

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON (JICA)
MUNICIPALIDAD DE LA PAZ
REPUBLICA DE BOLIVIA

ESTUDIO PARA
EL CONTROL DE LA CONTAMINACION
DEL AGUA DE LOS RIOS
EN LA CIUDAD DE LA PAZ

Texto Principal

MAYO DE 1993

PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL

SSS

JR

93-061

JICA ESTUDIO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA DE LOS RIOS EN LA CIUDAD DE LA PAZ

Texto Principal

MAYO DE 1993

702
51.9
SSS

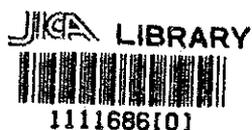
AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON (JICA)

MUNICIPALIDAD DE LA PAZ

REPUBLICA DE BOLIVIA

**ESTUDIO PARA
EL CONTROL DE LA CONTAMINACION
DEL AGUA DE LOS RIOS
EN LA CIUDAD DE LA PAZ**

Texto Principal



MAYO DE 1993

PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL



En este informe, el costo del proyecto se estimó a precios de junio de 1992 con una tasa de cambio de 1US\$ = Bs. 3.87.

Este texto en español ha sido redactado como referencia.

Abreviaciones

ABIS	: Asociación Boliviana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.
ANESAPA	: Asociación Nacional de Empresas e Instituciones de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado.
CORDEPAZ	: Coporación Regional de Desarrollo de La Paz.
DICOMAC	: Dirección de Control y Manejo de Cuencas y Medio Ambiente.
DINASBA	: Dirección Nacional de Saneamiento Básico.
DSU	: Dirección de Saneamiento Urbano.
GTZ	: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.
HAM	: Honorable Alcaldía Municipal.
HAM-LP	: Honorable Alcaldía Municipal de La Paz.
IGE-UMSA	: Instituto de Geología Económica, UMSA.
IIS-UMSA	: Instituto de Ingeniería Sanitaria, UMSA.
INE	: Instituto Nacional de Estadísticas.
MACA	: Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios.
MAU	: Ministerio de Asuntos Urbanos.
MPC	: Ministerio de Planeamiento y Coordinación.
MPSSP	: Ministerio de Previsión Social y Salud Pública.
SAMAPA	: Servicio Autónomo de Agua Potable y Alcantarillado.
SENAHMI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.
UMSA	: Universidad Mayor de San Andrés.

**Estudio para el Control de la Contaminación del Agua
de los Ríos en la Ciudad de
La Paz
Informe Final**

Texto Principal

Tabla de Contenidos

Abreviaciones

Indice

Lista de Tablas

Lista de Figuras

Parte (I) INTRODUCCION

CAPITULO 1 INTRODUCCION

1.1-. Antecedentes del Estudio	1.1
1.2-. Objetivos de Estudio	1.1
1.3-. Area de Estudio	1.1
1.4-. Organización del Estudio	1.3
1.4.1 Organización General	1.3
1.4.2 Organización Japonesa	1.3
1.4.3 Organización Boliviana	1.4
1.5-. Reportes	1.6

Parte (II) PLAN BASICO

CAPITULO 2 CONDICIONES EXISTENTES

2.1-. Condiciones Naturales	2.1
2.1.1 Topografía y Geología	2.1
2.1.2 Climatología	2.1
2.1.3 Hidrología	2.2
2.2-. Condiciones Socio-económicas	2.4

2.2.1 Población	2.4
2.2.2 Uso del Suelo	2.6
2.2.3 Perfil Económico de La Paz	2.6
2.2.4 Ingreso y Gasto de la Población	2.8
2.2.5 Estado Financiero	2.9
2.2.6 Conciencia Pública con Respecto a la Contaminación Acuática de los Ríos.....	2.10
2.3-. Estructura Institucional para el Control de Aguas Contaminadas	2.11
2.3.1 Estructura Legal	2.11
2.3.2 Estándares de Calidad de Agua	2.11
2.3.3 Organizaciones destinadas al Control de Contaminantes del Rfo Choqueyapu.....	2.14
2.4-. Calidad y Uso del Agua	2.17
2.4.1 Condiciones de Calidad de Agua	2.17
2.4.2 Uso del Agua	2.20
2.4.3 Suministro de Agua	2.21
2.4.4 Enfermedades Infecciosas	2.22
2.5-. Fuentes de Contaminación Acuática	2.23
2.5.1 Generalidades	2.23
2.5.2 Sistema de Recolección de Aguas Residuales	2.23
2.5.3 Residuos Domésticos	2.24
2.5.4 Residuos Industriales	2.25
2.5.5 Otros Cuerpos Evacuadores de Aguas Residuales	2.25
2.5.6 Evacuación de Residuos Sólidos	2.26
2.6-. Planes Relevantes	2.27
2.6.1 Planes Nacionales	2.27
2.6.2 Desarrollo Urbano	2.28
2.6.3 Desarrollo de Recursos Hídricos y de Suministro de Agua Potable	2.29
2.6.4 Sistema de Alcantarillado	2.29
2.7-. Resumen de Problemas	2.30

**CAPITULO 3 ORGANIZACION GENERAL PROPUESTA PARA EL CONTROL
DE LAS AGUAS CONTAMINADAS DEL RIO CHOQUEYAPU**

3.1-. Año Objetivo	3.1
3.2-. Objetivos o Metas	3.1

3.2.1 Evaluación de Puntos de Muestreo para Lograr el Mejoramiento de la Calidad Acuática	3.1
3.2.2 Calidad de Agua Descada	3.2
3.3- Area de Planificación	3.3
3.3.1 Areas Actualmente Urbanizadas	3.3
3.3.2 Areas a ser Urbanizadas a Futuro	3.4
3.3.3 Arca Piloto	3.4
3.4- Fuentes de Contaminación	3.7
3.4.1 Población	3.7
3.4.2 Industrias	3.8

CAPITULO 4 ANALISIS PRESENTE Y FUTURO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CHOQUEYAPU

4.1- Factores de Carga Unitaria que Inciden en la Generación de Polutantes	4.1
4.1.1 Generalidades	4.1
4.1.2 Agua Residual Doméstica	4.1
4.1.3 Aguas Residuales Industriales	4.2
4.1.4 Otros	4.3
4.2- Cantidad de Polutantes Generados	4.3
4.2.1 Generalidades	4.3
4.2.2 Cantidad de Polutantes Generados por la Cuenca Hidrográfica	4.3
4.3- Construcción del Modelo de Simulación de Calidad de Aguas	4.3
4.3.1 Generalidades del Modelo	4.3
4.3.2 Modelo de Escurrimiento de Polutantes	4.4
4.3.3 Discusión de la Calidad Actual de las Agua	4.4
4.4- Predicción de la Calidad Futura de Aguas sin Control de Polución	4.10
4.4.1 Cantidad de Generación Polutantes	4.10
4.4.2 Calidad de Aguas de Río	4.10

CAPITULO 5 FORMULACION DEL PLAN BASICO

5.1- Conceptos del Plan Básico	5.1
5.2- Selección de Alternativas para el Plan Básico	5.1
5.2.1 Medidas Concebibles	5.1
5.2.2 Alternativas del Plan Básico	5.3

5.2.3 Alternativas Seleccionadas	5.10
5.3-. Evaluación de Alternativas	5.11
5.3.1 Costos Comparados.....	5.11
5.3.2 Adaptabilidad Tecnológica	5.14
5.3.3 Mejoramiento de la Calidad de Aguas	5.14
5.3.4 Impactos Ambientales y Sociales	5.18
5.3.5 Evaluación Económica	5.21
5.3.6 Evaluación Global y Selección de una Alternativa para el Plan Básico	5.22
5.4-. Plan Básico	5.23
5.4.1 Flujo de Aguas Residuales	5.23
5.4.2 Componentes Estructurales del Plan Básico	5.24
5.4.3 Medidas No-Estructurales para el Plan Básico	5.32
5.4.4 Mejora de la Calidad de Agua	5.37
5.4.5 Programa de Implementación	5.39
5.4.6 Costos del Proyecto	5.40
5.4.7 Evaluación Financiera	5.41
5.5-. Proyecto Prioritario	5.50
5.5.1 Identificación del Proyecto Prioritario	5.50
5.5.2 Efectos del Proyecto Prioritario	5.50

CAPITULO 6 RECOMENDACIONES - PLAN BASICO

Parte (III) FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

CAPITULO 7 DISEÑO DE LAS FACILIDADES PARA EL PROYECTO PRIORITARIO

7.1-. Diseño de Flujo de Aguas Residuales	7.1
7.2-. Instalaciones de Toma de Aguas RESiduales	7.2
7.2.1 Ubicación	7.2
7.2.2 Estructuras	7.2
7.2.3 Costos Estimados	7.3
7.3-. Alcantarilla Interceptor Principal	7.3
7.3.1 Rutas	7.3
7.3.2 Criterios de Diseño	7.3

7.3.3	Diseño Preliminar	7.4
7.3.4	Costos Estimados	7.5
7.4-	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	7.5
7.4.1	Disposición	7.5
7.4.2	Tratamientos Preliminares y Edificaciones	7.6
7.4.3	Lagunas Aireadas	7.6
7.4.4	Cuencas de Sedimentación	7.6
7.4.5	Costos Estimados	7.7
7.5-	Costos del Proyecto	7.7
7.5.1	Costos de Construcción	7.7
7.5.2	Costos de Operación	7.8

CAPITULO 8 PROGRAMA DE IMPLEMENTACION

8.1-	Cronograma del Proyecto	8.1
8.2-	Requerimientos Organizativos	8.2

CAPITULO 9 EVALUACION DEL PROYECTO

9.1-	Evaluación Social y Económica	9.1
9.1.1	Evaluación Social	9.1
9.1.2	Evaluación Económica	9.2
9.2-	Evaluación Ambiental	9.4
9.3-	Evaluación Financiera	9.6
9.3.1	Evaluación Financiera	9.6
9.3.2	Presupuesto Familiar para la Tarifa de Desagües	9.7
9.3.3	Conclusión	9.8

CAPITULO 10 RECOMENDACIONES - PROYECTO PRIORITARIO

LISTA DE TABLAS

CAPITULO 2

Tabla 2.1.1	Caudales Promedios Mensuales	2.2
Tabla 2.2.1	Cambio Histórico de la población Total y del Area Metropolitana	2.4
Tabla 2.3.1	Estándares de Calidad de Agua para Cuerpos de Agua Ecológicos	2.13
Tabla 2.3.2	Valores Máximos Permitidos para Descarga de Aguas Residuales Industriales en Cuerpos de Agua	2.14
Tabla 2.4.1	Resultados del Análisis de Calidad de Aguas del Rfo Choqueyapu y de sus Principales Tributarios	2.19
Tabla 2.4.2	Número de Casos de Cólera en la Unidad Sanitaria de La Paz Agosto 25-Diciembre 28 de 1991	2.22
Tabla 2.5.1	Area y Población por Tipo de Evacuación de Agua Residuos	2.24
Tabla 2.5.2	Consumo Mensual de Agua (no incluye consumo industrial)	2.26

CAPITULO 3

Tabla 3.2.1	Puntos de Muestreo y sus Características	3.2
Tabla 3.2.2	Calidad de Agua Deseada	3.3
Tabla 3.4.1	Distribución de la Población Estimada para el Futuro	3.7
Tabla 3.4.2	Lista de Industrias en el Area Piloto	3.9

CAPITULO 4

Tabla 4.1.1	Descarga Unitaria de Agua Residual	4.1
Tabla 4.1.2	Composición de los Promedio Diarios de Agua Residual Descargada y la Concentracion de DBO	4.2
Tabla 4.3.1	Comparison of Simulated River Flowrate with Observed Data	4.7
Tabla 4.3.2	Comparison of Simulated River Water Quality (BOD) with Observed Data	4.8
Tabla 4.3.3	Comparison of Simulated River Water Quality (DO) with Observed Data	4.9

CAPITULO 5

Tabla 5.2.1	Parámetros de Diseño Típicos para Pozos de Estabilización	5.9
Tabla 5.2.2	Tamaños de los Pozos para Tratar Aguas Residuales de Acuerdo a Diferentes Tipos de Pozos de Estabilización	5.10

Tabla 5.2.3	Descripciones de las Alternativas para el Plan Básico	5.11
Tabla 5.3.1	Estimaciones Preliminares de Costos de Construcción de la Alcantarilla Interceptora Principal (Opción Irpavi, precios 1992)	5.12
Tabla 5.3.2	Estimaciones Preliminares de Costos de Construcción de la Alcantarilla Interceptora Principal (Opción Lipari, precios 1992)	5.12
Tabla 5.3.3	Estimaciones Preliminares de Costos de Construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Residuales por Método de Tratamiento (Opción Irpavi, precios 1992)	5.12
Tabla 5.3.4	Estimaciones Preliminares de Costos de Operación Anual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Por Método de Tratamiento (Opción Irpavi, precios 1992)	5.13
Tabla 5.3.5	Comparación de Alternativas (US\$ millones, precios de 1992)	5.13
Tabla 5.3.6	Comparación de los Efectos de Mejora de Calidad del Agua Mediante varias Mediciones	5.15
Tabla 5.3.7	Lista de Chequeo del Impacto Social-Ecológico	5.19
Tabla 5.3.8	Resumen de Evaluación de las Alternativas del Plan Básico	5.22
Tabla 5.4.1	Diseño de Flujo de Aguas Residuales para el Plan Básico	5.23
Tabla 5.4.2	Límites Propuestos para el DBO de los Efluvios	5.33
Tabla 5.4.3	Programa de Implementación	5.39
Tabla 5.4.4	Costos Estimados para Cada Fase	5.40
Tabla 5.4.5	Inversiones de Capital e Inversiones Tope por Entidad	5.41
Tabla 5.4.6	Cronograma de Pago de Préstamos: Caso 1-A	5.44
Tabla 5.4.7	Cronograma de Pago de Préstamos: Caso 1-B	5.45
Tabla 5.4.8	Cronograma de Pago de Préstamos: Caso 2	5.46
Tabla 5.4.9	Flujo de Ingresos y Gastos: Caso 2	5.47
Tabla 5.5.1	Mejora de la Calidad de Agua (BOD) por el Proyecto Prioritario	5.52

CAPITULO 7

Tabla 7.3.1	Tamaños del Interceptor	7.4
Tabla 7.3.2	Costo Estimado de la Construcción para la Alcantarilla Interceptora Principal	7.5
Tabla 7.3.3	Costo Estimado de Operación para el Interceptor de desagües Principal	7.5
Tabla 7.4.1	Costos Estimados de Construcción para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	7.7

Tabla 7.4.2	Costos Estimados de Operación para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	7.7
Tabla 7.5.1	Costos Estimados de Construcción para el Proyecto Prioritario	7.8
Tabla 7.5.2	Costos Estimados de Operación para el Proyecto Prioritario	7.8

CAPITULO 8

Tabla 8.2.1	Personal Necesario para Operar y Mantener el Sistema de Alcantarillado Propuesto en el Proyecto Prioritario	8.3
-------------	---	-----

CAPITULO 9

Tabla 9.2.1	Lista de Lista de Impactos Ambientales / Sociales Proyecto Prioritario	9.3
Tabla 9.3.1	Flujo de Ingresos y Gastos	9.9

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 1

Fig. 1.3.1	Area de Estudio	1.2
------------	-----------------------	-----

CAPITULO 2

Fig. 2.1.1	Localización de las Estaciones Meteorológicas e Hidrológicas	2.3
Fig. 2.2.1	Datos de Población definidos por la Unidad Sanitaria de La Paz	2.5
Fig. 2.4.1	Puntos Muestrales para Investigar la Calidad de las Aguas	2.18
Fig. 2.4.2	Cambios de DBO a lo largo del Río Choqueyapu	2.20

CAPITULO 3

Fig. 3.3.1	Areas Urbanizadas y Semiurbanizadas Existentes	3.5
Fig. 3.3.2	Areas Urbanizadas y Semiurbanizadas en el Futuro	3.6

