.8	0.6	2.1	4.6	0.0	3.5	11.4	25.4	14.6	55.7
1988	30.6	20.2	22.0	23.7	13.9	0.0	0.3	0.0	7.9	17.9	31.4	20.2	31.4
1989	24.3	12.9	21.4	24.5	0.0	0.2	1.7	12.3	8.9	6.0	7.6	10.5	24.5
1990	23.6	6.1	16.0	12.6	6.5	20.4	0.0	6.3	7.2	20.6	13.6	13.2	23.6
1991	20.2	18.4	22.0	13.0	4.8	24.2	0.0	2.2	7.2	5.6	15.4	14.2	24.2
1992	9.4	16.6	9.9	24.0	0.0	0.5	2.3	35.8	0.0	7.2	9.5	12.2	35.8
1993	24.0	21.9	25.4	15.8	5.7	1.1	0.0	17.6	8.0	14.0	26.0	26.8	26.8
1994	26.3	27.3	24.2	15.6	29.9	0.4	0.0	0.0	9.7	17.9	15.2	27.7	29.9
1995	19.4	29.0	15.6	2.0	3.8	0.0	0.0	3.0	10.3	9.3	10.3	25.4	29.0
1996	36.9	18.7	16.8	20.4	0.0	0.0	2.9	4.4	0.8	8.6	18.6	18.4	36.9
1997	24.0	32.4	23.2	19.5	0.8	0.0	0.0	12.5	28.8	20.0	11.2	9.7	32.4
1998	42.9	25.7	24.1	7.1	0.0	4.9	0.0	4.3	4.5	14.7	11.7	21.3	42.9
1999	36.1	26.7	36.0	33.5	7.5	0.0	1.5	1.5	5.6	38.2	10.8	11.4	38.2
2000	19.0	31.6	13.5	22.2	0.4	1.4	3.1	8.0	6.2	31.4	6.6	14.9	31.6



2001	25.7	37.7	39.4	17.0	8.4	2.2	0.0	7.0	8.4	14.0	23.0	23.3	39.4
2002	36.1	33.7	22.8	18.7	12.0	9.6	12.8	18.4	4.2	18.2	11.0	29.0	36.1
2003	35.6	23.2	12.1	28.0	12.8	4.8	0.2	4.0	24.8	11.1	5.7	26.2	35.6
2004	27.8	24.7	30.4	7.8	5.4	0.0	3.6	25.9	12.0	2.1	11.0	15.6	30.4
2005	30.1	22.2	26.8	16.9	0.4	0.0	0.0	0.0	3.0	18.0	24.4	17.6	30.1
2006	40.9	11.9	28.7	13.0	0.9	0.0	0.0	0.6	11.0	9.4	15.8	28.3	40.9
2007	23.8	38.8	67.2	15.7	7.2	0.0	2.9	1.6	13.5	40.2	11.7	11.6	67.2
2008	38.5	18.0	27.0	2.7	6.2	1.4	0.2	0.8	1.3	34.6	9.5	16.6	38.5
PROM	28.8	25.5	23.3	16.1	6.4	2.3	1.5	6.9	10.3	15.3	15.1	19.7	37.2

Fuente: Banco de datos meteorológicos SENAMHI

(\*) : No existen dato

### 3.4.3 Precipitación total mensual

Los mayores valores totales de precipitación mensual se registran en los meses de Enero y Febrero (en las dos estaciones), la misma que empieza a disminuir a partir de la segunda quincena de Marzo a Abril, iniciando el periodo seco y frío, hasta comienzos de setiembre, que corresponde al inicio del periodo transicional entre el seco y el lluvioso.

**Cuadro 8.** Precipitación máxima de 24 horas (mm) estación Puno

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
1964	*	95.0	112.9	54.1	11.8	0.0	0.0	6.6	22.2	7.8	50.2	48.2	523.1
1965	100.7	174.8	61.2	30.7	0.8	0.0	0.6	7.1	32.2	14.0	49.7	116.0	587.8
1966	32.5	79.9	18.6	76.1	40.3	0.0	0.5	0.0	1.0	42.9	71.8	27.8	391.4
1967	71.8	106.1	213.8	12.8	12.9	0.0	16.9	27.8	63.5	43.7	4.0	121.5	694.8
1968	120.7	117.4	111.2	62.7	10.4	12.3	3.7	2.8	15.5	59.4	59.1	48.9	624.1
1969	164.5	98.6	68.4	33.7	0.0	0.2	3.2	0.9	4.5	25.7	52.6	51.5	503.8
1970	142.4	55.5	189.5	32.0	7.5	0.0	0.0	0.9	10.4	18.0	14.6	97.2	568.0
1971	101.0	268.2	28.4	25.2	0.0	2.9	0.0	9.1	1.2	19.5	93.5	103.6	652.6
1972	210.8	130.9	164.0	37.2	6.6	0.0	0.0	0.0	37.3	32.6	46.1	132.6	798.1
1973	238.2	131.7	159.1	97.6	13.3	0.0	1.8	6.1	32.5	16.4	29.5	70.8	797.0
1974	253.0	206.8	54.9	57.6	0.2	2.5	0.2	51.2	36.5	12.5	27.3	48.1	750.8
1975	157.0	177.6	158.6	37.5	43.7	0.7	0.1	14.5	48.7	53.3	24.7	235.2	951.6
1976	200.2	149.5	169.2	25.6	9.9	0.4	1.4	16.9	44.4	9.1	11.6	119.8	758.0
1977	49.1	206.1	209.8	5.8	8.8	0.0	2.3	0.0	48.1	53.9	49.7	108.8	742.4
1978	224.5	95.3	136.3	28.3	0.4	0.0	3.2	0.4	17.5	24.9	142.2	155.0	828.0
1979	131.2	35.2	143.1	44.1	1.4	0.0	0.9	1.8	8.5	45.5	31.7	83.9	527.3
1980	60.8	57.3	258.4	18.5	1.3	0.1	4.9	13.5	66.1	72.8	25.8	34.9	614.4
1981	*	207.3	111.3	71.9	4.7	0.0	0.0	37.8	21.1	25.6	49.0	129.0	801.5
1982	232.1	83.5	99.7	75.0	2.6	5.2	1.9	0.0	52.9	114.4	103.0	24.5	794.8
1983	20.7	70.4	57.6	55.5	14.2	2.3	1.5	4.8	46.4	26.7	29.8	104.2	434.1
1984	318.9	330.1	223.0	44.4	18.3	4.2	3.7	25.5	0.0	157.5	68.8	96.2	1290.6
1985	130.0	337.6	123.3	90.7	24.9	27.3	0.0	8.2	40.1	32.7	123.5	134.2	1072.5
1986	145.1	251.1	221.2	105.8	0.1	0.0	5.2	12.0	42.0	4.2	9.2	131.5	927.4
1987	224.3	71.5	73.8	44.2	1.7	3.8	12.5	0.0	4.3	58.4	110.8	25.4	630.7
1988	213.2	73.5	228.9	72.9	23.3	0.0	0.3	0.0	20.5	70.5	45.5	99.1	847.7
1989	203.8	129.9	137.1	100.9	0.0	0.4	1.7	14.7	17.6	14.2	21.4	42.9	684.6
1990	167.2	22.4	59.9	43.0	12.1	54.7	0.0	11.8	10.1	107.9	94.5	63.2	646.8

1991	124.1	67.7	185.8	46.2	6.8	33.6	0.0	3.0	14.7	20.4	44.2	50.3	596.8
1992	66.0	89.7	15.7	38.8	0.0	0.5	2.3	42.2	0.0	34.4	29.4	55.1	374.1
1993	175.6	100.7	107.0	52.5	6.6	1.1	0.0	37.9	18.0	69.1	79.2	111.5	759.2
1994	180.0	183.1	113.3	116.2	29.9	0.4	0.0	0.0	18.3	36.6	52.6	73.2	803.6
1995	122.7	119.7	124.0	2.1	4.1	0.0	0.0	3.0	21.9	15.3	50.3	80.2	543.3
1996	252.7	130.5	60.8	76.3	0.0	0.0	2.9	12.8	0.8	10.4	88.3	118.0	753.5
1997	239.6	213.2	98.6	88.6	0.9	0.0	0.0	21.9	108.2	30.1	62.9	44.0	908.9
1998	196.4	115.5	135.3	25.4	0.0	4.9	0.0	4.3	4.5	26.9	43.9	58.0	615.1
1999	193.7	244.5	202.0	86.0	7.5	0.0	1.5	1.9	16.1	150.3	32.0	68.4	1003.9
2000	167.1	210.0	150.1	40.3	0.4	2.3	4.2	17.9	14.6	95.8	13.9	69.0	785.6
2001	248.7	214.6	224.1	69.8	12.2	2.2	0.0	12.5	27.1	68.4	56.2	81.0	1016.8
2002	129.6	180.0	170.6	105.3	15.4	21.1	22.7	30.6	11.6	65.9	43.8	112.2	908.8
2003	174.5	114.4	113.4	46.1	36.7	4.8	0.2	9.6	42.9	25.4	14.3	131.8	714.1
2004	208.9	125.2	115.5	29.2	6.2	0.0	10.2	43.0	34.3	5.6	41.2	59.1	678.4
2005	103.3	157.9	134.6	45.7	0.4	0.0	0.0	0.0	11.8	39.5	80.5	100.8	674.5
2006	291.1	64.3	159.6	44.6	0.9	0.0	0.0	0.6	21.2	37.4	53.8	101.5	775.0
2007	84.8	171.0	236.7	49.7	10.6	0.0	3.3	1.5	61.3	77.0	44.2	74.1	814.2
2008	209.7	85.8	95.0	8.4	6.8	1.4	0.2	0.8	2.4	79.4	27.2	144.2	661.3
PROM	160.2	136.6	133.3	51.5	9.7	3.8	2.3	13.2	28.9	54.6	51.0	88.8	733.9

Fuente: Banco de datos meteorológicos SENAMHI

(\*) : No existen datos

### 3.5 VIENTOS

El conocimiento de la intensidad, dirección y comportamiento de los vientos, tiene particular importancia climatológica, considerando su influencia sobre las fluctuaciones de ciertas variables climatológicas como la temperatura, la humedad relativa, las precipitaciones, la evaporación y la nubosidad, entre las principales. En la ciudad de Puno, se ha establecido que el comportamiento de los vientos es heterogéneo, tanto en magnitud como en la dirección, cuyas velocidades no sobrepasan los 15 m/s con cierta predominancia de dirección Este-Oeste durante las tardes; pero durante las noches esta predominancia es Oeste-Este u Oeste-Noroeste.

Considerando la zona de la bahía de Puno, se advierte que la dirección predominante de los vientos procede del lago mayor, originados fundamentalmente por las brisas permanentes “lago-tierra”.