CAPITULO 4

Fig. 4.3.1	Diagrama de flujo referente a la Construcción del Modelo de Simulación	4.5
Fig. 4.3.2	Partición de los Tramos para el Modelo de Simulación de Calidad de Aguas	4.6
Fig. 4.3.3	Bloques de Descarga y Puntos de Afluencia	4.7
Fig. 4.3.4	Comparación entre los Caudales Simulados y los Datos Observados	4.8
Fig. 4.3.5	Comparación entre la Calidad de Agua Simulada y los Datos Observados	4.9
Fig 4.4.1	Calidad [BOD] de Agua de Río Predicta (No Controlada) para 1995	4.11
Fig 4.4.2	Calidad [BOD] de Agua de Río Predicta (No Controlada) para 2010 ..	4.11
Fig 4.4.3	Calidad [DO] de Agua de Río Predicta (No Controlada) para 1995	4.12
Fig 4.4.4	Calidad [DO] de Agua de Río Predicta (No Controlada) para 2010	4.12

CAPITULO 5

Fig. 5.2.1	Ruta de la Alcantarilla Interceptora Principal (Opción Irpavi)	5.4
Fig. 5.2.2	Ruta de la Alcantarilla Interceptora Principal (Opción Lipari)	5.5
Fig. 5.2.3	Sitio para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Opción Irpavi)	5.7
Fig. 5.2.4	Disposición General de la Planta de Tratamiento de Aguas (Opción Irpavi)	5.8
Fig. 5.3.1	El Efecto de las medias estructurales del Plan Básico (año 2010)	5.16
Fig. 5.3.2	El efecto del Control de Aguas Residuales Industriales	5.17
Fig. 5.3.3.	El Efecto de la Dilución por Medio de Agua de Embalse	5.17
Fig. 5.4.1	Disposición General del Plan Básico	5.25
Fig. 5.4.2	Ruta de la Alcantarilla Interceptora Principal	5.27
Fig. 5.4.3	Corte Longitudinal de la Alcantarilla Interceptora Principal	5.28
Fig. 5.4.4	Sección Transversal Principal de la Alcantarilla Interceptora Principal (Sección de Carreteras)	5.29
Fig. 5.4.5	Sección Transversal Principal de la Alcantarilla Interceptora Principal (Sección del Lecho del Río)	5.30
Fig. 5.4.6	Perfil Plano y Longitudinal del Túnel Propuesto para la Alcantarilla Interceptora Principal	5.31
Fig. 5.4.7	Efecto Total del Plan Básico	5.38
Fig. 5.5.1	Mejora de la Calidad de Aguas Por el Proyecto Prioritario	5.52

CAPITULO 7

Fig. 7.3.1	Disposición Principal de la Alcantarilla Interceptora Principal	7.10
Fig. 7.3.2	Dos Posibles Rutas para la Sección A	7.11
Fig. 7.3.3	Plan de la Alcantarilla Interceptora Principal Propuesta	7.12
Fig. 7.3.4	Corte Longitudinal de la Alcantarilla Interceptora Principal Propuesta	7.14
Fig. 7.3.5	Sección Transversal Típica de los Trabajos de Mampostería Arqueada	7.18
Fig. 7.3.6	Ubicación de los Trabajos en Aristas de Empalme	7.20
Fig. 7.3.7	Disposición y Estructuras de las Aristas de Empalme	7.21
Fig. 7.4.1	Disposición de las Lagunas Aireadas y Cuencas de Sedimentación para el Proyecto Prioritario	7.22

Fig. 7.4.2	Trabajos de Tratamiento Preliminar del Proyecto Prioritario	7.23
Fig. 7.4.3	Construcción de Lagunas	7.24
Fig. 7.4.4	Perfil de las Lagunas	7.25
Fig. 7.4.5	Plan de los Trabajos de Entrada y Cañerías	7.26
Fig. 7.4.6	Perfil de los Trabajos de Entrada y Cañerías	7.27
Fig. 7.4.7	Rasante Hidráulica	7.28
Fig. 7.4.8	Sección Longitudinal de las Lagunas Aireadas	7.29
Fig. 7.4.9	Secciones Transversales de las Lagunas Aireadas	7.30

CAPITULO 8

Fig. 8.1.1	Cronograma de Implementación para el Proyecto Prioritario	8.1
------------	---	-----

Parte (I) INTRODUCCION

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1.- Antecedentes del Estudio:

La ciudad de la Paz es la ciudad más grande de Bolivia, es de hecho la sede del gobierno de este país con una población aproximada de 720.000 habitantes. La ciudad se ha desarrollado a lo largo del río Choqueyapu, el cual constituye el eje central del área urbana.

El río Choqueyapu y algunos de sus tributarios han sufrido serios problemas de contaminación acuática, producto del desarrollo intensivo de la ciudad durante la última década. La contaminación se debe preferentemente a la descarga de residuos domésticos e industriales al río en forma directa o a través de colectores de aguas servidas.

El grado de polución es tal que el valor del DBO del río Choqueyapu en la zona central de la ciudad, frecuentemente sobrepasa los 300 mg/l, nivel que excede el valor promedio para descargas domésticas.

Esta situación ha generado problemas de hedor, de deterioro estético de la zona urbana a lo largo del río y daños a la propiedad agrícola localizada aguas abajo.

Para mejorar la degradada calidad ambiental del agua de la ciudad y de las áreas adyacentes, se requiere del desarrollo de un plan de control de aguas contaminadas, que puede materializarse con recursos razonables .

Con estos antecedentes, el Estudio Para el Control de Contaminación de Aguas de los Ríos en la Ciudad de La Paz (en el futuro este proyecto será referido como "el Estudio") fue puesta a cargo de la Agencia de Cooperación Internacional Japonesa (JICA) a petición del Gobierno de Bolivia. El Alcance de Trabajo de el Estudio fue firmado entre el Gobierno Boliviano y JICA el día 27 de febrero de 1991.

1.2.- Objetivos de Estudio:

Los objetivos son la preparación de un Plan Básico para el control de aguas contaminadas del río Choqueyapu y sus tributarios, y la conducción de un estudio de factibilidad seleccionado del Plan Básico debido a su alta prioridad.

1.3.- Area de Estudio:

El área de estudio comprende la cuenca hidrográfica del río Choqueyapu sobre el puente Lipari, como se muestra en la Fig. 1.3.1 con área total de 535 km.cuadrados.

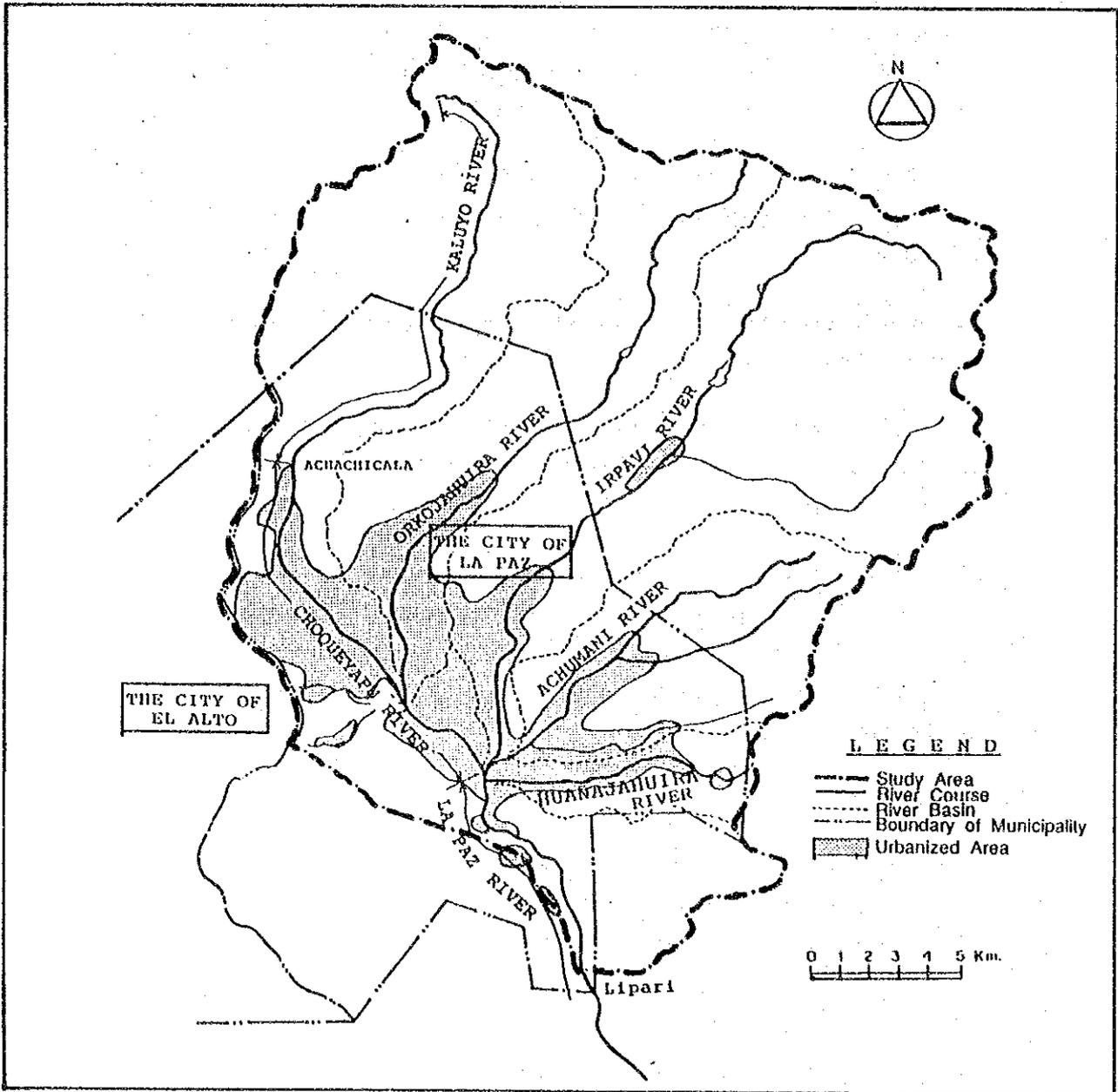
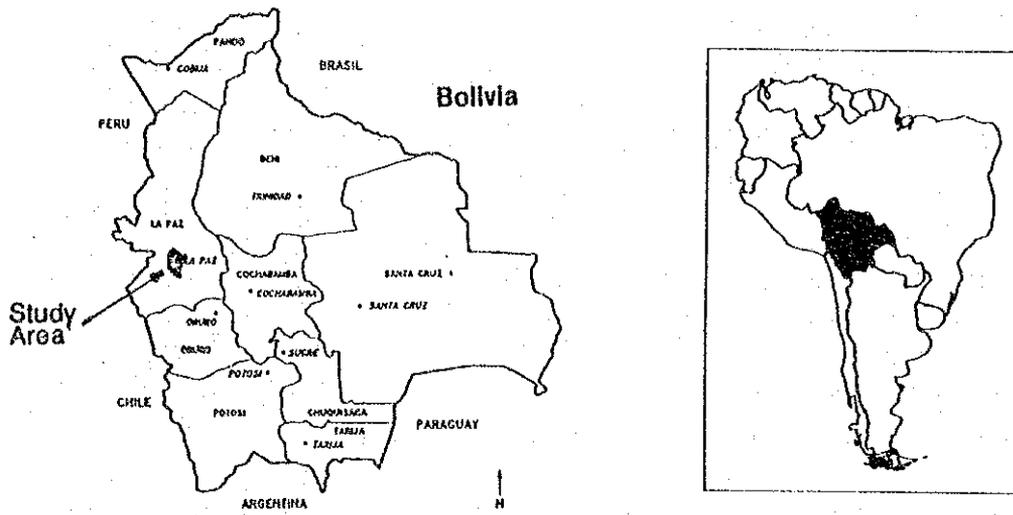


Fig. 1.3.1 Area de Estudio.

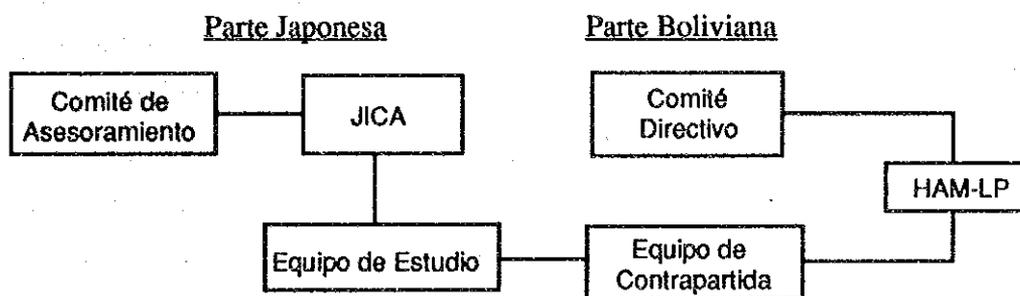
El área de estudio cubre gran parte de la zona administrativa de la ciudad de La Paz, y una gran área compuesta por las cuencas altas de los ríos Choqueyapu, Orkojahuirá e Irpavi.

El río Choqueyapu o La Paz, de hecho, cambia de nombre, como se observa en la Fig. 1.3.1. Sin embargo, los tramos de el Kaluyo, Choqueyapu, y los del Río La Paz serán llamados en conjunto bajo el nombre de Río Choqueyapu.

1.4- Organización del Estudio:

1.4.1 Organización General

La organización del Estudio es como se muestra a continuación:



nota: JICA: Agencia de Cooperación Internacional del Japón

HAM-LP: Municipalidad de La Paz.

1.4.2. Organización Japonesa

La Organización Japonesa consiste en un Equipo de Estudio bajo la responsabilidad de la Oficina Central de JICA y del Comité de Asesoramiento de JICA.

Los miembros del Equipo de Estudio fueron los siguientes:

<u>Nombre</u>	<u>Área a Cargo</u>
Akira Uchida	Jefe de Equipo
Akira Takechi	Planificación del Alcantarillado
Akira Mihara	Planificación del Tratamiento de Aguas Residuales
Tsutomu Kurihara	Análisis de Aguas Contaminadas
Kenichi Takashima	Análisis de Calidad de Aguas
Toshio Ago	Análisis de Calidad de Aguas
Mitsugu Futaka	Medio Ambiente/ Saneamiento
Dennis R. Harris	Diseño de Infraestructura/ Planificación en Construcción / Estimación de Costos.

Tatsuo Tashino Organización/ Análisis Económico y Financiero

Los miembros del Comité de Asesoramiento son los siguientes:

<u>Nombre</u>	<u>Área a Cargo</u>	<u>Actual Puesto</u>
Hitoshi Murakami	Jefe	Director Ejecutivo de la Agencia de Obras de Saneamiento
Hironori Suzawa	Tratamiento de Aguas Residuales	Gerente Asistente, Sección de Planificación, Departamento de Construcción, Oficina de Alcantarillado de la Ciudad de Kitakyushu
Eijirou Takashima	Control de Aguas Contaminadas	Investigador jefe, División de Calidad de Aguas, Instituto de Estudios de Obras Públicas, Ministerio de Construcción
Yasushi Irie	Medio Ambiente Fluvial	Director de Investigación, Oficina de Obras del Río Chikugo, Oficina Regional de Construcción de Kyushu, Ministerio de Construcción.

1.4.3 Organización Boliviana:

La organización Boliviana consiste en: el Equipo de Contrapartida para el Equipo de Estudio de JICA y del Comité Directivo, con la coordinación general de la Municipalidad de La Paz.