### **3.6 NUBOSIDAD**

La nubosidad presenta marcada fluctuación en el tiempo; la misma que puede diferenciarse en los periodos Diciembre-Marzo y Abril-Noviembre. En el periodo Diciembre-Marzo, se presentan los mayores valores promedio de nubosidad (medida en octavos) y corresponden también a los mayores valores de precipitación mensual, y similarmente en el periodo Abril-Noviembre en que la precipitación mensual es menor, los valores de nubosidad mensual también son mínimos; reflejándose así la relación directa de las precipitaciones con la nubosidad.

### **3.7 CLASIFICACIÓN MICROCLIMÁTICA**

De acuerdo al sistema de clasificación climática de Thornthwaite que utiliza fórmulas e índices climáticos para los diversos tipos de climas del mundo, relacionándolos con el grado de beneficio o eficiencia de la precipitación y temperatura sobre el desarrollo vegetativo de las plantas, cuyos índices son comparados con diferentes rangos de temperatura y precipitación con características definidas para cada una de ellas, se llega a la clasificación mostrada en el Cuadro 9.

**Cuadro 9.** Determinación microclimática microcuenca de puno y su entorno ambiental

ESTACIÓN	COORDENAS GEOGRÁFICAS		ALTITUD m.s.n.m.	PRECIP. Mm	TEMP. °C	ÍNDICE HUM.	ÍNDICE TEMP.	TIPO CLIMÁTICO	EFECTO PREDOMINANTE EN COBERTURA VEGETAL
	Latitud	Longitud							
Puno	15° 50'	70° 01'	3 812	717	8,5	62,19	45,8	C (o, i, p)c'	Favorable en 40% año
Salcedo	15° 53'	76° 00'	3 840	753	8,4	59,71	45,6	B (o, i, p)c'	Favorable en más 85%
Collana(*)	16° 54'	68°20'	3 940	564	9,1	47,20	49,3	C (d)c'	Favorable en menos 25%

FUENTE: PELT – Microclimatología de la ciudad de Puno

Donde:

- C (o, i, p)c' : Semilluvioso y frío con invierno, otoño y primavera secos
- B (o, i, p)c' : Lluvioso y frío, con invierno, otoño y primavera secos
- C (d)c' : Semilluvioso y semifrío, con otoño, invierno y primavera secos
- (\*) : Estación de referencia para la extrapolación aproximada

De esta manera se ha establecido la existencia de las siguientes unidades microclimáticas:

### 3.7.1 Zonas de enfriamiento rápido

Son áreas planas, de exposición directa a los vientos, de origen circunlacustre; con un comportamiento muy dinámico y heterogéneo en el espacio-tiempo, respecto a la oscilación térmica, áreas que durante las primeras horas del día, presentan un calentamiento homogéneo, cuyo periodo generalmente corto, sujetos a procesos de enfriamiento rápido por efecto de los vientos fríos y secos de origen lacustre que soplan de Este a Oeste. Durante la noche, la dinámica eólica invierte su dirección de Oeste a Este, condición que en ambos casos origina una significativa pérdida de temperatura. Se constituye así en una zona con alta predisposición a las heladas, que como se sabe, dañan los cultivos allí desarrollados.

### **3.7.2 Zonas de enfriamiento lento**

Son áreas contiguas a la anterior, caracterizados por la existencia de edificaciones urbanas, condición que disipa o atenúa la acción de los vientos, o en su defecto zonas naturales bajas relativamente protegidas por los pies de montes. Estas zonas presentan un calentamiento relativamente homogéneo durante el día, con un proceso de enfriamiento lento debido a las edificaciones, ya que se impide la influencia directa del viento sobre la superficie del suelo.

### **3.7.3 Zonas de abrigo**

Constituidas por las quebradas y/o depresiones geológicas y sus flancos laterales, que son zonas relativamente protegidas de los vientos fríos convectivos, con una humedad relativamente más alta, sin marcadas oscilaciones térmicas durante el día, y caracterizadas por presentar altos porcentajes de asociaciones vegetales.

### **3.7.4 Zonas frías**

Se encuentran conformadas por crestas geológicas o elevaciones, caracterizadas por la exposición a los vientos fríos de origen lacustre, zonas donde probablemente el gradiente térmico es más significativo respecto al estimado. En estas áreas se presenta una dinámica heterogénea en cuanto al calentamiento y enfriamiento, con niveles de evaporación probablemente más altos, condición que permite la pérdida de humedad del suelo. En esta zona, las asociaciones de vegetales no son significativas y son áreas vulnerables a las heladas, generalmente se encuentran por encima de los 3950 m.s.n.m.

### **3.7.5 Zonas semifrías**

Se ubican encima de 4000 m.s.n.m. con características de altitud y posición que las expone a vientos fríos, granizadas etc. con temperaturas de 6°C a 7°C y caracterizados por la predominancia de pajonales como el ichu y otras gramíneas similares.

## **3.8 CONDICIONES CLIMÁTICAS PREDOMINANTES**

La ciudad de Puno y sus alrededores, hasta aproximadamente la cota 3900 m.s.n.m. presenta un clima en términos generales semilluvioso estacional frío, con otoño y primavera secos, el cual cubre un área aproximada de 4250 ha. En el contexto general se puede diferenciar algunas características microclimáticas particulares, que dependen exclusivamente de la zona y de la fisiografía.

De manera general, dentro de las características macroclimáticas, el departamento de Puno, muestra largos periodos estacionales muy fríos que se manifiestan a través de las heladas entre los meses de junio y julio fundamentalmente, cuyas temperaturas oscilan entre -2,8°C y 0,8°C respecto a las temperaturas registradas en Salcedo y Puno.

El carácter semilluvioso se basa en la determinación de los promedios totales de precipitación mensual de 706,8 mm de los que el 85% se producen entre Diciembre y Marzo.

Dentro de la zona, se han establecido zonas más abrigadas que otras, que se ubican en las principales depresiones y/o quebradas, las mismas que presentan una vegetación característica algo más desarrollada.



### 3.9 INFLUENCIA DEL CLIMA EN LA MICROCUENCA

El clima tiene influencia directa sobre la estructura de los ecosistemas. En Puno y alrededores se identifican diversas unidades biogeográficas, las mismas que albergan diferentes tipos de flora y fauna adaptados al desarrollo de la ciudad.

Estas características climáticas como el frío, la sequedad o la semipluviosidad, limitan estrictamente la adaptación fisiológica y vegetativa de las plantas exóticas ornamentales, por lo que las actividades de jardinería presentan un florecimiento limitado a la época de mayor temperatura, desde mediados de Setiembre hasta comienzos de Abril.

Las especies vegetales de mayor predominancia, utilizadas en jardinería están constituidas por plantas arbóreas de los géneros *Cupresus* y *Pinus*, y algunas especies del género *Salix*; por especies nativas como la *Cassia* sp (mutuy), *Budleja* sp (colles), *Polylepis* sp (queñuales) entre otras. Entre las plantas arbustivas que florecen están las de las familias *Malvaceae*, *Mirtaceae*, *Polemoniaceae*, entre otras. Finalmente en la jardinería de tallo bajo se utiliza un tipo de gramínea que florece entre Setiembre y Abril, con un periodo de dormancia de unos cinco meses en el periodo más frío.

Similarmente, el clima influye directamente sobre el ecosistema acuático bahía Puno, en los niveles de productividad primaria a nivel fitoplanctónico. La máxima productividad se registra entre Setiembre y Marzo, mientras los demás meses de Abril a Agosto los niveles tienden a bajar, para dar paso al florecimiento de otros macrófitos como la lenteja de agua.

En el Cuadro 10 se describe el microclima en relación con las unidades microclimáticas o zonas.

**Cuadro 10.** Ubicación física relativa del microclima estimado por aproximación y su aptitud para la adecuación ambiental (según la temperatura, evaporación, fisiografía y altitud)

TIPO DE ZONAS	CARACTERÍSTICAS CUALITATIVAS DEL CLIMA	ESPACIO RELATIVO DE UBICACIÓN	APTITUD DE USO	VULNERABILIDAD	ACCIONES PARA LA VIABILIDAD
CIRCUNLACUSTRE (Zona de enfriamiento rápido)	T° y H con altos periodos de oscilación. Vientos fríos de origen lacustre	Zona baja de la ciudad, desde la cota 315 m.s.n.m. hasta la cota 3809 m.s.n.m.	Cultivos estacionales	Inundación doble, sobresaturación de la humedad del suelo, contaminación	Recuperación, protección y uso de las áreas inundables
ÁREA URBANA (Zona de enfriamiento lento)	T° y Hm relativamente más altas (Influencia relativa de la brisa Lago-Tierra)	Parques, jardines y avenidas, casco urbano bajo	Uso urbano, jardinería con especies de fácil adaptación y desarrollo vegetativo lento	Contaminación, heladas, sequías, conciencia forestal	Identificación de especies forestales de fácil adaptación a las condiciones climáticas.
ÁREAS PERIURBANAS (Zona de enfriamiento lento)	Zonas poco abrigadas (expuestas a la influencia de vientos fríos y secos)	Anillo periurbano por encima de la Vía de Evitamiento (Circunvalación)	Forestales exóticos de forma limitada	Heladas, sequías, contaminación	Capacitación y/o motivación sobre la importancia de las especies forestales nativas y exóticas
QUEBRADAS (Zona de abrigo)	Zonas abrigadas, T° y H relativamente mayores a las medias, máximas y mínimas, vientos suaves	Áreas naturales adyacentes a la ciudad de Puno que conforman las microcuencas	Forestales con fines económicos y de protección de laderas	Sequías, heladas	Manejo intensivo
FONDOS DE VALLE (Zona de abrigo)	Zonas abrigadas	Áreas naturales al sur de la ciudad (Salcedo y Jayllihuaya)	Uso agrícola Semi-intensivo	Sequías, heladas	Manejo intensivo en invernaderos, cercos vivos, etc.
LADERAS Y PLANICIES (Zonas frías)	Zonas relativamente frías (exposición directa a los vientos)	Áreas naturales por encima de los 3 950 m.s.n.m.	Forestales con especies nativas	Sequías, heladas	
ZONAS DE ALTURA (Zonas semifrías)	Zonas semi-frías T° y H. muy bajas respecto a las medias	Áreas naturales por encima de los 4 000 m.s.n.m.	Pastoreo de animales menores	Sobrepastoreo	Manejo del sobrepastoreo para evitar la erosión de los suelos

Fuente: PELT

Finalmente se puede concluir, que el clima de la ciudad de Puno y alrededores, reduce significativamente los índices de eficiencia de los sistemas convencionales de tratamiento de aguas residuales; lo cual equivale a destinar mayores áreas (con menor profundidad y mayor tiempo

de retención) para mejorar esta eficiencia y lograr un mayor calentamiento del agua, para facilitar los procesos de biodegradación de la materia orgánica.