Los miembros del Equipo de Contrapartida fueron:

<u>Nombre</u>	<u>Área a Cargo</u>	<u>Puesto</u>
Joaquín Aguilar.A	Coordinación General HAMPLP	Director de DICOMAC,

Alberto Yutronic.C	Area Técnica	DICOMAC, HAML P
José Márquez.G	Area Técnica	DICOMAC, HAML P
Gastón Araoz.T	Planificación y Desarrollo	DICOMAC, HAML P
Camille Ponce.F	Economía y Administración	DICOMAC, HAML P
Javier Marza T.	Alcantarilla Interceptora Principal/Protección del Curso de Río	DICOMAC, HAM-LP
Eddy Jaén.F	Planificación de Alcantarillas	Director del GIP, SAMAPA
Roger Saravia.L	Operación de Alcantarillas	Director del GOM, SAMAPA
Andrés Zegada.L	Planificación de Alcantarillas /Estudio de Campo	GOM, SAMAPA
Diego Contreras.V	Planificación de Alcantarillas /Estudio de Campo	GOM, SAMAPA
José.A.Díaz.B	Tratamiento de Aguas Negras Análisis de Calidad de Aguas	IIS, UMSA
Groover Rivera.B	Tratamiento de Aguas Negras/ Análisis de Calidad de Aguas	IIS, UMSA

Nota:

DICOMAC:	Dirección de Control y Manejo de Cuencas y Medio Ambiente
SAMAPA:	Servicio Autónomo de Agua Potable y Alcantarillado
GIP:	Gerencia de Ingeniería y Proyecto.
GOM:	Gerencia de Operación y Mantenimiento
UMSA:	Universidad Mayor San Andrés
IIS:	Instituto de Ingeniería Sanitaria

Los miembros del Comité Directivo son:

<u>Nombre</u>	<u>Puesto</u>
Oscar Paz.R	Oficial Técnico Mayor, HAM-LP
Joaquín Aguilar.A	Director de DICOMAC, HAM-LP
Hernando Poppe.A	Director de DINASBA, MAU
Eddy Jaén.F	Director de GIP, SAMAPA

Nota:

MAU:	Ministerio de Asuntos Urbanos
DINASBA:	Dirección Nacional de Saneamiento Básico

1.5. Reportes:

Los reportes del Estudio realizados fueron :

- (1) Texto Principal (Inglés)
- (2) Texto Principal (Español)
- (3) Texto Complementario (Inglés)
- (4) Resumen (Inglés)
- (5) Resumen (Español)
- (6) Libro de Datos (Inglés)

Este reporte principal presenta los resultados resumidos de todo el Estudio. Consiste en tres Partes: Parte (I) Introducción; Parte (II) Plan Básico; Parte (III) Factibilidad del Estudio. Más específicamente la Parte (II), que cuenta con 5 capítulos desde el 2 al 6, describe las condiciones existentes relacionadas con la contaminación de las aguas, organización general del Plan Básico para el control de las aguas contaminadas, análisis del modelo de simulación para controlar la calidad de las aguas fluviales, formulación del Plan Básico, selección de un proyecto prioritario desde el Plan Básico, y recomendaciones. Parte (III) cuenta con el capítulo 7 al 10 y se avoca a exponer la factibilidad del proyecto prioritario.

El reporte complementario describe en detalle los mismos contenidos presentados en el reporte principal. Este incluye Anexos relacionados con discusiones sobre varias medidas para el control de la polución de las aguas que no fueron adoptadas para el Plan Básico (ver Apéndices A, B y C) y la descripción detallada del diseño preliminar de la planta de tratamiento de aguas residuales; lagunas de aireación para la opción de Lipari (Apéndice D). Una lista completa de referencias también se incluye en el informe complementario.

Parte (II) PLAN BASICO

CAPITULO 2

CONDICIONES EXISTENTES

2.1- Condiciones Naturales:

2.1.1 Topografía y Geología

(1) Topografía

La ciudad de La Paz esta localizada en valles profundamente incididos cerca de las estribaciones del Altiplano. El río Choqueyapu nace en la Cordillera Central y fluye corriente abajo a través de la ciudad. La cuenca del río Choqueyapu es una depresión natural formada por erosiones pasadas, constituyendo valles relativamente jóvenes. La diferencia altitudinal entre el límite norte (Mt. Charquini) y el límite sur (distrito de Lipari) es de 2372 metros, y el largo de este tramo del río es de aproximadamente 44 km. En el límite norte de la cuenca, se encuentran las altas montañas pertenecientes a la Cordillera Central. En el límite sur se localizan las montañas y los poblados. El área urbana de la ciudad de La Paz se extiende a lo largo del canal principal del río Choqueyapu y de sus tributarios principales (Orkojahuirá, Irpavi, Achumani), y se localiza entre los 3200 y los 3900 metros sobre el nivel del mar. El límite oeste lo constituye el borde del Altiplano, el cual corresponde aproximadamente al límite administrativo del Municipio de La Paz. El límite este corresponde a las Montañas Murillo. El área total de la cuenca hidrográfica es de 535 km cuadrados.

(2) Geología

El 30% de la cuenca del río Choqueyapu se encuentra constituida por una secuencia Paleozoica y Silúrica. Las rocas Paleozoicas están compuestas de areniscas intercaladas con micas, quartzitas y con esquistos de origen marino. El 70% restante esta conformado por arcillas, limos y gravas ligeramente consolidadas de la Formación de La Paz, está constituida además por una gran cantidad de depósitos fluvio-glaciales distribuidos en morenas formando la superficie de escurrimiento del río, la terraza de Miraflores y la parte central de la ciudad.

2.1.2 Climatología

El clima de Bolivia depende de tres sistemas de vientos y de la cordillera de Los Andes. El primer sistema de vientos es un Alisio del noreste el cual sopla desde el Océano Atlántico conllevando masas de aire húmedas y cálidas. El segundo sistema es un Alisio que sopla desde las pampas Argentinas transportando aire frío y seco. El tercer sistema lo constituye un viento del suroeste originado en el Océano Pacífico llevando aire seco y frío. En el Altiplano se producen breves lluvias en épocas frías y secas.

La ciudad de La Paz se localiza en los valles cercanos a las estribaciones del Altiplano, por lo cual el tercer sistema de vientos es más dominante, conformando un clima frío y seco. Se presentan sólo 2 estaciones climáticas anuales definidas de acuerdo a las aguas lluvias, ya que la temperatura no presenta variaciones mensuales sustanciales a diferencia de las precipitaciones. La estación lluviosa se prolonga desde Diciembre a Marzo, y la seca desde Abril a Noviembre. El primer sistema de vientos puede llegar a influir el clima en la época lluviosa, al igual que el sistema a meso escala originado en los alrededores del lago Titicaca.

Las precipitaciones anuales son alrededor de 510 mm, la temperatura promedio anual es de 11 °C, y la presión atmosférica es de aproximadamente 660 mb en La Paz central.

2.1.3 Hidrología

En la cuenca del río Choqueyapu se observan algunas estaciones limnimétricas. La observación y manejo de estas dependen del SENAMHI, de la HAM y de otras instituciones. La localización de estas se muestra en la Fig. 2.1.1.

Los caudales observados durante 10 años fueron obtenidos de 3 estaciones, y los caudales medios diarios para cada mes pueden ser observados en la Tabla 2.1.1. El promedio mensual más alto fue observado en el mes de Enero: Achachicala (1.8 m³/sec), Holguin (2.0 m³/sec), Obrajes (13.8 m³/sec). El promedio mensual más bajo corresponde a los meses de Julio, Agosto y Septiembre: Achachicala (0.4 m³/sec), Olguin (0.3 m³/sec) y Obrajes (2.3 m³/sec).

Los escurrimientos sub-superficiales contribuyen al balance hídrico del sistema ribereño. De acuerdo a los antecedentes existentes a ello hay que sumarle la influencia de las aguas subterráneas que fluyen desde El Alto. En la época seca el caudal de los escurrimientos subterráneos es de 0.5 l/sec como mucho.

Tabla 2.1.1 Caudales Promedios Mensuales

Estación	Valor	Mes												Year
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. ACHACHICALA (1980.2 --> 1992.3)	Ave.	1.81	1.67	1.92	1.14	0.57	0.42	0.41	0.41	0.47	0.67	0.90	1.14	0.98
	Max.	3.06	2.56	4.24	2.31	1.05	0.73	0.77	0.68	0.74	1.06	1.76	3.12	1.52
	Min.	0.82	0.80	0.73	0.48	0.21	0.09	0.12	0.15	0.22	0.31	0.43	0.52	0.47
2. HOLGUIN (1981.10 --> 1991.8)	Ave.	2.02	1.72	0.99	1.00	0.76	0.51	0.40	0.33	0.33	0.53	0.50	0.93	0.79
	Max.	3.09	3.84	2.26	3.07	1.77	1.52	0.61	0.51	0.49	0.88	0.68	1.93	1.05
	Min.	0.44	0.49	0.57	0.36	0.31	0.12	0.23	0.20	0.18	0.23	0.18	0.27	0.41
3. OBRAJES (1981.2 --> 1991.8)	Ave.	13.78	11.97	8.35	4.22	3.57	3.32	2.27	2.28	2.36	3.23	3.48	7.49	6.36
	Max.	22.70	32.20	17.70	6.85	9.99	9.52	3.36	4.06	3.53	4.46	7.36	16.50	8.31
	Min.	5.08	4.24	4.80	2.50	1.52	1.42	1.34	1.24	1.04	1.70	1.66	2.45	4.14

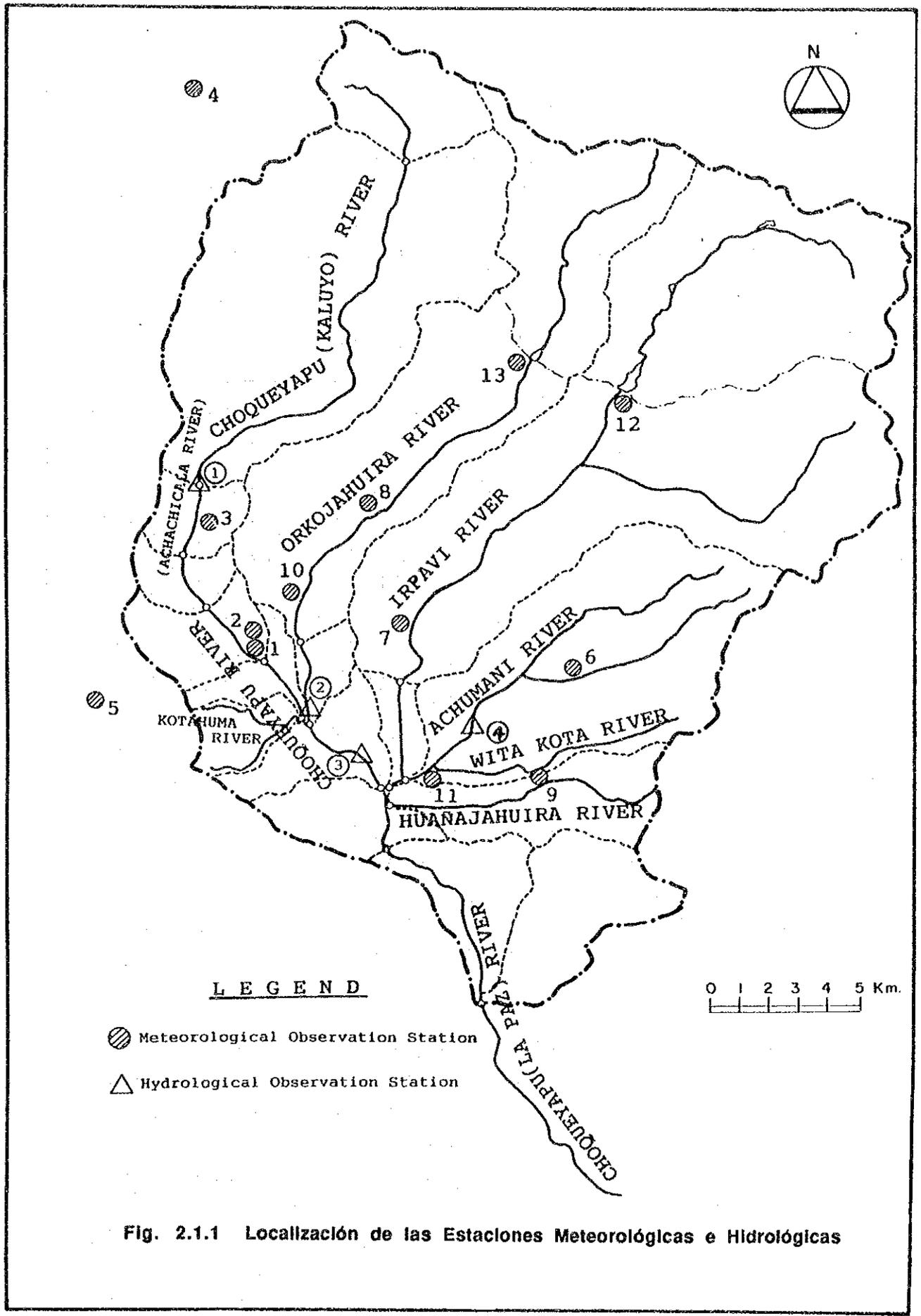


Fig. 2.1.1 Localización de las Estaciones Meteorológicas e Hidrológicas

2.2-. Condiciones Socio- económicas:

2.2.1 Población

En Bolivia se han realizado 3 censos nacionales, en 1950, 1976 y 1992. El último se llevó a cabo en Junio de 1992 y los resultados definitivos aún no están disponibles. Para el período 1976-1992, el INE realizó en 1988 un estudio de chequeo de población. La Tabla 2.2.1 muestra el cambio histórico de población total y metropolitana de Bolivia. Los datos fueron extraídos de las fuentes antes mencionadas.

Tabla 2.2.1 Cambio Histórico de la Población Total y del Area Metropolitana.

	Población (personas)				Promedio Anual del Grado de Crecimiento(%)	
	1950	1976	1988	1992	1976-1988	1976-1992
(1) Total Nacional	3,023,031	4,613,486	6,405,100	-	2.89	-
(2) Area Metropolitana	321,073	635,283	976,793	1,103,714	3.65	3.51
(3) Ciudad de La Paz	-	538,598	669,399	710,940	1.83	1.75
(4) Ciudad de EL Alto	-	96,685	307,394	392,774	10.12	9.16
(2)/(1) (%)	10.62	13.77	15.25	-		
(3)/(2) (%)	-	84.78	68.53	64.41		
(4)/(2) (%)	-	15.22	31.47	35.59		

La tasa anual de crecimiento de la ciudad de La Paz es de alrededor de un 1.8%, mientras que la tasa del área Metropolitana, incluyendo la ciudad de El Alto es de aproximadamente 3.5%. Ello indica que la ciudad de La Paz está alcanzando su límite máximo de desarrollo potencial, porque no dispone de superficie suficiente para realizar nuevos proyectos de desarrollo residencial. En cambio en El Alto aún es posible desarrollar proyectos residenciales a gran escala y a bajo costo.

Se obtuvo la información sobre distribución de población de la ciudad de La Paz para 1992, de las Unidades de Saneamiento de la Ciudad. En este estudio la ciudad está dividida en 6 distritos, los cuales a su vez se sub-dividen en sub-distritos. En la Fig. 2.2.1 están indicadas, la localización y la población de cada distrito. De acuerdo a esta información la población de La Paz estaría alrededor de los 720.000, cifra cercana al resultado tentativo publicado en los periódicos de 1992.

La información antes mencionada está contenida en un 100% en el área de Estudio. Sin embargo, no cubre las áreas altas de la ciudad, cuyas poblaciones se estimaron a través de encuestas. Esta información puede ser resumida como sigue:

Ciudad de La Paz	Zona Central	616.025
	Zona Sur	103.931
	Total	719.956
Áreas altas(cabeceras)		1.550
Área Total de Estudio		721.506

2.2.2 Uso del Suelo

Gran parte del área urbanizada de la ciudad tiene un uso residencial, particularmente la Zona Sur.

El área comercial se localiza en el centro mismo de la Zona Central que se encuentra a su vez rodeado por una zona de uso mixto (comercial-residencial), la cual se extiende ladera arriba hacia la ciudad de El Alto.

La zona industrial densa se ubica aguas arriba de la zona comercial a lo largo del río Choqueyapu. Existe otra área industrial en el banco derecho del río Orkojahuirá en la parte norte de la Zona Central.

La vegetación es escasa en el área de Estudio, pero existen importantes zonas reforestadas a lo largo del límite entre El Alto y la Zona Central y en las afueras de la Zona Sur en ambas riveras del río Choqueyapu.

La zona agrícola se localiza aguas abajo de la zona urbanizada a lo largo del río Choqueyapu y del Irpavi. Abajo del Lipari se encuentran algunos predios, en forma salpicada a lo largo del tramo inferior del río Choqueyapu.

2.2.3 Perfil Económico de La Paz

(1) PDB y PRDB

El Producto Doméstico Bruto (PDB) de Bolivia ha tenido un crecimiento negativo entre 1981 y 1986. Para el período 1982-1985, Bolivia experimentó serios problemas de hiper inflación, y en Agosto de 1985 el gobierno boliviano tuvo que enfrentar su peor momento. El nuevo gobierno con una actitud decidida promulgó una nueva política económica. La nueva política tuvo éxito

en restaurar la estabilidad macroeconómica. Sin embargo, la recuperación de la economía ha sido lenta. El PDB creció sólo 2.6% en seis largos años. Posteriormente se produjo el repunte, 3.0% en 1988, 2.8% en 1989, 2.6% en 1990 y 4.1% en 1991.

De acuerdo al crecimiento estable del PDB, el PDB per cápita no ha experimentado cambios sustanciales luego de la recesión. El PDB per cápita en 1986 fue de US\$ 765. Sin embargo, ya en 1991 se pudo observar un repunte considerable, el PDB per cápita aumentó 8.8% más en relación al valor de 1986, alcanzando la cifra de US\$ 832.

Los datos del Producto Regional Doméstico Bruto (PRDB) del departamento de La Paz se encuentran disponibles, pero los datos del PRDB posteriores al período de recesión no están al alcance. El PRDB decreció proporcionalmente al PDB nacional en el período de la recesión.

El PRDB representó menos del 30% del PDB total nacional. La población del departamento de La Paz continuamente ha representado más del 30% de la del país. Por lo tanto, el PRDB per cápita fue menor que la del promedio nacional.

(2) Agricultura y ganadería

El sector agrícola absorbe más de la mitad de la fuerza laboral del país, constituyéndose en uno de lo más importantes sectores. Empero, esta actividad representa sólo el 20% del PDB. Ello se debe, talvez, a la rudimentariedad del sistema que aún se aplica en la agricultura, especialmente en el Altiplano siendo principalmente de subsistencia.

El departamento de La Paz se localiza en tierras altas, por ende no siempre es apta para el desarrollo de esta actividad. A pesar de ello en el departamento se producen una amplia variedad de cultivos, tales como el cacao, café, té y cultivos de fácil venta. En cuanto a los cultivos básicos, componentes de la dieta alimenticia boliviana, como son la papa y el maíz no se producen suficientemente para cubrir la demanda interna. Obviamente la productividad es baja debido principalmente a la obsolescencia del sistema. Alrededor del área de Estudio algunas veces se utilizan fertilizantes para los cultivos de papas, no así para los cultivos de granos. De acuerdo a lo inspeccionado por el grupo de expertos de JICA, la cuenca no dispone de grandes extensiones de tierra para propósitos agrícolas.

En reemplazo de la producción de granos, la ganadería parece constituir una industria importante para el departamento de La Paz. La producción de alpaca y llamas representa el 59% y 34% de la producción nacional. En el área de Estudio estas se realizan a pequeña escala y se encuentran dispersos muchos de estos mini ranchos.

(3) Minería e industria

La extracción de minerales, gas natural, y petróleo conforman una buena fuente de ingresos para el país, de hecho en Bolivia estas actividades en conjunto representan el 15% del PDB (1991), y se espera que este valor crezca en el futuro próximo. Sin embargo, en el área de estudio estas actividades tienen poca representatividad. Sólo se observan pequeñas minas, las cuales parecen causar problemas de contaminación acuática, a pesar de su poca producción.

Aunque tanto el sector industrial como el sector minero son importantes para la economía boliviana, esta ha concentrado sus fuerzas en el procesamiento de alimentos y bebidas. Por lo tanto, gran parte de los bienes de capital, materias primas, y bienes intermedios provienen del exterior como importaciones. Los 5 productos más producidos en Bolivia son, en orden de relevancia: a) harina y pan; b) carnes; c) subproductos del petróleo; d) azúcar y confites; y e) bebidas. Los 5 productos más producidos en el departamento de La Paz son a) harina y pan; b) bebidas; c) carnes; d) azúcar y confites ; e) tejidos, y confecciones.

(4) Turismo

Bolivia en 1989 obtuvo US\$ 74.4 millones en moneda extranjera a través del turismo. Este valor corresponde al 10% de lo ganado por intermedio de exportaciones (US\$ 724 millones FOB). Ello implica que la actividad turística tiene importancia dentro de la economía boliviana.

De los arriboes totales nacionales, 116.1 miles o el 55% arribaron a La Paz. Por ende la ciudad de La Paz posee una posición privilegiada dentro del país, para el desarrollo de la industria turística. La gran mayoría de los turistas gasta gran parte del dinero en la ciudad, por lo cual desde el punto de vista económico la ciudad de La Paz debería reforzar esta actividad mejorando la infraestructura turística.

2.2.4 Ingreso y Gasto de la Población.

La información referente al ingreso y gasto de la población es esencial cuando se desea realizar proyectos sanitarios o de suministro de agua. Al igual que en otros países subdesarrollados los datos de ingreso y su distribución no están disponibles. Por tanto se obtuvo la información a través de las encuestas conducidas por el INE en 1990. En éstas se dividió o mas bien se categorizó la muestra en 4 grupos o clases de ingreso. El promedio para cada cuartil fue Bs 225, Bs.407, Bs 609 y Bs 1890 por mes. En cuanto al gasto medio familiar fue de Bs 359, Bs 599, Bs 935 y Bs 1816, el único grupo de ingresos que puede afrontar los gastos es el último.

Los gastos relacionados con los items de agua, gas y electricidad fueron 3.1%, 2.6%, 1.9%, y 2.2% para cada trimestre respectivamente. En términos monetarios ello se traduce en Bs 10.9, Bs 15.6, Bs 18.1, y Bs 39.8 por mes. Asumiendo que los gastos de agua corresponden al 3% de

los gastos mencionados anteriormente, estos se pueden estimar monetariamente en Bs 3.6, Bs 5.2, Bs 6.0, y Bs13.3 por mes.

2.2.5 Estado Financiero:

Las entidades relacionadas con el manejo del agua se categorizaron en 4 grupos:

Gobierno Central

Empresas Estatales

Gobierno Departamental

Gobierno Municipal

El presupuesto total de estas entidades fue de Bs 4.75 billones en 1986, Bs 4.64 billones en 1987 y Bs 6.46 billones en 1988 a precio actual. Por otra parte, el PDB para el mismo período fue de Bs 8.92, Bs 10.18 y Bs 12.3 billones respectivamente. Por ende, el presupuesto de estas entidades proviene principalmente del PDB, 51% en 1986, 46% en 1987, y 52% en 1988.

Luego de la recesión, el objetivo de la nueva política económica se enfocó en la recuperación gradual de estabilidad de las cuentas públicas. Además desde que se reinició la ayuda financiera extranjera las finanzas públicas se han incrementado año a año, esperándose que la inversión en infraestructura crezca también en los próximos años.

El gobierno municipal es el responsable de la organización referente al control de contaminantes del río Choqueyapu. El gobierno edilicio de la ciudad de La Paz destinó su presupuesto en infraestructura como se señala a continuación: Bs 2.72 billones en 1986, Bs 11.87 millones en 1987, Bs 54.1 millones en 1988, y Bs 11.04 millones en 1989. A la Dirección de Control y Manejo de Cuencas y Medio Ambiente (DICOMAC), a cargo del manejo del río Choqueyapu, se destinó las sumas de Bs 2.99 millones en 1991 y Bs 42.08 millones en 1992.

El Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de La Paz (SAMAPA) es el encargado de operar y mantener las facilidades de suministro de agua y alcantarillado en la ciudad de La Paz y en El Alto. Durante los últimos 5 años el manejo financiero de SAMAPA fue muy prudente, considerando siempre el balance ganancia-pérdida (P/L). Gracias a esta buena administración los ingresos actualmente, cubren completamente los gastos de hasta 3 años. El ingreso principal lo constituye el suministro de agua potable y el servicio de alcantarillado, el cual es como sigue; Para el año 1990: Bs 25.41 millones equivalentes a el 73% de la ganancias totales provenientes del suministro de agua potable, y Bs 6.99 millones iguales a el 20% de las ganancias totales correspondientes al servicio de alcantarillado. Para 1991: Bs 31.48 millones correspondientes a un 73 % y Bs 8.98 equivalentes a un 21% respectivamente. Para los mismos años se fijaron los montos de capital activo en cartera siendo estos evaluados en Bs 324 millones (1990) y Bs 377 millones (1991).

2.2.6 Conciencia Pública con Respecto a la Contaminación Acuática de los Ríos.

Se llevó a cabo una encuesta por HAM-LP durante el primer período del Estudio en la zona de Estudio, para determinar el grado de conciencia de la población sobre problemas de contaminación acuática tales como color / olor de las aguas, contagio de enfermedades, expectativas sobre mejoramiento de la calidad de las aguas y de los servicios de agua potable en las zonas del centro y sur.

(1) Conciencia y utilización de las aguas

955 encuestados o sea el 98% del total de residentes encuestados respondieron que la purificación de las aguas alrededor de sus hogares es un tópico importante. Al observar estos porcentajes se puede deducir que, los ríos se encuentran contaminados y que otorgan una mala impresión a los ciudadanos. El 62% de la muestra respondió que los ríos en la actualidad están siendo utilizados como colectores de aguas negras. El 15 % respondió que éstos a su vez sirven de botaderos de desechos sólidos.

Sin embargo, el 25% de los encuestados piensa que no existen serios problemas ribereños. En cambio otro grupo importante está conciente de estos problemas. A continuación se señalan los datos desglosados: 59% de los encuestados se refirió a el mal olor emanado desde el río, un 42% respecto de elementos que son desagradables a la vista y por último un 25% referente al desarrollo y reproducción de mosquitos y gérmenes.

(2) Enfermedades contraídas

De acuerdo a la encuesta, dentro de las enfermedades, la diarrea es la enfermedad con mayor ocurrencia, le siguen en orden de importancia, las sepsis a la piel y úlceras, tífus, disentería y hepatitis infecciosa. 174 personas gastaron un total de Bs 17.249 durante los últimos 5 años en cuidados médicos, o sea que como promedio cada paciente gastó alrededor de Bs 99.

(3) Calidad de las aguas del río

Más del 60% de los encuestados respondió que el mejoramiento de la calidad acuática era necesaria. El 17% de ellos se refirió a la deodorización del curso de agua y el 14% se manifestó respecto de la eliminación de elementos contaminantes que visualmente pueden ser percibidos.

Para el mejoramiento de la calidad acuática, un 58% respondió que era necesario tomar medidas para detener el lanzamiento de desechos sólidos al río. Un 24% estuvo de acuerdo con el establecimiento de una planta de tratamiento de aguas residuales, a pesar de estar concientes de que serán ellos mismos quienes enfrenten los costos de esta. Por otra parte un 13% aprobó la idea de regular y controlar los residuos líquidos industriales, aunque los precios de los productos industriales se incrementen.

(4) Ingresos familiares y lo que se está dispuesto a pagar para la purificación de los ríos.

El tamaño de las familias censadas fue de 5.6 personas como promedio, de estas 1.7 constituyen la fuerza activa aportando Bs 763 como promedio mensual. Asimismo, cada familia como media estuvo dispuesta a pagar Bs 2.8 por mes, vale decir, un 0.37% de sus ingresos totales.

2.3-. Estructura Institucional para el Control de Aguas Contaminadas:

2.3.1 Estructura Legal

(1) Ley General de Medio Ambiente

El 27 de Abril de 1992, el Congreso Nacional aprobó el proyecto de ley denominado Ley General de Medio Ambiente N° 1333. Es la primera ley en Bolivia, que define claramente los objetivos y establece las políticas concernientes a la conservación y protección del medio ambiente y de sus recursos naturales, sin perjudicar el desarrollo del país. Gracias a esta ley se pueden formar aquellas instituciones necesarias para el buen funcionamiento de esta, es el caso de la Secretaría Nacional del Medio Ambiente (SENMA).

Se espera, que con la promulgación de esta ley, los efectos de la contaminación acuática se aminoren, gracias a la provisión de leyes específicas, regulaciones y fijación de medidas estandarizadas, supervisadas por un cuerpo de autoridades locales, basadas en los requerimientos de la ley N° 1333.

(2) Organización del sector básico de saneamiento

El primero de Noviembre de 1991, el Gobierno de Bolivia promulgó el Decreto Supremo No.22965 referente a la reorganización del sector sanitario básico de Bolivia.

El decreto designó la función nacional de reorganizar la planificación administrativa del sector, al Ministerio de Asuntos Urbanos (MAU). Las funciones del MAU y de las autoridades locales se presentan en la sección 2.3.3.

2.3.2 Estándares de Calidad de Agua

El Artículo 80 de la ley N° 1333 y el Decreto Supremo No.22965, autorizan al MAU para establecer y hacer valer, por medios legales, los estándares para los cuerpos de agua y aguas residuales.

En el período entre los años 1983 y 1984 se preparó un borrador con estos estándares. Borrador en el cual participaron una serie de organismos tales como, el Ministerio de Asuntos Urbanos, entonces denominado de Urbanización y Vivienda (MAV); Ministerio de Industria y Comercio; Ministerio de Seguridad Social y Salud Pública; Ministerio de Minería y Metalurgia; Ministerio

de Asuntos Campesinos y Ganaderos, La Universidad de San Andrés; SAMAPA y los grupos de industrias relevantes. El contenido fue publicado por resolución ministerial 010/85 por el MAV. Sin embargo, en esos momentos el MAV no poseía la autoridad suficiente como para implementar y establecer una regulación de esta envergadura.

Otorgada la autoridad al MAU, la regulación titulada "Regulación sobre Descargas Industriales en los Cuerpos de Agua" fue hecha realidad.

La regulación especifica los límites permisibles (superiores e inferiores) descargables en los cuerpos de agua y define el límite también para los residuos industriales. Esto se expone en las Tablas 2.3.1 y las Tablas 2.3.2.

En la Tabla 2.3.1, los cuerpos de agua ambientales fueron divididos en 5 clases, de acuerdo al uso del agua, las clases son:

- Clase Especial: Aguas destinadas al abastecimiento público sin previo tratamiento o simple desinfección.
- Clase A: Aguas destinadas al abastecimiento público (después de sedimentación, filtración y desinfección) al regadío de vegetales (de consumo en crudo) y a la natación.
- Clase B: Aguas destinadas al abastecimiento público (después de tratamiento convencional; coagulación, floculación, sedimentación, filtración, y desinfección), a la preservación de la flora, fauna, y bebedero de animales.
- Clase C: Aguas destinadas al abastecimiento público (después de tratamiento especial) regadío, armonía paisajística, navegación y producción de energía.
- Clase D: Aguas destinadas al transporte y alejamiento de residuos.

Los valores máximos permisibles de calidad de las aguas efluentes residuales que se observan en la Tabla 2.3.2 no sólo se aplican a aguas residuales industriales, sino también a cualquier tipo de agua residual que produzca polución.

La regulación estipula en detalles, las condiciones de descarga de aguas residuales, los procedimientos de registro de descarga, la forma de reportar la calidad de los efluentes, la cualificación del análisis de aguas residuales, penalidades, y otros elementos.