### **3.10 AGUAS RESIDUALES**

La contaminación del Lago Titicaca tiene su origen en el vertimiento de las aguas residuales de la ciudad de Puno, en la bahía. En las últimas décadas, la población se ha incrementado rápidamente, lo cual también ha generado mayor consumo de agua potable y por consiguiente, la generación de un mayor volumen de aguas residuales domésticas.

INRENA (1995), indica que solo una parte de la población de Puno cuenta con conexión de red de alcantarillado y ésta se encuentra plagada de roturas y obstrucciones debido a la infiltración de sedimentos y en otros casos a la falta de conciencia de la población, cuyas viviendas cuentan con instalación, pero no las utilizan. Asimismo indica que El total de descargas de las aguas servidas sin tratamiento de la ciudad de Puno es más de 200 l/s. y que según SENAPA, la cuarta parte de la población (más de 23,625 habitantes) de la ciudad de Puno, que tienen conexión de alcantarillado, contribuyen con una carga orgánica de 1,276 Kg / día. La mayoría de las descargas provienen de los desechos domésticos (82 %), el 17 % comercial y el 1 % industrial.

JICA (1999), indica que las descargas de aguas servidas que contaminan la Bahía Interior de Puno, provienen de los canales de drenaje de la ciudad de Puno y de la Planta de Tratamiento Espinar, que están concentradas hacia el Oeste de la Bahía. A continuación se presenta un Cuadro 11 elaborado por JICA,

referente a la cantidad de cargas contaminantes descargadas desde la Planta de Tratamiento y por cinco canales de drenaje.

**Cuadro 11.** Descarga de contaminantes (kg/día)

Época	Contaminante	Planta Tratamiento	Canales Drenaje	Total
Época de lluvia	DBO <sub>5</sub>	3924 (94 %)	246 (6 %)	4170
	N – Inorgánico	1016 (90 %)	110 (10 %)	1126
	P - T	98,3 (91 %)	10,2 (9 %)	108,5
Época seca	DBO <sub>5</sub>	1514 (82 %)	340 (18 %)	1854
	N – Inorgánico	303 (68 %)	142 (32 %)	445
	P - T	29,0 (62 %)	18,0 (38 %)	47

Fuente: JICA

Del cuadro anterior JICA concluye que:

- La Planta de Tratamiento es el mayor contaminante externo de la bahía interior de Puno.
- La descarga de agua contaminante en la época de lluvia es dos veces mayor que en la época seca.

DIGESA realizó una evaluación de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de el Espinar, en la que concluyo incluyo información del efluente final de esta Planta (P4), hacia la bahía interior de Puno. Los valores se presentan en el siguiente cuadro, donde se muestran los límites máximos permisibles establecidos en la Ley general de aguas, para aguas de la clase IV que es el caso pertinente para la bahía interior.

**Cuadro 12.** Reporte de resultados físicos y químicos

Parámetro	Unidades	P4	Ley General de Aguas
Ph	-	8,71	5 - 9
Temperatura	°C	14,22 °C	-
Sólidos Totales	mg/l	1272 mg/l	
Sólidos Totales Suspendidos	mg/l	30 mg/l	-
Fosfatos	mg/l P	0,21 mg/l	-
Nitritos	mg/l NO <sub>2</sub> - N	57,26 mg/l	-
Oxígeno Disuelto	mg/l O <sub>2</sub>	8,08 mg/l	4
DBO	mg/l	60 mg/l	10
DQO	mg/l	70 mg/l	-
Grasas	mg/l	5,43 mg/l	-

Fuente: DIGESA

GITEC / SERCONSULT (2002), en el documento de evaluación de “Alternativas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales”, presenta la información del Cuadro 13:

**Cuadro 13.** Criterios básicos de diseño

Año	Habitantes		Cobertura	Contribución Agua Residual	Caudal	DBO		
	Total	Servida	%	l / hab / día	m <sup>3</sup> /día	g/hab-d	Kg/d	mg/l
2000	115904	59111	51,0	234,1	13835	44,2	2615	189,0
2001	118768	63187	53,2	202,6	12803	44,5	2814	219,8
2002	121703	67543	55,5	175,4	11848	44,8	3028	255,6
2003	124711	72200	57,9	151,9	10964	45,1	3259	297,2
2004	127793	77178	60,4	131,5	10146	45,4	3507	345,7
2005	130951	82499	63,0	113,8	9389	45,7	3774	402,0
2006	133782	87273	65,2	114,0	9952	45,6	3982	400,1
2007	136673	92324	67,6	114,3	10549	45,5	4202	398,3

2008	139628	97666	69,9	114,5	11182	45,4	4434	396,5
2009	142646	103318	72,4	114,7	11852	45,3	4679	394,8
2010	145729	109297	75,0	114,9	12563	45,2	4937	393,0

Fuente: GITEC / SERCONSULT

En esta información se puede observar que para el año 2003, la población servida por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales sería de 72200 habitantes, que equivale a una cobertura de 57,9 %, y que en este año se generará un caudal de aguas residuales de 10963 m<sup>3</sup>/d que equivale a 126,898 l/s.

Asimismo, se puede observar que por lo menos hasta el año 2010, habrá evacuación directa de aguas servidas hacia la Bahía Interior de Puno, lo cual alterará negativamente la calidad del agua de la bahía.

En agosto del 2012 GITEC – SERCONSULT, según indican en la “Memoria Descriptiva – Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de El Espinar”, realizaron tres campañas de muestreo, con información tomada cada tres horas, durante 24 horas habiéndose preparado una muestra compuesta que fue analizada, tanto del agua cruda que ingresa a la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas El Espinar, como del efluente secundario, es decir del agua tratada que ingresa a la bahía interior de Puno.

En el cuadro que se muestra a continuación se presenta esta información.

**Cuadro 14.** Características del agua cruda y el efluente secundario de la planta de tratamiento de aguas servidas el Espinar

Parámetros	Unidades	Características del Agua					
		28-29 Mayo 2012		23-24 de Junio 2012		10-11 Julio 2012	
		Agua cruda	Efluente secundario	Agua cruda	Efluente secundario	Agua cruda	Efluente secundario
pH	Unid	7.45	7.92	7.31	7.69	7.19	7.54
Temperatura	°C	14	12	13	12	10	9
Conductividad	Us/cm	1762	1622	1770	1743	1341	1815
DBO <sub>5</sub>	mg/l DBO <sub>5</sub>	189	58	285	54	166	42
Nitrógeno total	mg/l N	56.18	42.19	55.71	51.08	46.61	52.23
Nitrógeno amoniacal	mg/l NH <sub>3</sub>	36.90	30.50	39.00	35.00	30.00	39.00
Fósforo total	mg/l P	9.21	8.02	7.76	9.38	7.40	9.18
Fósforo corto	mg/l PO <sub>4</sub>	5.92	0.98	7.13	<0.01	4.69	2.58
Sólidos suspendidos	mg/l	235	132	164	132	227	148
Caudal	l/s	160		174			

Fuente: Adaptado de "Memoria Descriptiva – Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de El Espinar" – GITEC Cónsul Gmb H – SERCONSULT S.A. – Agosto 2012

Tal como se puede observar de la información anteriormente presentada, se están descargando hacia la Bahía Interior agua tratada con valores altos de DBO<sub>5</sub> y sólidos suspendidos, por encima de los límites máximos permisibles determinados por la Ley General de Aguas, para aguas de Clase V y VI.

Asimismo, los contenidos de Nitrógeno Total y Fósforo Total son elevados y lo más importante es que esta información está probando que la Planta de Tratamiento de Aguas residuales El Espinar no es eficiente en la remoción de nutrientes (Nitrógeno y fósforo), por lo cual está contribuyendo a la eutrofización del agua de la Bahía Interior de Puno.

Con respecto a caudal de tratamiento, este varía de 160 l/s a 174 l/s.

Con esta información puntual se procedió a realizar un cálculo para determinar el aporte en carga contaminante que la Planta de Tratamiento El Espinar vierte diariamente en época seca en la bahía interior.

**Cuadro 15.** Aporte diario de la planta de tratamiento el espinar a la bahía interior de Puno en época seca

Parámetros	Unidades	Cantidad	Carga Orgánica kg/día
Caudal promedio	l/s	167	--
DBO <sub>5</sub> promedio	mg/l	51.30	740.197
Nitrógeno Total	mg/l	48.50	699.797
Fósforo Total	mg/l	8.86	127.839

Fuente: JICA

Como se puede observar, la carga contaminante es elevada, en el caso del DBO<sub>5</sub> es aproximadamente un 50% de la carga contaminante obtenida por JICA para época seca y esto se puede explicar debido a la mejor aireación que actualmente existe en las lagunas de oxidación, comparadas con el año 1999 que no existían equipos aireadores, aunque esta aireación no es suficiente para disminuir la DBO<sub>5</sub> a niveles establecidos por la ley General de Aguas. Sin embargo, el contenido de nitrógeno total y fósforo total es excesivamente alto lo que da lugar a la eutrofización del agua de la Bahía Interior de Puno.

Sin embargo, la situación que más preocupa son los criterios de rediseño que se han establecido alcanzar para el tratamiento de aguas residuales en la planta de Tratamiento El Espinar y que son los siguientes:



Demanda Bioquímica de oxígeno : menor de 59 mg/l

Nitrógeno Total : menor de 21 mg/l

Fósforo Total : menor de 1.5 mg/l

En el caso de la  $DBO_5$ , el criterio establecido excede largamente al límite máximo permisible por la Ley General de Aguas, para aguas de clase VI (10 mg/l). Asimismo, los otros criterios establecidos (N y P), aun cuando la ley nacional no determina límites máximos permisibles, se trata de valores altos que incrementarán las condiciones de eutrofización del agua de la bahía interior de Puno; en el caso del fósforo total se puede comparar contra los criterios establecidos por la OECD (100 ug/l), para determinar las condiciones de eutrofización de la bahía interior de Puno, observándose que el valor descargado por la Planta de Tratamiento es elevado.

Existen los colectores pluviales y sanitarios o también llamados canales de drenaje, porque son aprovechados por la población para la descarga de aguas negras y están ubicados alrededor de la bahía interior de Puno; en el tramo comprendido entre Espinar y la Universidad de Puno. INRENA (1995) hace mención de que existen 13 puntos de descarga detectados en la Bahía de Puno.

De todo lo anteriormente indicado se puede concluir que desde siempre, las aguas residuales domésticas de la Ciudad de Puno han sido descargadas, con o sin tratamiento, en la bahía interior de Puno, aportando una gran cantidad de carga orgánica que evidentemente ha producido el deterioro de la calidad de esta agua. Sin embargo, es necesario precisar que en el planeamiento futuro del sistema de tratamiento de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Espinar, no se prevé el tratamiento las aguas residuales generadas por aquella

población no cubierta, que significa un rango que varía entre el 48 – 25 % de la población de Puno, de los años 2003 y 2010 respectivamente. A estos efluentes no tratados, que indefectiblemente llegarán a la bahía interior de Puno, se suma aquella contaminación proveniente de las aguas residuales tratadas de la Planta de Tratamiento El Espinar, las cuales, según información de DIGESA y de GITEC – SERCONSULT, presentan contenidos elevados de DBO5, Nitrógeno Total y Fósforo Total.

### **3.11 AGUAS PLUVIALES**

El manejo y la conducción de las aguas pluviales es otro de los grandes problemas que existen en la ciudad de Puno. En la microcuenca donde se ubica la ciudad de Puno, existen catorce quebradas principales, que drenan hacia la bahía interior de Puno, siguiendo la pendiente natural del terreno. Por otro lado se tiene que el área de la microcuenca presenta condiciones de alta pluviosidad, de hasta 719 mm/año, sobre todo en los meses de Diciembre a Marzo. La intensidad de la lluvia, provoca la erosión de las zonas altas, lo cual origina el transporte de sedimentos hacia la parte baja y que finalmente se depositan en el fondo de la bahía interior de Puno, dando lugar a cambio en las condiciones tróficas actuales del ecosistema de la bahía interior de Puno.

Asimismo, tal como se indica más adelante, no todos los residuos sólidos son recolectados y transportados al lugar de disposición final; en la temporada de lluvias, los residuos sólidos que permanecen en la vía pública son arrastrados por las aguas de lluvia, hacia los drenajes de la ciudad.

Dentro de las fuentes de contaminación por aguas pluviales, se distinguen las siguientes:

- La contaminación natural proveniente de superficies no urbanizadas
- La contaminación ligada a actividades humanas y concentradas en las superficies impermeabilizadas (calles y avenidas), son las siguientes:
  - Es principalmente una contaminación difusa, repartida sobre el conjunto de la superficie de la cuenca aportante.
  - Su transferencia al medio receptor es intermitente y ligada a un fenómeno natural aleatorio como la lluvia
  - Es extremadamente variable en el tiempo
  - Los contaminantes son transportados por las aguas.

Los contaminantes transportados por la escorrentía superficial provienen de: la erosión del suelo, los residuos sólidos acumulados, la circulación vehicular, los animales, etc.

Los efectos sobre el medio receptor originados por este tipo de contaminantes son:

- Incremento de la turbidez de las aguas de la Bahía Interior de Puno, debido al material en suspensión
- Aporte de materia orgánica biodegradable.
- Aporte de sustancias orgánicas y minerales
- Aporte de bacterias patógenas
- Aporte y acumulación de residuos sólidos en la Bahía Interior de Puno y áreas inundables

En el siguiente cuadro, JICA demuestra la cantidad de carga orgánica que las aguas de estos drenes aportan a la Bahía Interior de Puno.

**Cuadro 16.** Descarga de contaminantes (kg/día)

Época	Contaminante	Canales Drenaje	Total
Época de lluvia	DBO <sub>5</sub>	246 (6 %)	4170
	N – Inorgánico	110 (10 %)	1126
	P – T	10,2 (9 %)	108,5
Época seca	DBO <sub>5</sub>	340 (18 %)	1854
	N – Inorgánico	142 (32 %)	445
	P – T	18,0 (38 %)	47

Fuente; JICA - 2005

El PELT ha realizado, entre Enero hasta Abril de 2012, una evaluación de algunos canales pluviales de la zona urbana que desembocan en la bahía interior de Puno. Las muestras de agua se tomaron en dos de estos canales pluviales que desembocan a la bahía, donde se mezclan el escurrimiento de agua de lluvia, aguas de microcuencas y parte de aguas servidas, desde el mes de Enero hasta el mes de Agosto. Los puntos donde se tomaron las muestras son los siguientes:

1<sup>a</sup> = Barrio Qimsa Cruz

2<sup>a</sup> = Puente Santa Rosa

3<sup>a</sup> = Jr. Blandeen (final)

1b = Barrio Villa Paxa

2b = Puente Huajsapata

3b = Jr. Carabaya (final)

Los resultados de los análisis de la calidad de agua de estos efluentes, que se presentan en los cuadros siguientes (Cuadro 14), muestran que existe alta concentración de algunos contaminantes que contribuirán a la contaminación de la bahía interior de Puno.

Para efectos del presente estudio, el suscrito recorrió el anillo circunlacustre de la bahía interior de Puno detectándose la existencia de estos canales pluviales o de drenaje que se muestran en los siguientes Cuadros.

**Cuadro 17.** Promedio de análisis de nutrientes en el agua de drenajes

**ENERO**

Nº	T	PH	P-PO <sub>4</sub>	P-T	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>	N-T	OD	DBO <sub>5</sub>	DQO <sub>Mn</sub>	SS	Coliformes Totales	Q
			(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	Grupo/100ml	(L/s)
1	14	8.34	0.71	1.22	0.42	6.88	5.22	38.85	7.13	49.69	41.82	1253	600000	30
2	13.5	8.12	0.50	0.76	0.12	3.37	8.37	52.73	5.57	43.69	34.34	390	4330000	19
3	13.8	8.31	0.69	0.90	0.54	3.38	7.78	12.80	7.20	19.86	39.44	874	3360000	25
4	13.4	8.40	0.55	0.39	0.30	4.42	5.52	11.30	6.39	15.60	36.89	687	890000	68
5	14.2	8.04	0.41	0.48	0.18	2.27	5.42	9.35	4.43	16.33	36.87	266	1270000	45

**FEBRERO**

Nº	T	PH	P-PO <sub>4</sub>	P-T	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>	N-T	OD	DBO <sub>5</sub>	DQO <sub>Mn</sub>	SS	Coliformes Totales	Q
			(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	Grupo/100ml	(L/s)
1	14	8.07	6.74	0.69	0.64	10.27	6.05	3.45	4.50	64.77	29.17	213	70000	29
2	14	7.72	1.55	0.82	0.92	11.05	9.53	16.23	3.00	23.42	19.08	70	240000	17
3	13	7.99	1.99	0.99	1.50	9.25	6.07	10.50	5.63	26.50	23.33	649	95000	30
4	14	8.16	1.97	0.69	1.27	7.30	6.97	2.23	4.60	14.94	20.17	187	262000	82
5	16	7.80	2.53	1.64	1.61	6.54	14.93	28.75	3.63	45.22	34.83	237	372000	50

### MARZO

Nº	T	PH	P-PO <sub>4</sub>	P-T	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>	N-T	OD	DBO <sub>5</sub>	DQO <sub>Mn</sub>	SS	Coliformes Totales	Q
			(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	Grupo/100ml	(L/s)
1	14	7.89	0.49	-	0.08	2.70	1.62	-	8.10	3.65	35.00	-	-	10
2	13	7.48	3.58	-	2.03	2.00	12.75	-	3.95	13.38	47.50	-	-	9
3	13	7.72	3.04	-	2.06	2.00	5.13	-	5.45	16.94	50.50	-	-	18
4	19	7.96	2.46	-	0.23	3.65	1.95	-	5.40	9.81	43.50	-	-	50
5	15	7.67	3.25	-	0.06	0.35	13.15	-	3.50	14.96	53.50	-	-	26

### ABRIL

Nº	T	PH	P-PO <sub>4</sub>	P-T	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>	N-T	OD	DBO <sub>5</sub>	DQO <sub>Mn</sub>	SS	Coliformes Totales	Q
			(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	Grupo/100ml	(L/s)
1	12	8.10	1.46	-	6.23	2.60	9.35	-	4.45	27.36	-	-	-	5
2	13	7.55	4.04	-	1.29	4.58	27.13	-	1.75	52.40	-	-	-	6
3	13	8.04	2.63	-	0.747	3.00	6.40	-	2.80	34.10	-	-	-	6
4	12	8.03	1.77	-	0.34	2.80	4.39	-	4.28	27.69	-	-	-	11
5	15	7.90	3.36	-	0.91	3.00	12.71	-	1.24	29.14	-	-	-	1

### MAYO

Nº	T	PH	P-PO <sub>4</sub>	P-T	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>	N-T	OD	DBO <sub>5</sub>	DQO <sub>Mn</sub>	SS	Coliformes Totales	Q
			(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	Grupo/100ml	(L/s)
1	11.6	7.92	2.22	-	0.16	3.38	27.75	-	8.33	33.81	44.50			4.00
2	12.7	7.36	2.76	-	1.23	5.63	16.15	-	5.01	59.17	39.00			3.25
3	11.3	7.50	3.75	-	0.65	2.90	9.39	-	2.65	45.90	25.50			6.50
4	16.2	7.32	2.45	-	0.60	2.85	6.88	-	5.37	20.19	12.00			7.00
5	12.9	7.52	4.42	-	0.26	1.15	19.65	-	6.90	22.94	22.50			0.75

### JUNIO

Nº	T	PH	P-PO <sub>4</sub>	P-T	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>	N-T	OD	DBO <sub>5</sub>	DQO <sub>Mn</sub>	SS	Coliformes Totales	Q
			(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	Grupo/100ml	(L/s)
1	7.801	7.91	2.86		0.08	0.95	23.56		5.73	151.25	52.40			5.25
2	11.35	7.51	3.53		0.74	1.00	29.63		2.90	184.50	84.40			3.75
3	10.00	7.91	3.27		0.51	0.80	19.69		3.21	65.21	35.40			7.50
4	10.90	8.11	2.77		0.46	0.80	10.88		7.23	18.40	15.40			12.50
5	12.50	7.82	2.29		0.20	0.50	22.48		0.89	97.21	38.40			0.90

## JULIO

Nº	T	PH	P-PO <sub>4</sub>	P-T	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>	N-T	OD	DBO <sub>5</sub>	DQO <sub>Mn</sub>	SS	Coliformes Totales	Q
			(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	Grupo/100ml	(L/s)
1	8.17	8.08			0.62	0.67	20.25	106.33	6.37	88.02	58.75	0.06	3183.33	2.00
2	16.83	7.96			0.30	1.70	18.36	45.33	2.61	34.20	46.63	0.12	2933.33	3.67
3	11.65	8.18			0.24	1.67	13.53	56.33	4.52	37.16	41.11	0.05	1533.33	12.67
4	14.53	7.90			0.16	1.00	19.09	17.33	0.94	72.65	68.31	0.12	1613.33	0.67
5	9.87	7.84			0.65	0.53	13.29	16.00	4.63	13.30	30.51	0.03	796.67	1.51
6	9.17	8.43			0.61	0.13	9.19	6.00	8.23	11.01	30.87	0.20		2.5