Tabla 2.3.1 Estándares de Calidad de Agua para Cuerpos de Agua Ecológicos

PARAMETRO	CLASE ESPECIAL	CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE D
Parametros Físico Biológicos					
DBO mg/l	<2	<5	<10	<50	<300
OD	80%OD sat	70%OD sat	60%OD sat	50% OD sat	2mg/l
Solidos flotantes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ninguno que pueda ser retenido por malla de un 1mm de claro libre	Ninguno que pueda ser retenido por malla de un 1mm de claro libre
Solidos en susp mg/l	500	1000	1500	2000	5000
Grasas y aceites	Ausentes	0.8 mg/l	1 mg/l	10 mg/l	20 mg/l
NMP/100ml	<50	<1000	<2000	<5000	<100.000
	80% muestras	80% muestras	80% muestras		
Ph	6.5 a 9.0	6.0 a 9.5	5.5 a 9.5	5.0 a 10.0	4.5 a 10.0
Color	<20	<50	<100	<200	<1000
Parametros Químicos					
Arsenico	0.05	0.05	0.05	0.10	1.00
Bario	1.00	1.00	2.00	5.00	10.00
Boro	0.10	0.10	0.50	2.00	5.00
Cadmio	0.01	0.05	0.20	0.50	1.00
Cobre	1.00	1.50	2.00	3.00	5.00
Cromo hexavalente	0.05	0.05	0.10	1.00	5.00
Mercurio	0.00	0.01	0.01	0.02	0.05
Plomo	0.05	0.10	0.10	0.20	2.00
Selenio	0.01	0.01	0.05	0.10	0.50
Cianuro	0.05	0.05	0.10	0.20	1.00
Fenoles	0.00	0.00	0.01	0.01	0.10
Detergentes (APS y LAS)	0.15	0.50	1.00	2.00	5.00
Nitrogeno tot. NO3	45.00	50.00	60.00	80.00	100.00
Zinc	5.00	10.00	15.00	20.00	50.00
Manganeso	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00
Hierro	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00
Magnesio	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00
Calcio	200.00	300.00	400.00	500.00	700.00
Flúor	0.6-0.7	0.6-0.7	2.00	3.00	5.00
Cloruros	500.00	500.00	700.00	1000.00	5000.00
Sulfatos	400.00	400.00	600.00	1000.00	8000.00
Pianguicidas					
Aldrin	0.02	0.02			
Clordano	0.00	0.00			
D.D.T	0.04	0.04			
Dieldrin	0.02	0.02			
Endrin	0.00	0.00			
Heptaclo	0.02	0.02			
Epóxico de Heptaclo	0.02	0.02			
Lindano	0.06	0.06			
Metoxiclo	0.04	0.04			
Fosfato orgánico con Carbonatos	0.10	0.10			
Foxafeno	0.01	0.01			
Herbicidas Totales	0.10	0.10			

Tabla 2.3.2 Valores Máximos Permitidos para descarga de Aguas Residuales Industriales en Cuerpos de Agua

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO
Temperatura	°C	40.00
pH	-	4.50 a 100
Sulfatos (SO ₄)	mg/l	8000.00
Sólidos sedimentables	mg/l	1.00
Demanda bioquímica de Oxígeno	mg/l	300.00
Demanda química de Oxígeno	mg/l	500.00
Sólidos flotantes	mg/l	Ninguno que pueda ser retenido por malla de 3mm de claro libre cuadrado
Grasas y aceites	mg/l	20.00
N.M.P	No/100ml	100000.00
Color	uc	1000.00
Arsénico	mg/l	1.00
Bario	mg/l	10.00
Boro	mg/l	5.00
Cadmio	mg/l	1.00
Cobre	mg/l	5.00
Cromo hexavalente	mg/l	5.00
Mercurio	mg/l	0.05
Plomo	mg/l	2.00
Selenio	mg/l	0.50
Cianuro	mg/l	1.00
Fenoles	mg/l	0.10
Detergentes (ABS y LAS)	mg/l	5.00
Nitrógeno total NO ₃	mg/l	100.00
Zinc	mg/l	50.00
Hierro	mg/l	10.00
Magnesio	mg/l	500.00
Manganeso	mg/l	10.00
Calcio	mg/l	700.00
Cloruros	mg/l	5000.00

2.3.3 Organizaciones destinadas al Control de Contaminantes del Río Choqueyapu

El Gobierno de Bolivia, por decreto número 22965, promulgado el primero de Noviembre de 1991 clasificó los sectores sanitarios básicos como se expone a continuación:

- (1) Ministerio de Asuntos Urbanos (MAU)
- (2) Corporaciones de Desarrollo Regional
- (3) Municipalidades
- (4) Entidades Administrativas
- (5) Entidades Financieras
- (6) Cuerpos Consultores

Junto con estas entidades locales, 7) las organizaciones extranjeras cooperan en la sanitización actuando como agentes financieros.

(1) Ministerio de Asuntos Urbanos (MAU)

El MAU es una autoridad nacional a cargo de los servicios básicos de agua y de saneamiento. En efecto este Ministerio se encarga de mejorar, preservar la salud pública y asegurar una alta calidad de vida a la población boliviana, a través del suministro de los servicios de agua potable y alcantarillado, eliminación de excretas , y del control de los residuos sólidos y polutantes ambientales.

Bajo el MAU se creó la Dirección Nacional de Saneamiento Básico (DINASBA) organización destinada a la elaboración de proyectos y planes de saneamiento integral a nivel nacional. Al igual que otras organizaciones, ésta entidad desarrolla diversos tipos de programas, en coordinación con los Ministerios correspondientes, tales como el Ministerio de Planeamiento y coordinación (MPC) o el Ministerio de Previsión Social y Salud Pública.(MPSSP).

(2) Corporaciones de Desarrollo Regional

En el país funcionan 9 Corporaciones de Desarrollo Regional. Estas corporaciones están encargadas de velar por el buen funcionamiento de las oficinas administrativas de cada departamento. La Corporación Regional de Desarrollo de La Paz (CORDEPAZ), perteneciente a este grupo de corporaciones está a cargo del desarrollo regional del Departamento de La Paz. Su objetivo principal, es asegurar la ejecución eficiente de los proyectos relacionados con el desarrollo de la región y coordinar los planes de saneamiento urbano y rural con el gobierno provincial concerniente.

(3) Municipalidades

La Honorable Alcaldía de La Paz (HAM-LP) es un ente local autónomo. Sus funciones son, coordinar los planes de desarrollo urbano con los programas locales de saneamiento y otorgar ayuda financiera a aquellas localidades que lo requieran. El HAM-LP en sí, está obligado a mantener el río Choqueyapu limpio y a prevenir su proceso de contaminación.

La Dirección de Control y Manejo de Cuencas y Medio Ambiente (DICOMAC), organismo bajo la supervisión del HAM-LP, es la responsable directa de las funciones antes citadas.

(4) Entidades Administrativas

Las entidades administrativas pueden ser categorizadas de la siguiente manera: en cuerpos administrativos, cooperativas, entidades privadas, asociaciones y en Organizaciones No Gubernamentales (NGO). Estas organizaciones son autónomas en lo financiero y administrativo., también, son responsables de suministrar los servicios sanitarios básicos a cada una de las áreas asignadas.

El Servicio Autónomo de Agua Potable y Alcantarillado (SAMAPA) es una empresa que posee el monopolio de los servicios de alcantarillado y de agua potable, cubriendo las ciudades de La Paz y El Alto. Es por ello que los servicios en el área de estudio son implementados, operados y mantenidos por el SAMAPA.

En adición al SAMAPA, las cooperativas, grupos religiosos y vecinales están ayudando en la implementación de estos servicios, porque el SAMAPA es aún una entidad nueva y con recursos escasos lo que le impide enfrentar la situación en forma independiente. Sin embargo, estos deben cumplir y respetar los estándares técnicos del SAMAPA con el objetivo de regularizar o estandarizar los trabajos de mantenimiento y operación.

El SAMAPA es la entidad que más ha invertido en proyectos de provisión de agua potable y alcantarillado.

Año	Inversiones Totales (1000US\$)	Sistema de Alcantarillado (1000US\$)
1987	1,611	55 (3.4%)
1988	9,261	1,675 (18%)
1989	22,217	3,234 (15%)
1990	18,375	1,838 (10%)
1991	5,552	574 (10%)

(5) Entidades Financieras

El Fondo Nacional para el Desarrollo Regional (FNDR) es una agencia oficial dedicada a otorgar apoyo financiero a los proyectos de desarrollo regional a través de empréstitos. Está destinada a cubrir proyectos de salud pública en áreas urbanas, de más de 2000 habitantes.

El Fondo de Inversión Social (FIS) es un agente financiero del Gobierno Central, encargado de financiar proyectos de saneamiento a través de subsidios a aquellos asentamientos urbanos o rurales de escasos recursos, con una población menor a 2000 habitantes.

(6) Cuerpos Consultores

La Asociación Nacional de Empresas e Instituciones de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado (ANESAPA) fue creada para intercambiar información técnica y de manejo del sistema de alcantarillado y agua potable. Además tiene la responsabilidad de fijar el sistema tarifario unificado y establecer las normas estándares. Actualmente, 9 corporaciones públicas incluyendo SAMAPA están afiliadas a este organismo.

(7) Organizaciones Extranjeras

Las siguientes organizaciones han contribuido en proyectos relacionados con el suministro de agua potable y alcantarillado en La Paz, estas son: Banco Mundial, Banco de Desarrollo

Interamericano (BID), Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ y KFW), Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), USAID de los EEUU, y CARE (Organización No Gubernamental de los EEUU.) Más allá de proyectos de saneamiento El Banco mundial, el BID y el Gobierno Alemán han otorgado créditos durante el período 1987-1991.

2.4- Calidad y Uso del Agua:

2.4.1 Condiciones de Calidad de Agua

(1) Generalidades

La investigación sobre calidad de aguas se llevó a cabo con el propósito de comprender las actuales condiciones acuáticas presentes en el área de Estudio. La Fig. 2.4.1 muestra la localización de los puntos de los ríos investigados.

Se ha confirmado que la calidad de aguas de estos ríos es similar a la de los afluentes a las plantas de tratamiento de aguas residuales, mas que a las aguas de otros ríos. Los valores observados de DBO en los ríos de la zona urbanizada, presentaron rangos entre 100 a 300 mg/l, como se puede observar en la Tabla 2.4.1

(2) Río Choqueyapu

Como lo ilustra la Fig. 2.4.2, la concentración de BOD se incrementa en el punto de entrada a la zona urbana (No. R3) particularmente cuando el agua es llevada a la planta de Achachicala. Aún en períodos normales el valor del BOD fluctúa entre los 100 mg/l y los 180 mg/l aguas arriba de la confluencia con el río Irpavi (No. R9). Pero, debido a que el río Choqueyapu en la zona Central de la ciudad se encuentra en gran parte cubierto y que las partes aún descubiertas son muy profundas, la población no alcanza a denotar la gravedad del problema acuático. A ello se debe que la deterioración estética sea menos notoria de lo esperado. Además producto de la alta velocidad de escurrimiento el río sufre vigorosas aereaciones reduciendo la generación de condiciones sépticas. A pesar de lo anterior quienes se ven directamente perjudicados son aquellos que viven aguas abajo, siendo víctimas del hedor emanado del Choqueyapu. Por otra parte, este deterioro esta ocasionando serios daños a la agricultura de riego. Actualmente todavía se siguen utilizando las aguas del río Choqueyapu para regar los predios localizados aguas abajo del puente Lipari. Concientes de que las aguas de irrigación presentan un alto grado de contaminación, la población ha disminuido el consumo de vegetales perjudicando directamente a los agricultores de la zona. En estos momentos para paliar la situación los productores están cambiando sus cultivos de hortalizas por granos, sin embargo, la única solución real la constituye el mejoramiento substancial de la calidad de las aguas.

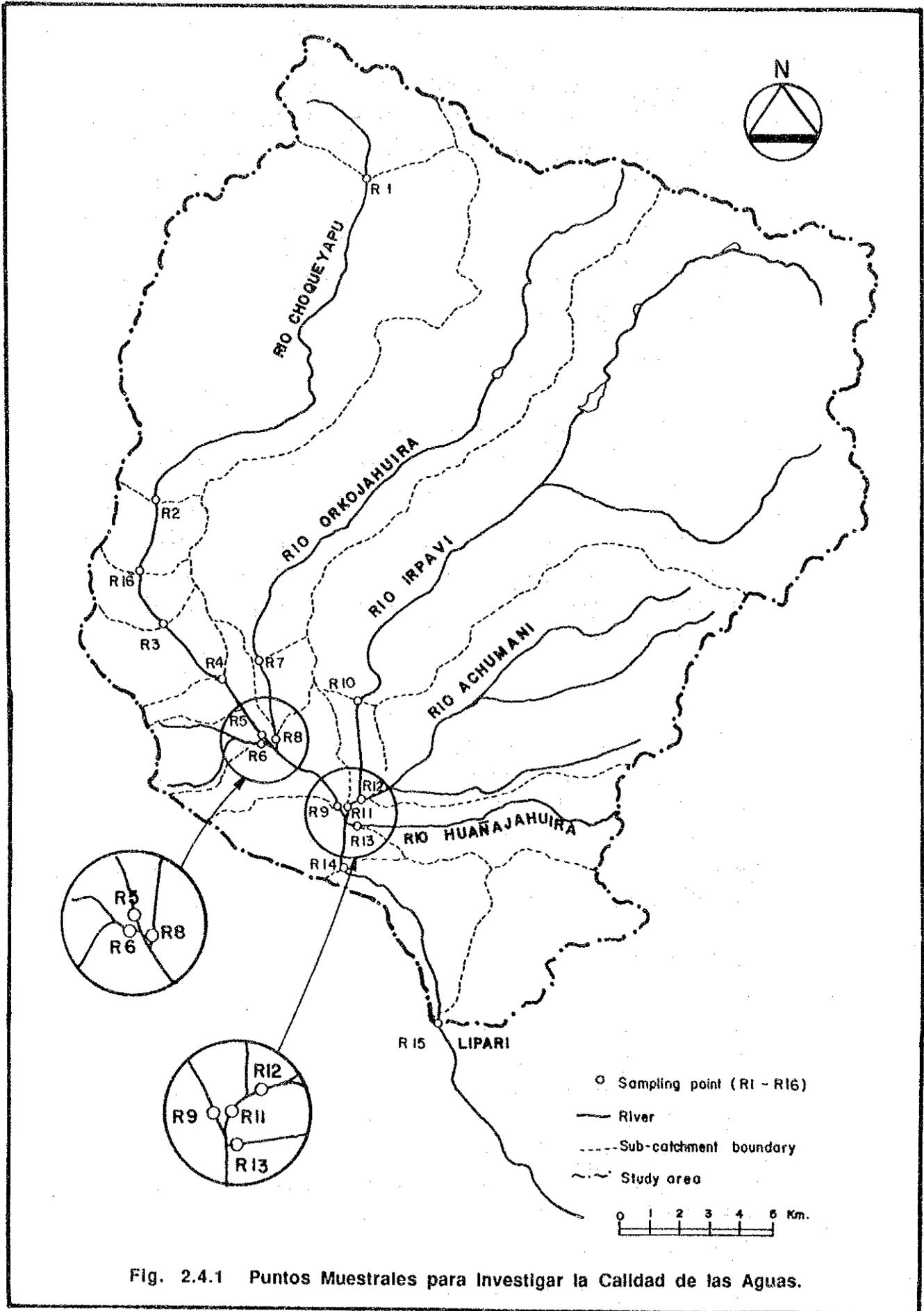
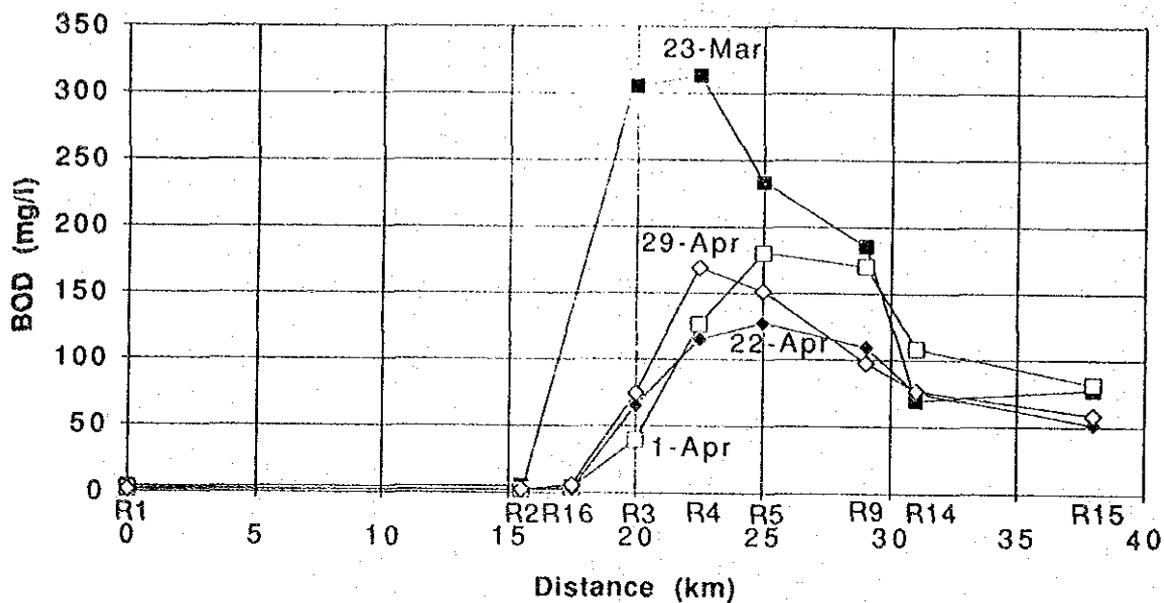


Fig. 2.4.1 Puntos Muestrales para Investigar la Calidad de las Aguas.