## AGOSTO

Nº	T	PH	P-PO <sub>4</sub>	P-T	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>	N-T	OD	DBO <sub>5</sub>	DQO <sub>Mn</sub>	SS	Coliformes Totales	Q
			(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	Grupo/100 ml	(L/s)
1	12.37	8.22	3.78	1.42	0.26	6.43	53.17	150.61	4.04	408.02	118.91	0.37		0.23
2	12.13	8.33	4.50	0.97	0.12	1.49	21.25	95.33	2.45	69.10	43.21	0.09		5.17
3	12.30	8.50	3.50	0.33	0.12	1.37	22.62	20.67	4.92	65.04	39.46	0.03		8
4	14.90	8.33	2.72	0.73	0.62	2.13	23.52	31.09	0.93	54.34	45.52	0.07		8.71
5	16.70	8.68	2.89	0.69	0.23	1.73	18.58	31.33	2.96	17.06	43.50	0.03		28.17
	14.15	8.25	0.14	0.01	0.01	0.30	0.06	4.00	7.88	163.88	61.65	0.22		10.61

Fuente: Monitoreo de la Contaminación – Determinación de Factores que influyen en la Contaminación a través de Drenajes en la ciudad de Puno – Informe Final – PELT – Diciembre 2012

### 3.12 RESIDUOS SOLIDOS

Otra fuente importante de contaminación de las aguas de la Bahía Interior de Puno son los residuos sólidos; INADUR indica que en estudios realizados en el año 1995, cuando la ciudad de Puno tenía 96717 habitantes, se determinó que los residuos sólidos son en mayor proporción de origen doméstico o domiciliario, generados por las familias asentadas en el casco urbano central y en los asentamientos humanos periféricos (59,9%) y en menor proporción de origen

comercial y de servicios (35,8%) y de mercados (4,3%). Estudios realizados por IPES indican que la producción diaria per cápita en el año 1995 fue de 0,344 kg/hab/día, habiéndose registrado una generación de residuos domésticos de 33,3 TM/día, residuos comerciales y de servicios de 19,9 TM/día y residuos de mercado de 2,4 TM/día, lo cual hace una producción total de residuos sólidos de 56,6 TM/día. La cobertura del servicio era de 43,9 % existiendo un déficit de 56,1 % que equivalía a 31,2 TM/día, sin recolectar.

El Comité Institucional para el Mejoramiento de la Salud Ambiental – CIIMSA, de Puno, indica que en el año 2002, la ciudad de Puno cuenta con 120,000 habitantes y que se producen 70 TM/día de residuos sólidos; el nivel de cobertura de recojo alcanza el 58%, principalmente en el área urbana y 42% en la zona urbano – marginal.

En el año 2003, la Municipalidad Provincial de Puno – División de Saneamiento Ambiental indica que la producción diaria de residuos sólidos es de 70 TM y que la cobertura de recojo es de 80%.

Para el año 2012 la generación total de residuos sólidos en la ciudad de Puno es de 93.14 TM/día.

Tal como se puede observar, el nivel de cobertura en ningún caso alcanza el 100%, de lo que se puede inferir que gran cantidad de residuos sólidos tienen como lugar de vertimiento final, la bahía interior de Puno, ya sea llevado directamente por los usuarios (en la zona baja) o transportados por la lluvia, cuando estas se presentan.



En cuanto a los porcentajes de componentes de los residuos sólidos generados en Puno, PIWANDES - CIED realizó estudios en el año 2003, los cuales se presentan a continuación:

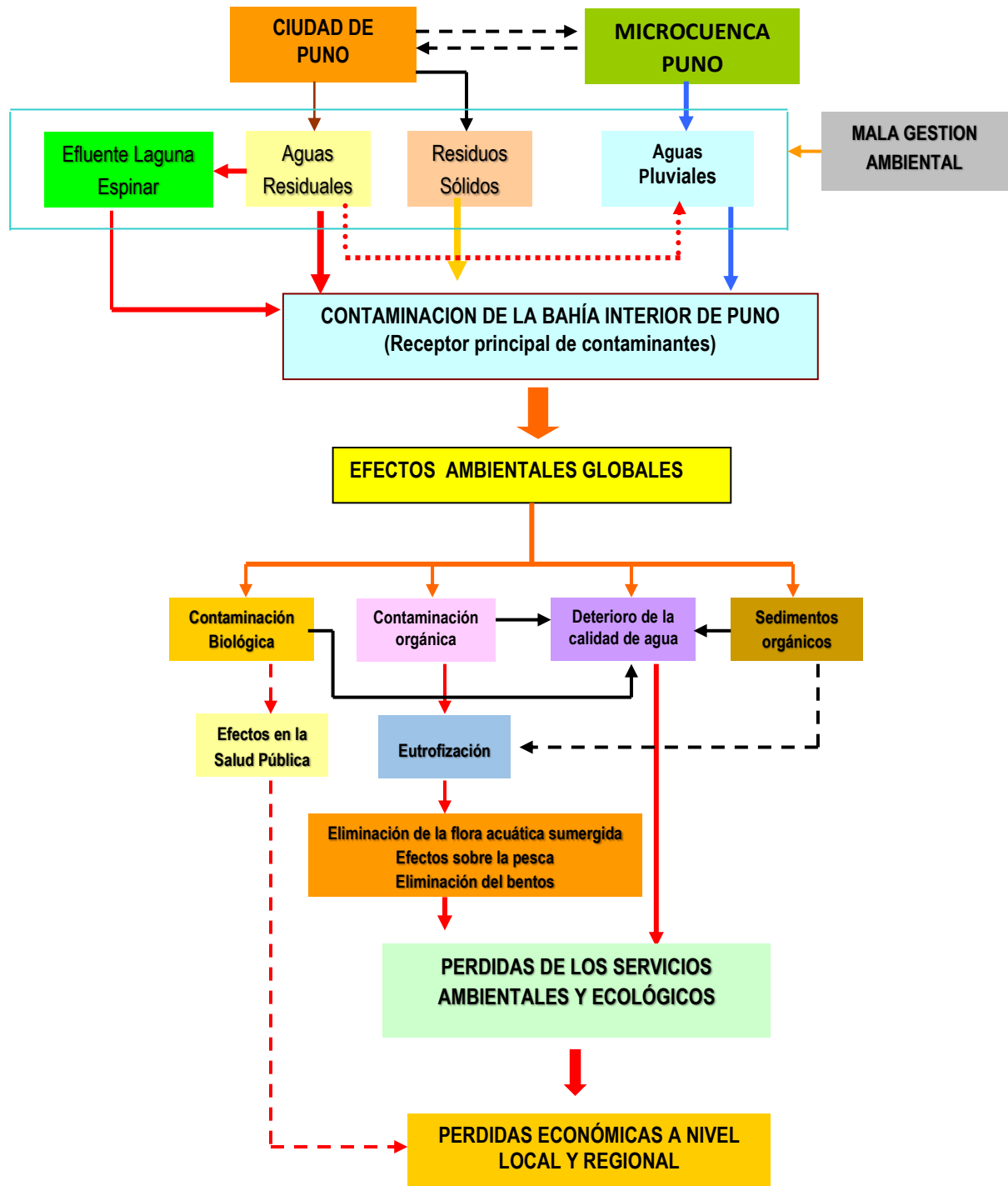
**Cuadro 18.** Componentes de residuos solidos

Ítem	%
Papel y cartón	10.6
Materia Orgánica	54.0
Textiles, ropa	0.7
Madera	0.3
Plásticos	13.7
Jebes	0.5
Cuero	0.2
Metales ferrosos	2.2
Vidrio	1.5
Otros (tierra, polvo)	16.3
Total	100.0

Fuente: Estudio de caracterización de RRSS  
PIWANDES-CIED - 2003

### 3.13 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO DE LA CONTAMINACIÓN DE LA MICROCUENCA DE PUNO

Con la finalidad de presentar un análisis integral cualitativo de la contaminación, sus causas y efectos se presenta en siguiente diagrama causa - efecto de la contaminación en la microcuenca de Puno.



N° 1: Flujograma causa-efecto, en el cual se visualiza las causas directas de la contaminación de la microcuenca Puno (aguas residuales, residuos sólidos, aguas pluviales Figura y el efluente de la Laguna Espinar) e indirectas asociadas con la mala gestión ambiental y los efectos ambientales.

**Figura 2.** Flujograma causa-efecto de la contaminación de la microcuenca y ciudad de Puno

### 3.14 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

El estudio de transportes de sedimentos resulta muy importante para la adecuación de los diseños de infraestructura de regulación, desarenamiento y control en proyectos hidráulicos.

Para el presente caso se ha tomado como referencia el estudio “Evaluación Hidrológica de la Microcuenca Puno” desarrollado por el PELT en el año 2009, el cual analiza el transporte de sedimentos para conocer el volumen de sedimentos que genera las máximas avenidas durante las épocas de lluvia, el cual involucra y permite conocer los procesos de erosión, iniciación del movimiento, transporte de sedimentos y compactación de las partículas sólidas.

Cabe resaltar que los sedimentos se originan por erosión de la cuenca, siendo este fenómeno que se desarrolla continuamente desde los tiempos geológicos, determina y modela la forma de la corteza terrestre. La erosión se debe a la acción producida por los agentes externos, como el agua que es uno de los principales agentes de erosión y el vehículo principal de transporte del material erosionado. Entre otros factores que controlan la tasa de erosión están el régimen de lluvias, la cobertura vegetal, el tipo de suelo y la pendiente del terreno.

Este fenómeno se origina transportando las partículas fragmentadas y erosionadas de dos maneras diferentes: las de mayor tamaño ruedan sobre el fondo constituyendo el transporte de los sólidos de fondo; las más finas van en suspensión. Es posible que ciertas partículas se transporten de un modo especial a saltos, no constituyen propiamente material de fondo ni material en suspensión, a esta modalidad se le denomina transporte por saltación.



De acuerdo al estudio “Evaluación Hidrológica de la Microcuenca de Puno” desarrollado por el PELT en el año 2009, se estima que en la quebrada denominada Llavini, ubicado adyacente a la Ciudad Universitaria se presenta en un periodo de tiempo de 5 años un volumen de transporte de sedimentos de 18,7 m<sup>3</sup>. Estos sedimentos son transportados desde las partes altas de la microcuenca Puno a través de la quebrada Llavini hacia las partes bajas de la ciudad y bahía de Puno.

Este problema de arrastre de sedimentos genera la colmatación del sistema de alcantarillado de aguas residuales y pluviales, agravándose esta situación en periodos de lluvia y precipitaciones de eventos extremos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 PARÁMETROS FÍSICOS

##### 4.1.1 Temperatura

A lo largo del año se aprecia la variación de la temperatura superficial de las aguas, las cuales guardan relación con las temperaturas estacionales; esto ocurre en todas las estaciones de muestreo. Durante la época seca (junio-julio-agosto) se presentan las temperaturas más bajas y las más altas se presentan entre noviembre-marzo. Tal como se puede apreciar en el Cuadro N° 3, donde para cada estación de muestreo se han representado el promedio de las mediciones de temperatura de los años 2007 y 2008, existe una variación espacial de la temperatura, pues los valores más altos de temperatura se presentan en la orilla de la Bahía Interior de Puno y disminuye hacia el interior de la misma.

Los valores más altos de temperatura se observan con la zona aledaña a la orilla, donde el promedio anual se encuentra en el rango de 15.09 °C –

15.46 °C; sin embargo, la variación mensual es mayor, tal como ocurre en la Estación de Muestreo N° 14 donde la temperatura varía desde 10.85 °C hasta 18.60 °C y en la Estación de Muestreo N° 16, la temperatura varía entre 10.25 °C - 18.15 °C.

En la Bahía Exterior (Estaciones 1 y 2) se pueden apreciar temperaturas más bajas.

En general, el comportamiento de la temperatura del agua es normal, porque se espera en las zonas menos profundas (caso de la orilla de la bahía interior de Puno) se encuentren temperaturas más altas, sin embargo, también este incremento podría estar influenciado por la intensa tasa de metabolismo de la carga orgánica y nutrientes que ocurren en esa área.

#### Efectos de la Temperatura

Los altos valores de temperatura favorecen la producción primaria en la zona y es una situación favorable para la proliferación de la lenteja de agua.

La temperatura tiene gran influencia sobre algunas variables de la actividad acuática:

Incrementa la descomposición de la materia orgánica,

Favorece el crecimiento de las bacterias y el fitoplancton,

Incrementa la turbidez del agua,

Incrementa la cantidad de algas, debido a las condiciones de suministro de nutrientes.

Las acciones sinérgicas de los contaminantes son más intensas a temperaturas altas.

La temperatura aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción.

#### **4.1.2 TRANSPARENCIA**

De acuerdo a las mediciones de transparencia del agua, realizadas con disco Secchi, indican que los menores valores se encuentran en la bahía interior de Puno y los mayores valores de transparencia se presentan en la bahía exterior con excepción de las Estaciones de Muestreo 1 y 2, el promedio anual de transparencia en las otras Estaciones de Muestreo se encuentran por debajo de 1,00 m y generalmente por debajo de los 0,80 m. En un ciclo anual de mediciones se puede observar que los mayores valores de transparencia se presentan en los meses de mayo-junio-julio, lo que coincide con las temperaturas más bajas del agua y también con una menor productividad primaria, por efecto de la temperatura. Asimismo, los menores valores de transparencia ocurren en los meses de de noviembre a febrero donde la temperatura del agua es mayor y por tanto también la productividad es mayor.

Los mayores valores de transparencia se presentan en la Bahía Exterior, Estaciones 1 y 2, con valores promedios anuales de 4,39 y 4,16 m; sin embargo, ocurren valores entre 7,4 y 8,30 m en los meses de junio y julio. El área más afectada por menor transparencia del agua es la orilla de la Bahía Interior de Puno, donde se pueden encontrar valores de transparencia de 0,35 m como es el caso de la Estación de Muestreo 6, mes de enero; en general, la transparencia en este punto, durante los meses de enero a abril varía de 0,35 a 0,45 m.

Los menores valores de transparencia se presentan en áreas que reciben la descarga de aguas servidas y esto es debido a la alta concentración de materia orgánica y nutriente que permiten un incremento del plancton y otros organismos.

### **Efectos**

Un efecto negativo de la baja transparencia es el medio paisajístico, y especialmente se perjudica la estética del paisaje.

Otro efecto negativo es que la baja transparencia disminuye la transmisión de energía solar y en consecuencia disminuye la fotosíntesis.

### **4.1.3 pH**

Los valores promedios anuales de pH en las Estaciones de Muestreo de la bahía interior de Puno varían de 8,90 – 9,23, mientras que en la Bahía Exterior estos valores se encuentran alrededor de 8,5, que se puede considerar normal para el Lago Titicaca.

Los valores más altos de pH se encuentran en las Estaciones de Muestreo aledañas a la orilla de la bahía interior de Puno, con promedios anuales que varían entre 9,11 – 9,23. Puntualmente, en algunos meses, se han encontrado valores que llegan hasta 10,40.

En un ciclo anual, los menores valores de pH se presentan en los meses de abril-junio, debido a que por efectos de la temperatura la productividad disminuye.

Los altos valores de pH en la bahía interior de Puno, sobre todo en la orilla, pueden ser el resultado de una elevada actividad fotosintética en la zona.



En general los valores de pH encontrados son más altos que los que se requieren para que se produzca la precipitación de carbonatos, lo cual reducirá el nivel de fósforo disponible.

#### 4.1.4 OXÍGENO DISUELTO

La altura produce una disminución en el contenido de oxígeno disuelto en el agua y se ha encontrado que es 65 % del valor que se puede encontrar en la costa (nivel del mar). Generalmente para el Lago Titicaca, el rango normal oxígeno disuelto debería de ser 6-8 mg/l.

Del análisis de la información tomada por el PELT, en los años 2010 y 2011 con relación al oxígeno disuelto se puede concluir que:

Los valores de oxígeno disuelto disminuyen conforme nos alejamos de la orilla de la Bahía Interior de Puno hacia la Bahía Exterior.

El promedio anual en casi todas las Estaciones de Muestreo, con excepción de las Estaciones 1 y 2, se encuentran por encima de 8,50 mg/l, lo que indica sobresaturación.

Los mayores valores de oxígeno disuelto se presentan en la orilla de la bahía interior de Puno, Estaciones 6, 14, 16, 17, con valores promedio anual que fluctúan entre 8,90 – 10,59, y de estas, la Estación N° 6 es la que presenta el valor más alto con 10,59.

Se puede observar que aún en la época seca (junio-agosto), los valores de oxígeno disuelto en las Estaciones de Muestreo ubicadas a la orilla de la Bahía Interior de Puno, son más altas de 8,0 mg/l, lo que indica sobre saturación, aún en esta época.

La fluctuación mensual del oxígeno disuelto en las Estaciones 1 y 2, de la Bahía Exterior es menor (de 6,29 – 8,47 mg/l), que las variaciones

mensuales que se observan en las otras Estaciones de Muestreo; por ejemplo en la Estación 6, los valores promedio mensuales fluctúan entre 9,22 a 13,63 mg/l, aunque se pueden encontrar valores que van hasta 16.14 mg/l (mes de octubre 2012).

Los menores valores de oxígeno disuelto se presentan en los meses de febrero – marzo y esto coincide con una elevada DBO<sub>5</sub>.

Los mayores valores de oxígeno disuelto se producen por el proceso de fotosíntesis de las algas, como consecuencia de la alta disponibilidad de nitrógeno y fósforo aprovechables.

## 4.2 PARÁMETROS QUÍMICOS

### 4.2.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno

La zona aledaña a la orilla presentan los valores más altos de DBO<sub>5</sub> (valores > 15 mg/l). El punto 6 es la zona que presenta los mayores valores de DBO<sub>5</sub>, que varía entre 20-30 mg/l.

Los menores valores de DBO<sub>5</sub> se presentan en el punto 1 (2,5 – 4,5 mg/l) y la variación mensual es menor.

Los valores menores de DBO<sub>5</sub> se presentan en el período de abril – junio, que coincide con las temperaturas más bajas, mientras que cuando ocurren temperaturas más altas, la DBO<sub>5</sub> se incrementa; esto se debe que, a mayores temperaturas se incrementa la actividad microbiana.

La concentración de DBO<sub>5</sub> indica que el sector de la orilla de la bahía interior de Puno presenta mayor carga orgánica.

La DBO<sub>5</sub> indica la cantidad de oxígeno que precisan los microorganismos del agua, para la degradación de la materia orgánica biodegradable existente, a través de procesos bioquímicos.

#### 4.2.2 Nitrógeno Total

Los valores promedio anual de Nitrógeno Total de las Estaciones de Muestreo de la Bahía Exterior de Puno, de 1,42 mg/l, son menores a los valores promedio anual que se puedan encontrar en cualquier Estación de Muestreo de la bahía interior.

Si se observa la variación mensual de valores de nitrógeno total en los puntos de la Bahía Exterior, se concluye que durante 7 meses, los valores son <1,0 mg/l y que todos los meses del año presentan valores inferiores a 3,0 mg/l.

La mayor concentración de Nitrógeno Total se encuentra en la orilla de la Bahía Interior de Puno, Estaciones 6, 14, 16 y 17 cuyos valores promedio anuales se encuentran en el rango de 3,46 – 5,68 mg/l, especialmente en la Estación de Muestreo 6. Los valores son de 3 a 4 veces superiores a los valores de las Estaciones de la Bahía Exterior.

En el mes de marzo, en todas las estaciones de muestreo se observa que el valor se incrementa; esto puede deberse al carácter polimíctico de la bahía interior de Puno, en donde la estratificación periódica podría producir la liberación de nutrientes de los sedimentos.

Estos altos valores de Nitrógeno Total se deben al aporte de las aguas residuales hacia la bahía interior de Puno.

La elevada concentración de nutrientes provoca la proliferación de algas. Generalmente los valores de nitrógeno se incrementan en los meses de julio – octubre, probablemente a que en esos meses el limitante temporal es el fósforo.

### 4.2.3 Fósforo Total

Los valores promedio anuales de fósforo total en la Bahía Exterior son menores (130 – 180 ug/l) a los valores de las Estaciones de Muestreo de la bahía interior de Puno, que varían entre 450-930 ug/l (ver Plano N° IV – 10). Las Estaciones de Muestreo ubicadas en la orilla de la bahía interior de Puno (Estaciones 6, 14, 16, 17) presentan los valores más elevados de fósforo total > 520 ug/l, como promedio anual, especialmente la Estación 6 donde se pueden observar un valor promedio de 930 ug/l.

Los valores promedios mensuales indican que en los meses de agosto-setiembre, son los más bajos en un período anual.

Al igual que con el Nitrógeno Total, el fósforo total ingresa también a la bahía interior de Puno, a través de las descargas de aguas servidas y de las descargas de aguas de la Planta de Tratamiento de Aguas El Espinar.

## 4.3 PARÁMETROS BIOLÓGICOS

En lo referente a la contaminación biológica, se presenta la información del muestreo realizada por DIGESA, en los meses de Agosto y Setiembre de 2010.