TABLE 2.4.1 Results of Water Quality Analysis for the Choqueyapu river and its Main Tributaries

Items	Choqueyapu River															Tributaries (Downstream)				
	R1 Alto Acha Chicala	R2 Acharititas Plant	R3 Challapampa	R4 Av. del Ejercito Cik.	R5 Cof. confluencia	R9 Tupari confluencia	R14 Aranquez	R15 Upeari	R6 Kotaura	R8 Orkoqanuta	R11 Tupari	R12 Achuamani	R13 Huashashura	R7 Orkoqanuta	R10 Tupari					
Date	0 km	15.5 km	17.5 km	20 km	22.5 km	25 km	29 km	31 km	38 km											
BOD (mg/l)	3.3	5.1	305	313	233	185	69	77	101	89	28	28	101	70	7.5					
	1.5	2.1	3.4	39	126	170	108	81	97	105	15.5	152	138	77	2.4					
	1.3	2.2	2.4	65	115	127	75	51	57	59	3.9	51	101	24	2.1					
	1	2.1	5.7	74	169	151	76	58	57	55	6.5	52	109	133	1.8					
SS (mg/l)	3.3	349	-	358	273	305	400	465	3030	756	352	160	298	850	118					
	1.8	347	592	472	276	334	875	1810	6570	1500	231	1640	584	1350	180					
	7.2	416	228	452	282	345	880	740	3170	1640	307	620	880	1530	201					
	1.8	347	235	415	354	268	791	655	2440	1590	576	474	394	1270	155					
DO (mg/l)	5.7	6.3	-	5.9	6.4	3.6	4.0	4.7	4.4	4.4	4.8	4.6	3.4	4.1	5.0					
	3.7	4.0	4.3	4.0	3.7	3.7	4.2	4.3	4.2	4.3	4.3	4.1	2.9	4.0	4.5					
	2.3	2.7	2.9	2.8	2.4	3.3	3.2	3.7	3.3	3.7	4.3	3.2	2.6	3.4	4.0					
	3.7	4.1	4.1	4.6	3.8	2.6	3.0	2.9	2.9	3.5	3.4	2.9	2.3	3.2	3.5					
Coliform (cells/100ml)	1.0E+02	1.0E+02	-	2.0E+05	1.8E+05	8.6E+05	7.3E+05	6.0E+05	6.5E+05	3.6E+06	1.4E+05	2.5E+05	9.6E+06	1.1E+05	1.7E+03					
	2.0E+02	1.9E+03	4.0E+04	3.0E+05	1.0E+06	2.4E+06	7.4E+05	5.5E+06	2.1E+06	1.5E+06	2.2E+05	1.0E+06	3.6E+06	1.2E+06	2.8E+03					
	1.3E+03	1.3E+03	6.6E+04	1.2E+05	2.9E+06	1.1E+06	1.5E+06	8.6E+06	3.6E+06	2.2E+06	4.0E+05	2.0E+06	5.3E+06	1.7E+06	4.2E+03					
	0.0E+00	1.2E+03	1.5E+05	7.5E+05	2.4E+06	3.5E+06	5.2E+06	5.2E+06	2.8E+06	1.6E+07	4.2E+05	4.3E+06	5.1E+06	1.8E+06	6.4E+03					
Flow rate (m3/sec)	0.33	0.60	-	0.12	0.57	1.11	3.32	2.68	0.16	0.48	1.05	0.17	0.03	0.36	0.85					
	0.22	0.53	0.49	0.67	0.99	1.58	2.55	3.03	0.16	0.35	0.76	0.09	0.05	0.24	0.67					
	0.11	0.31	0.30	0.62	1.03	1.31	2.48	2.82	0.20	0.28	0.60	0.05	0.02	0.27	0.82					
	0.08	0.17	0.24	0.31	0.74	1.34	2.62	3.00	0.19	0.37	0.56	0.07	0.03	0.23	0.54					

(Table 2.4.1-5/21/1993)



Nota: Durante la medición de Marzo 23, la planta de tratamiento de aguas de Achachicala estuvo tomando las aguas justo por debajo del punto de medición R16. Ello ocasionó la reducción del caudal y el incremento de la concentración de DBO aguas abajo, considerando que entre el punto R16-R3 se localizan una serie de industrias que descargan sus aguas.

Fig. 2.4.2 Cambios de DBO a lo largo del Río Choqueyapu

(3) Tributarios

Los otros escurrimientos presentan condiciones de contaminación semejantes al río Choqueyapu. Tal como se puede ver en la Tabla 2.4.1 la concentración del DBO medida en los puntos de sondeo, está entre los 100-200 mg/l. Estos tributarios no descargan grandes cantidades de residuos, por lo que no influyen mayormente en el estado poluído del río Choqueyapu, pero sí empeoran las condiciones de vida de quienes habitan en sus riberas.

2.4.2 Uso del Agua

(1) Generalidades

Actualmente los escurrimientos en la zona urbana están siendo utilizados como colectores de aguas servidas o de aguas pluviales, por lo cual un gran número de ellos se encuentran cubiertos en la Zona Central. El uso de estos escurrimientos para la pesca, irrigación, recreación, y esparcimiento es limitado en la zona urbana.

(2) Uso de las fuentes de alimentación

Parte de las aguas suministradas a la ciudad provienen de la reserva Hampaturi, la cual se localiza en las cabeceras de los ríos Hampaturi e Irpavi, y de la reserva Incachaca ubicada en las nacientes del Orkojahuirá. Sin embargo, gran parte de las fuentes de alimentación están localizadas fuera del área de Estudio.

(3) Uso industrial

Algunas industrias obtienen el agua de sus propios pozos, es el caso de la industria cervecera "Cervecería Boliviana", la cual consume grandes volúmenes de agua subterránea. Sin embargo, la gran mayoría de las industrias depende del servicio normal, por lo que la cantidad de agua subterránea utilizada no es de consideración a nivel general.

(4) Irrigación

La tierra destinada al uso agrícola es insignificante en el área de Estudio. En cambio fuera del área de Estudio se encuentran grandes extensiones de tierra agrícola regadas por el río Choqueyapu.

2.4.3 Suministro de Agua

(1) Sistema de suministro de aguas

El sistema de suministro de aguas del SAMAPA consiste de 4 sistemas. Actualmente 3 se alimentan de aguas superficiales, llamadas Achachicala, El Alto y Pampahasi. El último es el sistema de agua subterránea de El Alto.

El suministro de agua en el área de Estudio depende del sistema del Achachicala y Pampahasi y en parte del sistema superficial de El Alto. En las áreas que no cuentan con sistemas de distribución de agua potable, la población obtiene el agua para beber utilizando las norias o los afloramientos naturales de agua o a través de camiones aljives.

(2) Consumo de agua

El volumen de agua potable (entubada) consumida en 1991 fue dividida en 5 categorías de acuerdo a su uso:

Uso de Agua	Consumo de Agua	Promedio Anual	Porcentaje
	(m ³ /año)	(m ³ /día)	(%)
Doméstico	18,465,102	50,589	61.5
Comercial	4,387,534	12,048	14.6

Industrial	2,106,988	5,773	7.0
Gubernamental	4,411,057	12,085	14.7
Grifos Públicos	661,680	1,813	2.2
TOTAL	30,032,361	82,308	100.0

2.4.4 Enfermedades Infecciosas

Las 2 enfermedades de mayor mortalidad son la fiebre tifoidea y el cólera. De acuerdo a un informe de la Unidad Sanitaria del Departamento de La Paz organismo perteneciente al MPSSP, para el período 1988-1990, las enfermedades de mayor ocurrencia en el área urbana fueron: gastroenteritis, salmonella, amebiasis, hepatitis, fiebre tifoidea, disentería, y malaria.

En La Paz los casos de cólera no se habían manifestado por un largo tiempo, hasta el rebrote en Agosto de 1991. En la localidad de Rfo Abajo, curso inferior del río Choqueyapu, se presentó el primer caso, propagándose después por todo el Departamento. Originalmente la enfermedad se generó en la República del Perú, en Febrero de 1991. Desde ese momento el Gobierno Boliviano tomó las medidas necesarias en el caso de presentarse la emergencia. El primer caso se presentó 6 meses después. La Tabla 2.4.2 muestra el número de pacientes infectados desde Agosto a Diciembre de 1991, dentro del territorio de La Paz demarcado por la unidad sanitaria de La Paz. Durante este período 124 pacientes fueron declarados como enfermos de cólera y 43 fueron señalados como posibles pacientes de cólera. Actualmente el pánico ocasionado por el cólera se ha aminorado, pero la Unidad Sanitaria aún sigue manteniendo las medidas de precaución necesaria contra esta enfermedad.

Tabla 2.4.2 Número de Casos de Cólera en la Unidad Sanitaria de La Paz
Agosto 25 - Diciembre 28, 1991

Item	(Unidad : Persons)						
	Total			Urbano		Rural	
	Total	Conf.	Prob.	Conf.	Prob.	Conf.	Prob.
1. Grupos por Edades							
0 - 4	6	5	1	1	1	4	0
5 - 14	12	12	0	8	0	4	0
15 - 29	32	23	9	10	1	13	8
30 - 44	36	25	11	14	3	11	8
45 - 59	39	28	11	18	2	10	9
60 - 74	35	25	10	13	3	12	7
75 and over	7	6	1	3	0	3	1
2. Total	167	124	43	67	10	57	33

Fuente : Unidad Sanitaria de La Paz

Notas : Conf. significa el número de casos.

"Prob." significa el número de casos sospechosos pero no confirmados.

"Urbano" incluye a la ciudad de El Alto.

Un reporte preparado por la Organización Mundial de la Salud en Noviembre de 1991, atribuyó la introducción y propagación del cólera a las aguas del río Choqueyapu, las cuales se encuentran altamente contaminadas. Estas aguas son utilizadas como fuentes de agua potable y para el riego de los cultivos de hortalizas principalmente. Se cree que el consumo de estos vegetales provenientes de Río Abajo inició, la diseminación de la enfermedad. Sin embargo, luego de los análisis fue posible determinar que la enfermedad se originó no sólo por una causa, sino por la combinación de una serie de factores, como son el consumo de alimentos callejeros, y de aguas y bebidas de dudosa calidad. En el reporte se definieron una serie de recomendaciones para la localidad de Río Abajo tales como: a) buscar nuevas fuentes de agua que no estén contaminadas, como las aguas subterráneas; b) producir otro tipo de cultivos que no presenten riesgos sanitarios; y c) como alternativa final, la construcción de plantas de tratamiento de agua, las cuales garanticen calidad y cantidad de agua suficiente para en riego.

2.5. Fuentes de Contaminación Acuática:

2.5.1 Generalidades

En el área urbana las siguientes actividades han sido reconocidas como las principales fuentes de contaminación al río:

- Residuos domésticos.
- Residuos públicos y comerciales.
- Residuos industriales.

Las actividades agrícolas, ganaderas y mineras son escasas en las cabeceras de los ríos por lo que se cree que su influencia en la calidad de las en el área urbana es ínfima.

En esta sección, se discutirán más detalladamente las características de las principales fuentes de polución, el sistema de recolección de aguas residuales y el sistema de evacuación de residuos sólidos.

2.5.2 Sistema de Recolección de Aguas Residuales

Gran parte de la ciudad de La Paz, se encuentra cubierta por el sistema de recolección de aguas residuales o negras provista por SAMAPA y organismos privados.

El sistema cubre el 32 % del área total de la ciudad. Se estima que la población que goza de este servicio bajo este sistema es de 400.000 habitantes, vale decir, el 56 % de la población total.

Hay dos sistemas de tuberías; una para las aguas residuales y la otra para recolectar las aguas pluviales y ambas líneas finalmente descargan su contenido directamente al río.

Actualmente se han detectado una serie de malconexiones entre ambos sistemas. De acuerdo a las estimaciones del SAMAPA un 40% del sistema se encuentra mal conectado.

2.5.3 Residuos Domésticos

Lo concerniente a los residuos de agua doméstica en la ciudad de La Paz pueden ser discutidas desde el punto de vista del sistema de suministro de agua potable y del sistema de evacuación de aguas residuales. El sistema señalado inicialmente afecta la generación de aguas residuales y el otro incide en la cantidad de residuos que desembocan en el sistema ribereño.

(1) Sistema de suministro de aguas

En la ciudad de La Paz existen 3 sistemas de suministro de agua:

- Area suministrada de agua potable a través de conexiones directas a casas instaladas por SAMAPA. (Zona 1 y Zona 2).
- Area suministrada por SAMAPA por intermedio de grifos públicos. (Zona 3).
- Area no abastecida por SAMAPA, en la cual la población obtiene el agua de pozos privados y vendedores de agua. (Zona 4).

(2) Sistema de evacuación de aguas residuales

En algunas áreas de la ciudad de La Paz, las aguas residuales son recolectadas por el sistema de alcantarillado y descargados directamente al río. Aquellas áreas localizadas en las riberas de los ríos la descarga se realiza a través de otro sistema diferente al del alcantarillado público, consistente en tubos y canales abiertos instalados particularmente. En otras en cambio no existe ningún tipo de sistema de recolección de aguas negras, por lo cual las aguas residuales son arrojadas a la calle, actuando estas como colectores. Algunas de estas aguas negras desembocan en los cursos de agua cercana y otras son absorbidas por la superficie. En la Tabla 2.5.1 se muestra la población estimada por SAMAPA involucrada en cada área descrita anteriormente.

Tabla 2.5.1 Area y Población por tipo de Evacuación de Agua Residual

Tipo de Evacuación	Sistema de Recolección	Descarga a Ríos	Nº de Facilidades	Total Residual
Area (ha)	1800.0	650.0	3150.0	5600.0
(%)	(32.1)	(11.6)	(56.3)	(100.0)
Población	403000.0	123000.0	193500.0	719700.0
(%)	(56.0)	(17.1)	(36,9)	(100.0)

2.5.4 Residuos Industriales

En la ciudad de La Paz actualmente operan 769 industrias a pequeña escala (con 4 ó más empleados). Del total de industrias alrededor de 50 de ellas pertenecen al rubro alimenticio y textil. El número de industrias con menos de 15 empleados alcanza al 75 % del total. Este hecho, sugiere que la implementación de planes de tratamiento es improbable, ya que las aguas que arrojan las industrias textiles y alimenticias contienen un alto grado de materias orgánicas y las industrias de pequeña escala no pueden afrontar tales montos de inversión. La cantidad de aguas residuales generadas puede ser deducida por medio de la cantidad de agua consumida. El monto total de agua consumida por las industrias, según datos del SAMAPA, es de 130.000 metros cúbicos mensuales. El 43 % del total de aguas consumidas mensualmente por las industrias, es decir, 55.000 metros cúbicos es consumida enteramente por sólo una industria, la cervecera. Obtiene además aguas de sus propios pozos de subterráneos. Se estima que esta industria arroja una carga correspondiente al 50 % del total descargado por todas las industrias juntas.