**Cuadro 19.** Coliformes totales y fecales

Punto de Muestreo	Valores Agosto 2010 NMP/100		Valores Setiembre 2010 NMP/100	
	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	Coliformes Totales	Coliformes Fecales
1	1,2 x 10 <sup>3</sup>	24	900	20
2	1,2 x 10 <sup>7</sup>	3,0 x 10 <sup>6</sup>	5,6 x 10 <sup>5</sup>	2,4 x 10 <sup>5</sup>
3	8,2 x 10 <sup>3</sup>	1,4 x 10 <sup>3</sup>	1,6 x 10 <sup>4</sup>	1,7 x 10 <sup>3</sup>
4	1,1 x 10 <sup>4</sup>	1,0 x 10 <sup>3</sup>	3,2 x 10 <sup>4</sup>	1,4 x 10 <sup>4</sup>
5	1,5 x 10 <sup>4</sup>	2,7 x 10 <sup>3</sup>	160	40
6	5,7 x 10 <sup>3</sup>	2,3 x 10 <sup>3</sup>	120	20
7	4,7 x 10 <sup>3</sup>	2,2 x 10 <sup>3</sup>	160	20
8	2,2 x 10 <sup>3</sup>	200	5,2 x 10 <sup>3</sup>	280
9	1,3 x 10 <sup>3</sup>	340	480	80

10	300	4	800	20
11	400	50	700	20
12	70	6	1,2 x 10 <sup>3</sup>	10

Fuente: DIGESA

El punto de muestreo 2, en ambos meses y el punto de muestreo 4 exceden los Límites Máximos Permisibles establecidos por la Ley General de Aguas, en lo referente a coliformes totales y fecales. El punto 2 es aledaño al punto de descarga de aguas servidas del Hotel Internacional Isla Esteves (detrás de éste). El punto 4 está ubicado en frente al vertimiento del canal de escorrentía del sector La Candelaria

En el año 2001, se realizó la tesis “Eficiencia de la Laguna de Estabilización de la Ciudad de Puno (Isla Espinar), en la remoción de Coliformes Fecales y Totales”, en la cual se midió el efluente de la Planta de Tratamiento Espinar, hacia la Bahía Interior de Puno, cuyos valores se presentan a continuación:

Coliformes Totales .....1,8 x 10<sup>4</sup> NMP/100 ml

Coliformes Fecales.....1,1 x 10<sup>4</sup> NMP/100 ml

En el año 2012, según GITEC – SERTCONSULT en el documento Memoria Descriptiva de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas El Espinar (Agosto 2012), realizaron tres campañas de muestreo de parámetros, biológicos, dentro de las cuales se tomó información de los efluentes de la laguna secundaria (que corresponde a agua tratada que ingresa a bahía); los análisis de coniformes totales y termotolerantes se presentan a continuación:

**Cuadro 20.** Análisis de coliformes y termotolerantes

Parámetro	Unidades	Efluente según fecha		
		28-29/05/2012	23-24/06/2012	10-11/07/2012
Coliformes totales	NMP/100 ml	$2.4 \times 10^5$	$5 \times 10^4$	$1.1 \times 10^6$
Coniformes termo tolerantes	NMP/100 ml	$2.3 \times 10^5$	$3 \times 10^4$	$5 \times 10^5$

Fuente: GITEC – SERTCONSULT

La información anterior demuestra que la Planta de Tratamiento de Aguas de El Espinar descarga coliformes totales y termotolerantes, cantidades mayores a lo que le permite la Ley General de Aguas, para aguas de clase VI; lo que indica que estos efluentes están contaminando el agua de la Bahía Interior de Puno

#### 4.4 RESUMEN DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN EN LA MICROCUENCA

Los resultados de la evaluación de los diferentes parámetros de calidad de agua analizados se han obtenido comparando los valores encontrados entre los Límites Máximos Permisibles establecidos en la Ley General de Aguas o con los criterios de la OECD, para evaluar la clasificación trófica de los lagos. Considerando que no todos los parámetros evaluados están incluidos dentro de las normativas antes indicadas, también se comparan los valores obtenidos con los parámetros de calidad de agua que presenta la Bahía Exterior de Puno.

Con fines de evaluar los resultados se consideró que las aguas de la bahía interior de Puno corresponden a aguas de clase VI, establecida en la Ley General de Aguas. Es necesario precisar que se analizarán solamente los parámetros que puedan ser comparados.

#### 4.4.1 pH

El Límite Máximo Permisible por pH que la Ley General de Aguas está considerando es 9. De la evaluación de parámetros se puede observar que los promedios anuales de algunas Estaciones de Muestreo exceden el valor de 9. De acuerdo a los calores obtenidos en los monitoreos, se puede observar que aproximadamente el 50% del área de la bahía interior de Puno presenta valores mayores a 9; por tanto se concluye que existen áreas muy afectadas por la contaminación; este valor de pH indica la presencia de aguas alcalinas.

Si se relacionan los valores obtenidos, con información presentada por T. G. Northcote y otros, obtenida en el año 1982 y 1983, se puede concluir que actualmente existe mayor área de cuerpo acuático que presenta valores  $> 8,75$  y que, inclusive, la alcalinidad del agua se ha incrementado ya que en los valores obtenidos en el año 1983 no se encontraron valores  $> 8.75$ .

Si se comparan los valores pH de las Estaciones de Muestreo ubicados en la Bahía Interior con la información de la Bahía Exterior, se observa que los valores de pH son mayores en la Bahía Interior, lo que es una muestra que en lo referente al pH, existe contaminación de aguas de la Bahía Interior.

#### 4.4.2 Demanda bioquímica de oxígeno

Con respecto a este parámetro, la Ley General de Aguas, para aguas de clase VI, establece que el Límite Máximo Permisible es de 10mg/l. Los valores promedio a niveles de casi todas las Estaciones de Muestreo exceden este valor. Se ha graficado los rangos promedio de  $DBO_5$ , observándose los siguientes rangos:

**Cuadro 21.** Rangos promedio dbo5

Valor DBO <sub>5</sub> (mg/l)	Comentarios
<10	Normal: Aproximadamente el 20% del área de la bahía Interior de Puno
10-15	Contaminada: Aproximadamente el 60% del área de la bahía Interior de Puno
>15	Altamente contaminada: Aproximadamente el 20% del área de la bahía Interior de Puno

Fuente: Ley General de Aguas

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede observar que casi toda el área de la bahía interior de Puno presente se encuentra contaminada por un valor de DBO<sub>5</sub> >10 mg/l y existen zonas altamente contaminadas.

Con respecto al comportamiento de este parámetro en el tiempo, es necesario indicar que en el año 1982 y 1983, se obtuvieron valores de 5,5 – 6,5 mg/l. Actualmente no existen estos valores bajos, por lo que se concluye que la tendencia de la DBO<sub>5</sub> es incrementarse en el tiempo, tanto espacialmente (en área), como en intensidad.

Si comparamos los valores actuales de DBO<sub>5</sub> que se encuentran en la bahía interior con los valores de la bahía exterior se puede comprobar que los valores de DBO<sub>5</sub> en la bahía interior son de 4 a 5 veces más elevados que los de la bahía exterior, por tanto, existe contaminación por alto DBO<sub>5</sub>, en la bahía interior.



#### 4.4.3 Transparencia

La Ley General de Aguas no proporciona Límites Máximos Permisibles para este parámetro, por tanto el análisis se hará comparando los valores obtenidos, contra el criterio establecido por la OECD.

El criterio de la OECD establece que si los valores mínimos de transparencia son  $<0,70\text{m}$ , el lago puede considerarse hipereutrófico. De los valores promedios anuales de la Estación de Muestreo de la bahía interior de Puno, casi toda la bahía interior de Puno presenta valores promedio de transparencia  $<1,5\text{m}$ , por lo cual se indica que la Bahía Interior de Puno cumple con este requisito para ser considerado hipereutroficada; aunque durante el año existen meses, en los cuales la transparencia es menor a  $<0,70\text{ m}$ , es decir, que desde el punto de vista de la transparencia el comportamiento de este parámetro es heterogéneo en el tiempo.

Si se compara los valores de transparencia de la bahía interior contra los de la Bahía Exterior, se observa que en la Bahía Exterior la transparencia del agua es hasta 4 ó 5 veces mayor, con lo que se concluye que la bahía interior de Puno se encuentra afectada en lo que se refiere a la transparencia del agua.

Si se analizan los valores de transparencia obtenidos en el año 1981 por Northcote, se observa que habrá un valor mínimo de  $2\text{m}$  ó  $200\text{m}$  de la orilla y a  $500\text{m}$  al sur del muelle y que si bien es cierto, los valores variaban, el agua con más baja transparencia cubría  $<1\text{m}$  entre 20-40% del área de la bahía interior, ahora el área con transparencia  $< 1\text{m}$  es aproximadamente el 80% de la bahía interior.

Con lo anteriormente indicado, se concluye que la bahía interior de Puno está afectada por la alta productividad primaria que incide sobre los valores de transparencia del agua.

#### **4.4.4 Fósforo total**

Es otro de los parámetros para lo cual, la Ley General de Aguas no establece Límites Máximos Permisibles, por ello, los valores obtenidos se compararán contra los criterios establecidos por la OECD.

Los valores promedio anuales obtenidos en las Estaciones de Muestreo de la Bahía Exterior de Puno son  $>100$  ug/l, lo cual indica que toda la bahía está afectada con fósforo total, es decir la Bahía Interior de Puno se encuentra hipereutroficada. Ver plano N° IV - 14

En 1981, se encontraron valores de 463 ug/l de fósforo total en un punto ubicado al sur del muelle de Puno, ahora, el valor promedio anual alrededor del punto anteriormente indicado varía de 500-550 ug/l, lo que equivale a decir que el problema se ha incrementado.

En conclusión, se puede indicar que la concentración del fósforo total en la Bahía Interior de Puno se ha incrementado en los años.

#### **4.4.5 Coliformes totales y fecales**

Por falta de información no es posible determinar el resultado de los coliformes totales y fecales de la bahía interior de Puno, sin embargo, es necesario precisar que los efluentes tratados de la Planta de Tratamiento de Espinar, presentan concentraciones altas de coliformes totales y termotolerantes que constituyen un peligro para la salud humana; lo mismo

se puede decir de los efluentes de aguas sin tratamiento que a partir de las viviendas cercanas a la orilla de la bahía interior, se descargan a esta bahía.

#### 4.5 MATRIZ RESUMEN DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN

A continuación en el siguiente cuadro se presentan los resultados de la contaminación del agua de la Bahía Interior de Puno, en forma de matriz, a fin de resumir el estado actual de contaminación (Cuadro 22).

**Cuadro 22.** Matriz de indicadores de la contaminación del agua de la bahía interior de Puno

Parámetro	Unidad	L.M.P (1)	Rango Encontrado (2)	Intensidad (3)	Magnitud (4)	% Aprox. de Área afectada
Ph	--	5-9	8.39-9.23	Alto a muy alto	Alta	70
Transparencia	m	< 0.7	0.53-0.81	Alta a muy alta	Total	80
Oxígeno Disuelto	mg/l	4	8.51-10.35	Muy alta	Alta	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	10	7.60-22.88	Alta a muy alta	Alta	75
Nitrógeno Total	mg/l	--	2.89-5.68	--	--	--
Fósforo Total	mg/l	0.100	0.36-0.93	Muy alta	total	100

(1) Límite Máximo Permisible: De acuerdo a la Ley General de Aguas u OECD

(2) Rango de Valores encontrados; los valores son promedios anuales

(3) Valores se clasifican en bajo – Medio – Alto – Muy Alto, según el grado de afectación

(4) Porcentaje de Área: Baja (<20%), Media (20-50%), Alta (50-75%), Total (>75%)

#### 4.6 MATRIZ DE PRIORIZACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES

Como se ha visto anteriormente, las fuentes de contaminación son cuatro, las cuales han sido priorizadas según el criterio de aporte de contaminantes.

**Cuadro 23.** Matriz de priorización de los factores ambientales de contaminación de la microcuenca Puno

Fuente contaminación Verificable	Contaminantes	Descarga anual (Kg/año)	Orden de priorización
Laguna Espinar	DBO <sub>5</sub>	<b>992 435</b>	<b>Primer orden</b>
	NT	<b>240 717</b>	
	PT	<b>23 232</b>	
Aguas residuales crudas	DBO <sub>5</sub>	<b>106 945</b>	<b>Segundo orden</b>
	NT	<b>45 990</b>	
	PT	<b>5147</b>	
Aguas Pluviales	DBO <sub>5</sub>	<b>N.D</b>	<b>Tercer orden</b>
	NT	<b>N.D</b>	
	PT	<b>N.D</b>	
Residuos sólidos *	Papel	<b>10 628</b>	<b>Cuarto lugar **</b>
	Materia orgánica	<b>44 661</b>	
	Plástico	<b>16 352</b>	

Fuente: elaboración propia en base a la información del JICA – 2012

\* = 14 TM/día no son recogidas y son depositadas en zonas inadecuadas, de las cuales se estima que el 2% llega a la bahía Interior de Puno, a través de los canales pluviales.

\*\* = se ha clasificado como tercer lugar, porque gran parte de los elementos contaminantes son materiales no biodegradables que no aportan nutrientes a la bahía interior de Puno, sólo ocasionan contaminación física.

N.D = No determinado (no existe información disponible)



Como se puede ver en el cuadro anterior, según el orden de prioridad de los contaminantes puntuales que afectan la microcuenca de Puno, la fuente número uno son los efluentes de la Laguna de Oxidación de El Espinar, lo que demuestra que este sistema no remueve contaminantes a niveles ambientales aceptables. La segunda causa en orden de prioridad, son las aguas residuales crudas que se vierten a través de seis emisores de aguas residuales localizados en las orillas de la bahía. La tercera causa de contaminación son las aguas pluviales con mayor incidencia en el periodo lluvioso, y en cuarto lugar, los residuos sólidos no biodegradables (botellas de plástico HD y plásticos), animales muertos, residuos orgánicos, etc., cuyo efecto principal es la contaminación física de las áreas inundables de la bahía.

## CONCLUSIONES

- Las fuentes principales de contaminación son: los vertimiento de aguas residuales, tratadas y sin tratar; las aguas de drenaje y/o lluvia (escorrentía) que transportan residuos orgánicos y se vierten a la bahía interior de Puno y los residuos sólidos que no son recolectados y que finalmente se depositan en la bahía interior de Puno.
- JICA indica que el principal foco contaminante es la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Espinar (PTAR) que aporta 3,024 kg/día de DBO, 1026 kg/día de nitrógeno y 98.3 kg/día de fósforo total. En resumen, la Planta de Tratamiento de El Espinar aporta aproximadamente el 92% de la carga contaminante que recibe la bahía interior de Puno. En la época seca, estos valores disminuyen en un 50% aproximadamente.
- Otra fuente importante de contaminación son los canales de drenaje o zanjas pluviales. Según JICA, la carga contaminante que proviene de los canales de drenaje o zanjas pluviales es: 246 kg/día, de DBO, 110 kg/día de nitrógeno total y 10,2 kg/día de fósforo total. La carga diaria que la Bahía



Interior de Puno recibe de los canales de drenaje es aproximadamente el 10 % del total que recibe la bahía.

- Los residuos sólidos que genera la ciudad de Puno son también una fuente importante de aporte de carga orgánica para la bahía interior de Puno. Si la cobertura de la recolección de residuos sólidos es 92%, de 83 TM/día que genera la ciudad, entonces la bahía interior de Puno recibe una parte importante de las 7 ton/día, que no se recolecta, de los cuales, el 43% es materia orgánica.
- Los valores de nitrógeno y fosforo total que se encuentren en la bahía interior de Puno son tan altos respecto a la bahía exterior, que demuestran que la bahía interior de Puno está eutrofizada; esto se debe principalmente al aporte de las aguas residuales que se vierten en la bahía interior de Puno.

## RECOMENDACIONES

- Se debe empezar por eliminar las fuentes de contaminación del agua de la bahía interior de Puno, iniciando por mejorar el tratamiento de aguas residuales de la Planta de Tratamiento El espinar, por donde se descarga el 92% de la carga contaminante a la bahía interior de Puno. Caso contrario seguirá incrementándose los niveles de eutrofización de la bahía interior de Puno.
- Reducir a cero las conexiones clandestinas del sistema de alcantarillado a la red de recolección de aguas pluviales, caso contrario se continuara con la descarga directa de nutrientes y carga orgánica a la bahía interior de Puno.
- Mejorar la gestión de los residuos sólidos en la fase de recolección, para evitar que los residuos queden expuestos a ser transportados por la escorrentía superficial hacia las parte baja de la ciudad y bahía de Puno, o vertidos directamente por los pobladores.
- Ampliar y completar la intervención a la quebradas y cárcavas circundantes a la ciudad de Puno, por donde discurren las aguas superficiales arrastrando





- sedimentos y partículas en suspensión, ello se evitara continuando con la construcción de diques transversales en los ejes de quebradas y cárcavas.
- Formular un plan de monitoreo de los caudales y calidad del agua de drenaje que es vertida a través de los sistemas de drenaje de aguas residuales y pluviales a fin de tener cálculos más precisos acerca de la carga contaminante que estos sistemas vierten a la bahía de Puno.
  - Iniciar un plan de reforestación y cobertura vegetal para evitar la erosión de las partes altas de la ciudad y microcuenca de Puno, recuperando la calidad ambiental y paisajista de la microcuenca de Puno.
  - Mejorar la gestión ambiental de la microcuenca de Puno a través de una institución que se responsabilice de dicha gestión. La experiencia demuestra que mientras cada institución funcione en forma independiente y desarticulada interinstitucionalmente, el deterioro ambiental será cada vez mayor.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de cooperación internacional de Japón. (2000). *Estudio para el Control de la Contaminación del Agua de la Bahía Interior de Puno en el Lago Titicaca en la República del Perú – Puno.*
- Asesores Técnicos Asociados. (2003). *Diagnóstico Ambiental de la Bahía Interior de Puno.*
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria. (1995). *Plan Estratégico para el Mejoramiento Ambiental de la Ciudad de Puno, Comisión de Mejoramiento Ambiental de la Ciudad de Puno.*
- Comité Multisectorial para el Mejoramiento Ambiental de la Bahía Interior de Puno – Lago Titicaca. (1998). *Programa de Mejoramiento Ambiental de la Bahía Interior de Puno, Limpieza, Cosecha y Utilidad de Lemna sp.*
- Dejoux, C. y Lltis A. (1991). *El Lago Titicaca. Síntesis del conocimiento limnológico actual, Orstomhisbol; La Paz, Bolivia.*

- Dirección General de Salud Ambiental. (1999). *Programa de Monitoreo del Lago Titicaca*.
- Desarrollo & Medio Ambiente. (1995). *Diagnóstico Ambiental de la Microcuenca y Ciudad de Puno*.
- Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno. (2006). *Reevaluación del Proyecto PTAS El Espinar*.
- Environment Canada. (1987). *Mine and Mill Wastewater Treatment*, Ottawa.
- Freeman III, M. A. (1993). *The measurement of environmental and resource values. Theory and Methods. Resources for the Future*, Washington, D.C.
- García de Emiliani, F.O. y Kieffer, L.A. (2000). *Contaminación del Lago General Belgrano*.
- Gitec y Serconsult. (2002). *Supervisión de las Obras de Rehabilitación y Ampliación del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Puno*.
- Industrial Consulting Services. (2007). *Informe sobre la Situación Ambiental de las Lagunas de Oxidación dependientes de EMSAPUNO y de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Puno*.
- Instituto Nacional de Desarrollo – Proyecto Especial Lago Titicaca. (1998). *Estudio Definitivo Conducción, Tratamiento y Manejo Integral de las Aguas Residuales de la Ciudad de Puno*.
- Instituto Nacional de Desarrollo – Proyecto Especial Lago Titicaca. (1997). *Estudio de Factibilidad Conducción, Tratamiento y Manejo Integral de las Aguas Residuales de la Ciudad de Puno*.



- Instituto Nacional de Desarrollo Urbano. (1996). *Plan Director Urbano de la Ciudad de Puno*.
- Layme, J. W. (2005). *Coliformes Totales y Fecales en el Malecón Ecoturístico Puno*. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano, Puno Perú.
- Lemna Internacional Inc. (1996). *Diseño, Construcción, Tecnología y Proyectos para Tratamientos de Aguas Residuales Municipales e Industriales*. USA.
- Lemna Internacional Inc. (1996). *The View of the Future for Cost Effective Wastewater Treatment*. USA.
- Metcalf & Eddy. (1996). *Ingeniería de las Aguas Residuales*. Mc Graw Hill. Tercera Edición.
- Ministerio de Agricultura, Dirección General de Asuntos Ambientales INRENA. (2002). *Evaluación y Recuperación de los Recursos Naturales y Contaminación ambiental en la Cuenca del río Ramis*. Puno.
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. (2003). *Diagnóstico Ambiental de la Bahía Interior de Puno*.
- Mitchell, R. C. and Carson, R. T. (1989). *Using surveys to the value public goods: The contingent valuation method*. Resources for the Future, Washington D.C.
- Municipalidad Provincial de Puno, Comité Interinstitucional para el Mejoramiento de la Salud Ambiental – CIED. (2004). *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos*.



- Northcote, T.G. y Morales, P. (1991). *Contaminación del Lago Titicaca, Perú, capacitación, Investigación y Manejo.*
- Ocola, Juan. (1997). *La Contaminación y el Impacto Ambiental en la Bahía Interior de Puno.*
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA-UNEP). (2001). *Planning and Management of Lakes and an Integrated Approach to Eutrophication.*
- Proyecto Especial Lago Titicaca. (1999). *Programa Integral para la Descontaminación y Desarrollo Integral de Puno, Lima – Perú.*
- Proyecto Especial Lago Titicaca. (2009). *Evaluación Hidrológica de la Microcuenca de Puno.*
- Resolución Ministerial N° 048-97-MTC/15.VC. (1997). *Norma de Saneamiento S.090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.*
- Romero, J. (1999). *Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y Principios de Diseño.*
- Salas, R. y Ocola, J. (1995). *Zonificación de Áreas Contaminadas y Susceptibles de Contaminación en el Sistema TDPS-Sector Peruano.*
- Valderrama, P. y Córdova, D. (2003). *Contaminación por Residuos Sólidos Urbanos en la Bahía del Malecón Turístico de la Ciudad de Puno.*