El total de agua consumida por las industrias textiles y alimenticias incluyendo la industria cervecera, es aproximadamente el 75 % del total consumido por las industrias, y estas representan el 20 % de las industrias. Las otras industrias, es decir el 75 % restante consume sólo 3000 metros cúbicos mensuales. Ello indica que los efectos de la implementación de planes de tratamiento puede ser significativo, siempre y cuando estos costos sean aplicados de acuerdo a la cantidad de carga que cada industria arroja.

2.5.5 Otros Cuerpos Evacuadores de Aguas Residuales

La Tabla 2.5.2 muestra el consumo de agua por parte de otros consumidores excluyendo a las industrias. El consumo de agua de los servicios públicos es igual al industrial, es decir, 130.000 metros cúbicos mensuales. Los servicios públicos son, escuelas, hospitales, estadios, parques, y otros edificios de uso público. En términos de calidad es considerada igual al agua residual doméstica. Sin embargo, especial consideración merecen las aguas residuales emanadas de los hospitales, en orden a prevenir la contaminación patológica.

Tabla 2.5.2 Consumo Mensual de Agua (no incluye consumo industrial)

Tipo de Facilidad	E SCALA DE CONSUMO MENSUAL (cum/mes)							
	750 - 1499		1500 - 2999		3000 -		Total	
	Nº de facilidades	Consumo de agua total (cum/mes)	Nº de facilidades	Consumo de agua total (cum/mes)	Nº Yde facilidades	Consumo de agua total (cum/mes)	Nº de facilidades	Consumo de agua total (cum/mes)
Facilidades Publicas	52	2.624	28	58.594	11	70.479	91	131.697
Hoteles	6	6030	1	2681	2	13.647	9	22.358
Ed. Comerciales	17	16.934	7	13.477	1	5.062	25	35.473
Otros	42	47.959	17	31.816	6	27.308	65	107.083

2.5.6 Evacuación de Residuos Sólidos

(1) Generalidades

El manejo de los residuos sólidos de la ciudad de La Paz han sido investigados principalmente a través de entrevistas realizadas a la Dirección de Saneamiento Urbano (DSU) del HAM- LP desde Marzo a Mayo de 1992.

Se estima que la cantidad de residuos sólidos generados en la ciudad de La Paz es de aproximadamente 350-380 de toneladas diarias (DSU). De estos, 300-320 de toneladas son regularmente recolectadas, actualmente el radio de recolección está siendo ampliado. El DSU, cree que para fines de 1992, la recolección alcanzará la cifra de 350 ton/día.

La basura que normalmente no es recolectada por el sistema normal, es arrojada en las riberas de los ríos y en sitios eriazos. Recientemente el DSU con la ayuda de las Fuerzas Militares está llevando a cabo un plan de limpieza de estos botaderos ilegales de basura.

La cantidad de residuos sólidos industriales es desconocida para el DSU. Sin embargo, este organismo pretende recolectar los residuos en cada punto industrial a bajo costo. Sin embargo, la gran mayoría de estas industrias rechaza el servicio. A pesar de ello el DSU continuará esforzándose para controlar la cantidad de residuos sólidos evacuados.

En cuanto a los residuos provenientes de las tareas de la construcción, el Departamento de Obras Públicas del HAM-LP, es el encargado de definir los sitios específicos en donde se deben botar estos desechos.

El 95 % de los residuos hospitalarios son recolectados por el DSU como resultado de la campaña iniciada hace 2 años atrás.

En la actualidad los residuos sólidos son transportados a las estaciones de transferencia, donde la basura es re-cargada en camiones de tamaño mayor. Luego los residuos son transportados hasta su destino final en el vertedero de Mallasa.

El vertedero de Mallasa fue formalmente implementado en Agosto de 1991, y su capacidad es suficiente como para aceptar los residuos de los próximos 10 años. El material base del vertedero lo conforman arcillas principalmente, las cuales impiden la infiltración y percolación del material fuera del relleno. Los desechos hospitalarios son cubiertos por una capa gruesa de arcillas y recubiertas por otra de limos.

En 1992 el DSU se propone transferir gran parte del servicio al sector privado, con el fin de incrementar la eficiencia del servicio.

(2) Posible contribución a la contaminación acuática

El sistema de evacuación de residuos ha mejorado considerablemente en los últimos años. Por ello, la cantidad de carga de residuos evacuados a los cursos de agua ha disminuído drásticamente, en relación a lo reportado por el Banco Mundial en el año 1987.

Por lo tanto, la contribución de los residuos sólidos no recolectados, a la contaminación acuática del río Choqueyapu puede ser considerada como insignificante, comparada con los residuos domésticos e industriales, tal como lo indican las cifras de DBO, DOQ y OD. Sin embargo, como recomendación sería bueno revisar el vertedero de Sopocachi, ya que se sospecha la presencia de Mercurio.

2.6. Planes Relevantes:

2.6.1 Planes Nacionales

(1) Planes de desarrollo a largo plazo

El 29 de Agosto de 1985, el gobierno promulgó la nueva política económica bajo decreto No. 21060. Esta política se fijó como objetivo la restauración de la estabilidad macro económica, pero no se centró en el desarrollo de un plan económico a largo plazo. Por ello, el gobierno formó una estrategia conocida bajo el título de "Estrategia de Desarrollo Social y Económico, 1989-2000" y la publicó en Abril de 1989. Esta estrategia obviamente incluye la preservación de los suministros de agua y la elaboración de proyectos sanitarios.

El índice de crecimiento anual de PDB durante el período considerado en la estrategia se estima en un 4.9 % anual. Se espera que el sector extractivo manufacturero y de servicios básicos crezca a un ritmo más acelerado en relación a los otros sectores.

(2) Plan nacional de agua potable y de obras sanitarias (1992-2000)

El plan nacional de agua potable y obras sanitarias 1992-2000 (Ref. II) fue establecido por el DINASBA organismo perteneciente al MAU y publicado en Mayo de 1992.

De acuerdo a este plan la población que cuenta con los servicios de agua potable y alcantarillado en 1991 y para el año 2000 serán como se expone a continuación en el siguiente cuadro:

Agua Potable y Alcantarillado Cobertura Nacional

		1991	2000
Suministro de agua potable:	Nacional (%)	53	70
	Urbano (%)	74	80
	Rural (%)	31	60
Alcantarillado	Nacional (%)	24	53
	Urbano (%)	35	65
	Rural (%)	14	50

Para alcanzar las metas fijadas para el año 2000 se invertirán aproximadamente US\$ 768 millones repartidos por igual tanto en el sector de agua potable como en el de alcantarillado.

2.6.2 Desarrollo Urbano

(1) Situación actual

El crecimiento de la ciudad está acorde con las condiciones topográficas naturales de la zona. Por lo tanto, al igual que muchas ciudades en el mundo, su eje principal lo constituye un curso de agua natural, en este caso, el río Choqueyapu. Ello ha determinado en cierta medida la contaminación de este escurrimiento superficial. Es por esto que en la actualidad la Dirección General de Desarrollo Urbano (DGDU), piensa que se hace necesario dispersar la concentración de población en las riberas con el fin de contrarrestar la polución.

El DGDU preparó en 1983 una carta de uso del suelo futuro y de patrones municipales, basados en un estudio comprensivo de las condiciones geológicas conducido en 1976. El DGDU pretende desarrollar un plan de desarrollo comprensivo para la ciudad, basandose en los datos del último censo realizado el 3 Junio de 1992.

(2) Visión futura

El DGDU ha formulado un modelo de desarrollo, en el cual toda el área urbana estaría dividida en una serie de distritos los que a su vez dispondrían de un centro urbano con una sucursal municipal.

Actualmente, se considera la siguiente división:

Distrito Central
Distrito Sur
Distrito Este
Distrito Pendiente Oeste
Distrito Pendiente Este

En el futuro se consideran incorporar 3 o más distritos subdividiendo los inicialmente propuestos en el caso de que sea necesario.

En todo caso, el área urbana de la ciudad de La Paz no sufrirá expansiones considerables, En el caso de haberlas estas se realizarían en la zona urbana de El Alto.

2.6.3 Desarrollo de Recursos Hídricos y de Suministro de Agua Potable

En la actualidad no se están implementando planes de desarrollo de recursos acuíficos ni de suministro de agua potable. Sin embargo, SAMAPA reconoce la necesidad de desarrollar nuevas fuentes de agua con el objeto de satisfacer la creciente demanda de agua por parte del área metropolitana.

El SAMAPA está considerando su plan de desarrollo bajo 2 aspectos, el del mejoramiento de la calidad y el incremento de la cantidad de agua. Uno de los planes tiene como objeto construir un nuevo reservorio aguas arriba del ya existente reservorio de Milluni, el cual se cree, se encuentra contaminado con sedimentos proveniente de la actividad minera. El otro proyecto pretende buscar una fuente alternativa en la cuenca del río Choqueyapu, construyendo a su vez un embalse.

CORDEPAS está conduciendo un proyecto piloto de tratamiento de aguas del río Choqueyapu, con el fin de obtener la calidad de agua requerida para regar las tierras agrícolas de río Abajo. Este plan de evaluación se inició recientemente (Mayo, 1992), por lo cual los resultados aún no han sido presentados. Sin embargo, si éstos son promisorios, esta institución pretende construir plantas de tratamiento a escalas adecuadas para aquellas tierras agrícolas.

2.6.4 Sistema de Alcantarillado:

En 1982 con la ayuda técnica del gobierno de Alemania Occidental se preparó para el área metropolitana un plan comprensivo de desarrollo del sistema de alcantarillas y de drenaje de aguas pluviales. El plan de alcantarillas cubría la zona Central y Sur de la ciudad de La Paz, al igual que en la ciudad de El Alto, y la zona de Achocalla.

Se planeaba la instalación de una planta de tratamiento de residuos en Aranjuez localizada en las riberas del Choqueyapu, para tratar las aguas de la zona Central y Sur de la ciudad de La Paz. Se pretendía recolectar estas aguas separadamente de las aguas pluviales a través de una red separada de alcantarillas, para ser finalmente transferidas a la planta de tratamiento por intermedio de una alcantarilla interceptora principal. El costo de construcción fue estimado en U\$ 210 millones aproximadamente.

Sin embargo, este plan no fue implementado debido a su alto costo, el cual excedía la capacidad financiera del país. El sitio en el cual se planeaba construir la planta de tratamiento no se encuentra disponible en la actualidad, ya que se ha utilizado para la construcción de inmuebles y facilidades recreacionales.

En consecuencia, en estas áreas (zona Central y Sur de la ciudad) hasta el momento, no existe un plan de desarrollo factible de obras de alcantarillado para tratamiento de aguas residuales.

2.7.- Resumen de Problemas:

(1) Alcance de la polución acuática

En el área urbana de la ciudad de La Paz las aguas fluviales se encuentran severamente contaminadas. La concentración de DBO, el cual indica el grado de polución debida a sustancias orgánicas, está entre 100 mg/l y 300mg/l en la zona urbanizada. Este rango es similar al que se puede detectar en aguas negras. El valor del DBO en las cercanías del río Lipari es de aproximadamente 50 mg/l a 80mg/l, excediendo el nivel máximo permitido por las autoridades bolivianas, para las aguas de regadío.

Al presente gran parte de los tributarios del río Choqueyapu en la zona central de la ciudad, se encuentran alterados artificialmente por el hombre, siendo recubiertos en cemento, utilizados como caminos, parques o playas de estacionamiento. Por ende, normalmente el grado de deterioro del río Choqueyapu no es percivido directamente por parte de la población. Empero, en la zona sur de la ciudad donde los ríos se encuentran a canal abierto, es posible denotar la degradación estética del lugar, sentir el hedor y particularmente en la estación seca observar la generación de mosquitos.

Las áreas más afectadas por la contaminación acuática son las tierras agrícolas localizadas aguas abajo de la ciudad. Desde el brote de la epidemia de cólera en Agosto de 1991, los agricultores se han visto obligados a cambiar sus cultivos de hortalizas, por cultivos menos rentables, significando pérdidas cuantiosas para los agricultores.

(2) Fuentes de contaminación

La estimación de carga de DBO de las aguas residuales generadas en el área de estudio indica que más del 50% de la carga es de origen doméstico, un 30% es industrial y el resto lo comparten las aguas residuales provenientes de la actividad comercial y de servicios. La contribución de los residuos sólidos parece ser insignificante en términos de carga de DBO si se compara con lo registrado por las aguas residuales mencionadas anteriormente.

(3) Sistema de evacuación y recolección de aguas residuales

Las aguas negras o residuales son descargadas a los ríos, sin tratamiento, a través de un sistema relativamente bien desarrollado de redes de alcantarillado cloacal, red de aguas pluviales, zanjas o directamente.

La descarga de aguas residuales sin tratamiento a través del de las redes de alcantarillado, es causa de los serios problemas de contaminación, ya que todas las aguas recolectadas desembocan en los ríos, y tiene tendencia a aumentar cuando se conecta al sistema de alcantarillado. Conexiones deficientes del sistema, (mencionadas en los acápites anteriores) tan comunes en la zona urbana, determinan que el problema se vea agravado aún más.

Pero, el mayor problema lo constituye el hecho concerniente a la escasez de tierras disponibles para la instalación de plantas de tratamiento. La situación es realmente severa en la zona central de la ciudad de La Paz.

(4) Conciencia por parte de las industrias

Sin duda, las industrias en la ciudad contribuyen con una porción significativa de carga en relación a la carga contaminante total.

Sin embargo, aún se desconoce la real magnitud de lo que cada industria aporta, debido a falta información técnica y a la actitud poca cooperativa de éstas. Este tipo de actitudes impiden el desarrollo de planes racionales de control de contaminación, en la cual se requiere de la comprensión y la contribución equitativa de la población para implementarlos.

Es importante que las industrias tomen conciencia de su responsabilidad en el asunto y cooperen con las autoridades para lograr la solución más adecuada para ambas partes.

(5) Planes de desarrollo urbano

Hasta el momento en la ciudad de La Paz no se han implementado planes comprensivos de desarrollo urbano eficientes que reordenen el crecimiento, mejorando la calidad del medio ambiente en el cual se habita. Por lo tanto, el desarrollo de los planes de vivienda, vialidad,

alcantarillado, electricidad, etc se han realizado en forma separada, sin una adecuada coordinación intersectorial. En la medida que no se cree una política de desarrollo urbano clara que sirva de guía para cada sector, el mejoramiento de la calidad del medio ambiente será muy difícil de alcanzar.

(6) Requerimientos Institucionales

En Bolivia no existían medios legales efectivos para controlar la polución acuática, hasta que recientemente se creó la Ley General del Medio Ambiente. Sin embargo, aún queda mucho trabajo por realizar, ya que es necesario establecer todo un cuerpo legal, consistente en normativas prácticas y regulaciones, y a la vez crear organizaciones nacionales y locales con personal suficientemente capacitado para implementar este sistema legal. Para lograr el éxito de esta tarea, es necesaria contar con un alto grado de determinación por parte de las autoridades y la cooperación por parte de la población y las industrias.

(7) Condiciones económicas

Para reducir significativamente la cantidad de carga polutante descargada a los ríos, se requiere de cuantiosas inversiones públicas y privadas. Pero en Bolivia, aún no se disponen de capitales suficientes como para implementar un plan de control de aguas que pueda satisfacer todas las necesidades de la población.

Por ende, para desarrollar, implementar y manejar un plan de control de contaminación es necesario considerarlo dentro de los límites de capitales iniciales y contribuciones públicas limitadas.

CAPITULO 3

ORGANIZACION GENERAL PROPUESTA PARA EL CONTROL DE LAS AGUAS CONTAMINADAS DEL RIO CHOQUEYAPU

3.1.- Año Objetivo:

Obviamente el mejoramiento de obras sanitarias está contemplada en el Plan Básico.

La implementación de un Plan Básico es usualmente dividido en varias fases, cada una con una duración de 5 años.

Por lo tanto, se propone establecer el año objetivo o meta el año 2010, asumiendo que el Plan Básico estará dividido en 4 fases cada una de 4 a 5 años de duración. Por lo tanto la formulación de este Plan dependerá de la predicción de varios factores para este año Sin embargo, podría ser que la implementación de este plan llevará más tiempo del presupuestado ya que se espera recibir financiamiento extranjero para llevar a cabo este proyecto, mas no se conoce la fecha o momento real en la cual recibirán los fondos. A pesar de lo anterior, se considerará esta meta para predecir las condiciones futuras, pero no como fecha definitiva para la implementación de dicho plan.

3.2.- Objetivos o Metas:

El objetivo final del Plan Básico, es lograr el mejoramiento de la calidad del agua en toda el área de Estudio, correspondiente a la cuenca del río Choqueyapu hasta el puente Lipari. Los objetivos son los siguientes:

3.2.1 Evaluación de Puntos de Muestreo para Lograr el Mejoramiento de la Calidad Acuática.

Los puntos fueron seleccionados en la medida que permitiesen deducir las condiciones a lo largo del río Choqueyapu arriba del puente Lipari. A continuación en la Tabla 3.2.1 se identifican los puntos y sus características:

(2) Plan de emergencia

Aparte de los puntos mencionados anteriormente, se proponen puntos de muestreo alternativo. El deterioro de la calidad de las aguas es tan severo que no se puede esperar a la completación de todas las fases del Plan Básico, consecuentemente se hace necesario implementar un plan de emergencia para mejorar las actuales condiciones.

Tabla 3.2.1 Puntos de Muestreo y sus Características

Puntos de Muestreo	Características
Planta Achachicala (R2)*	Indica la calidad del agua del río Choqueyapu aguas arriba del área urbanizada.
Av. Ejército (R4)*	Indica la calidad del agua en el área urbanizada.
Calacoto (R9)*	Indica la calidad del agua del río Choqueyapu bajo la confluencia con el río Orkojahuirá
Puente Lipari (R15)*	Indica la calidad del agua utilizada para la irrigación.
Gran parte de los cursos inferiores del Orkojahuirá (R8)*	Indica la calidad de las aguas del Orkojahuirá.
Gran parte de los cursos inferiores del Irparvi (R11)*	Indica la calidad de las aguas del Irparvi
Gran parte de los cursos inferiores del Achumani (R12)*	Indica la calidad de las aguas del Achumani.

* Los números se refieren a los puntos de muestreo en este estudio; vea la Fig. 2.4.1.

(2) Plan de emergencia

Aparte de los puntos mencionados anteriormente, se proponen puntos de muestreo alternativo. El deterioro de la calidad de las aguas es tan severo que no se puede esperar a la completación del Plan Maestro tal como se propone en éste, consecuentemente se hace necesario implementar un plan de emergencia para mejorar las actuales condiciones.

Considerando las condiciones estéticas de las áreas residenciales y la irrigación, se proponen 2 puntos de evaluación urgente en el río Choqueyapu:

- Puente Lipari
- Confluencia con el río Orkojahuirá

3.2.2 Calidad de Agua Descada

La calidad de las aguas descadas se determina para mejorar la calidad de estas y asegurar el uso de las aguas en cada sección o en cada río

La calidad de aguas descadas para el Plan Maestro fueron determinadas, considerando los actuales usos de agua, tal como se puede observar en la Tabla 3.2.2:

Tabla 3.2.2 Calidad de Agua Deseada.

Localización	Metas	Calidad Requerida de Agua
Aguas arriba de la zona urbanizada (R2)	Calidad de agua la cual pueda ser tratada por medios convencionales para suministrar agua potable y que no perjudique el medio ambiente circundante.	DBO : 10 mg/l OD : 60% Coliforme : 10,000 MPN/100ml
Area urbanizada (R9 R8 R11 R12)	Calidad de agua que no genere la degradación del medio a lo largo de su curso urbano	DBO : 50 mg/l OD : 50% Coliforme : 20,000 MPN/100ml
Aguas abajo de la zona urbanizada (R15)	Igual al acápite anterior. Para el Choqueyapu, se espera agua apropiada para la irrigación	DBO : 50 mg/l OD : 50% Coliforme : 20,000 MPN/100ml

* Vea Tabla 3.2.1 y Fig. 2.4.1

Los límites requeridos para la calidad del agua están basados en standards bolivianos. Sin embargo, los parámetros de calidad de agua incluyen solamente el DBO, OD, y Bacteria Coliforme, a pesar que los standards especifican también límites para el SS. Las concentraciones de SS en los ríos en ésta área son causadas principalmente por la erosión de los suelos en el área del embalse, la cual es difícil de controlar por medio de tratamiento de las aguas; por lo tanto, no es práctico incluir el SS como parámetro requerido para la calidad del agua.

3.3-. Area de Planificación:

El área de estudio cubre toda la cuenca del río Choqueyapu sobre el puente Lipari comprendiendo las cuencas del Orkojahuirá, Irpavi, Achumani, Huañajahuira y otros. (ver Fig. 1.3.1)

Como resultado del estudio de calidad de las aguas y la revisión de previas investigaciones, es evidente que el problema de contaminación de aguas es significativo solo en y abajo del área urbana causada por la descarga de residuos de varias actividades sin tratamiento. Las medidas propuestas en el Plan Básico se centran principalmente en la reducción de la descarga proveniente de las actividades desarrolladas en la zona urbana. Por ende, las áreas contempladas en el plan son la mayoría de orden urbano.

3.3.1 Areas Actualmente Urbanizadas

Tal como se muestra en la Fig. 3.3.1 el área urbana y semi-urbanizada se encuentra dispersa. Gran parte de las áreas urbanizadas con una alta densidad de población se reparten en la cuenca del Choqueyapu y en la del Orkojahuirá. Las áreas urbanas con una baja densidad de población se desarrollan a lo largo del curso inferior del río Irpavi, Achumani y Huañajahuira.

3.3.2 Areas a ser Urbanizadas a Futuro

La Fig. 3.3.2 indica la dispersión esperada de las áreas urbanas y semi-urbanizadas para el año 2010. Las futuras áreas urbanizadas fueron proyectadas considerando el crecimiento de población de las áreas menos pobladas y las referencias obtenidas del Mapa de Uso de Suelo de la ciudad.

3.3.3 Area Piloto

Todos los residuos provenientes de la actual y futura zona urbanizada y semi-urbana son considerados como potenciales fuentes de contaminación a los ríos de la zona. Es por esto, que las zonas indicadas en las Figuras 3.3.1 y 3.3.2 serán consideradas como las áreas de planificación del Plan Maestro. La carga de polutantes generados en estas áreas será incluida en el estudio de análisis de contaminación y de mejoramiento.

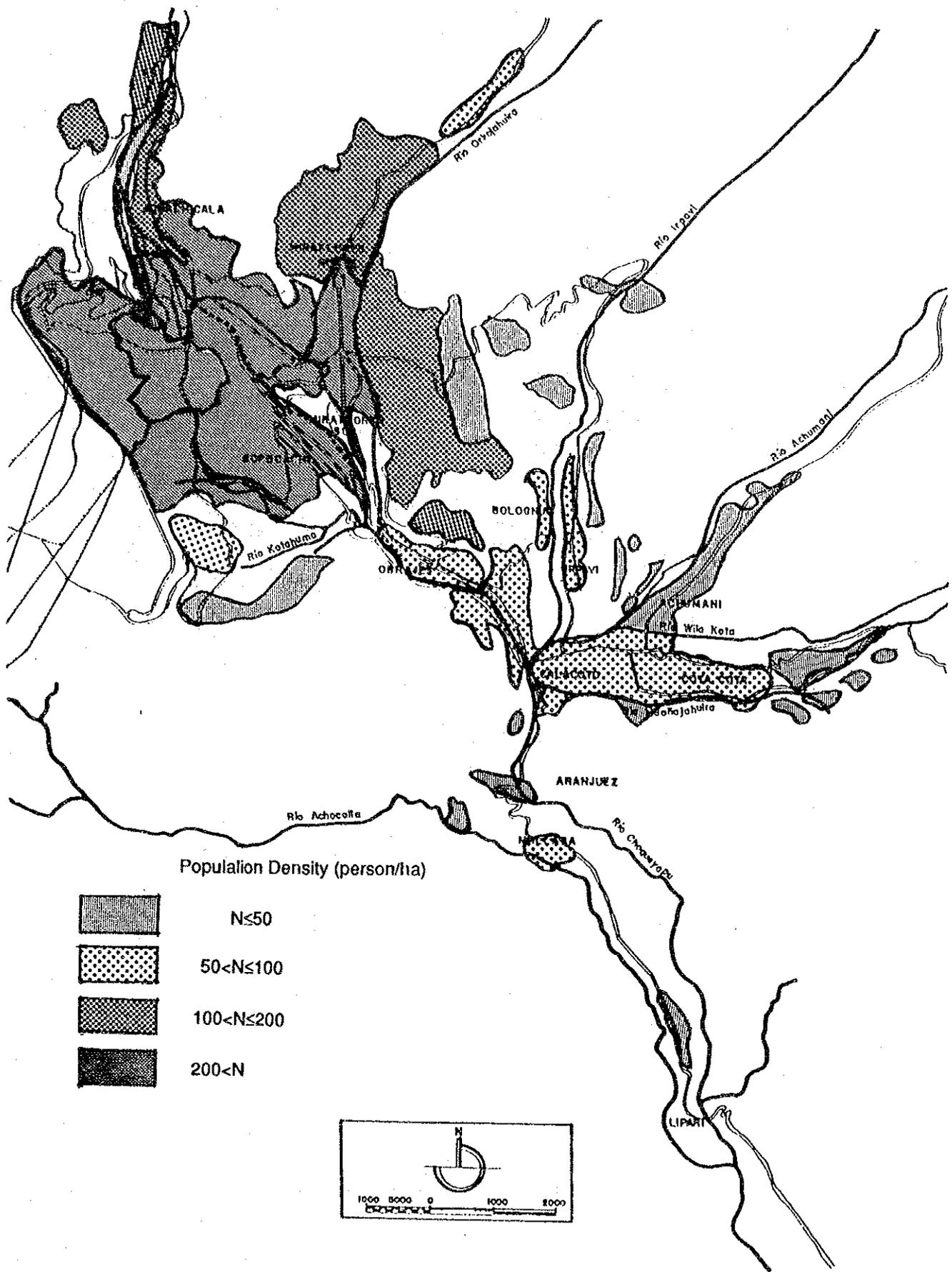


Fig. 3.3.1 Areas Urbanizadas y Semiurbanizadas Existentes.

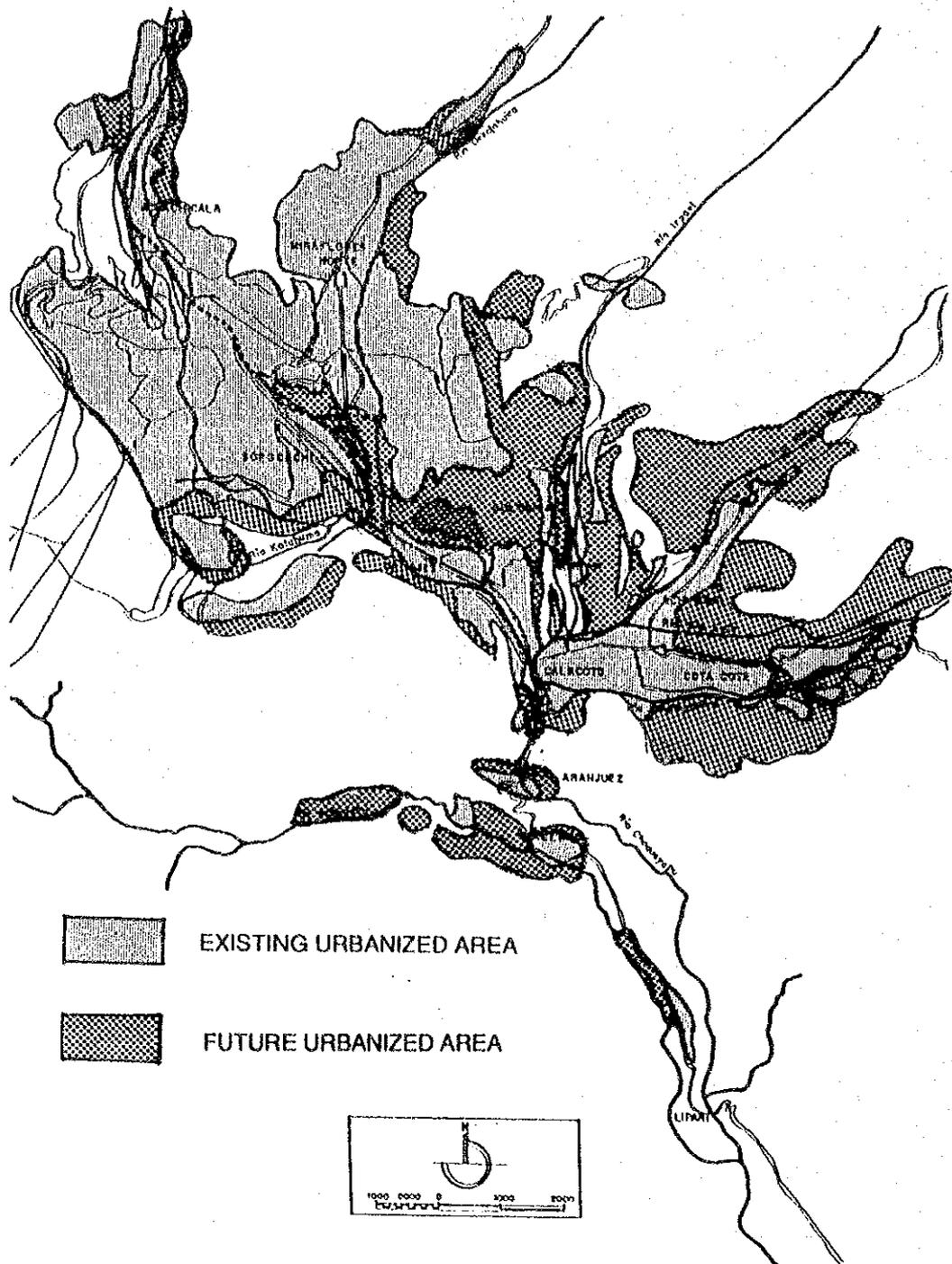


Fig. 3.3.2 Areas Urbanizadas y Semiurbanizadas en el Futuro

3.4- Fuentes de Contaminación:

Los residuos domésticos e industriales constituyen la principal fuente de contaminación. La cantidad de agua residual ha sido estimada para la población y actividad industrial presente y futura.

3.4.1 Población

(1) Presente

El estado actual de la población en este estudio ha sido discutida en la sección 2.2.1 de este reporte, por lo cual para mayor información remitirse a este punto. La población del área de estudio es casi igual a la del área de planificación, ya que la cantidad de habitantes en la zonas altas es insignificante en relación al total de la población de la Zona Central y Sur.

(2) Futuro

La población futura ha sido estimada a través del análisis de regresión y del cálculo de posibles áreas de crecimiento a desarrollar.

En el área piloto se estima una población futura como se expone a continuación:

Año	1992	1995	2000	2005	2010
Pob.	720.000	750.000	820.000	900.000	1.000.000

La distribución de población en el área piloto se realizara de acuerdo a la actual densidad de población de cada distrito. La Tabla 3.4.1 muestra la distribución de la población estimada para el año 2010. Se prevee un incremento importante de población en el sector Sur ya que actualmente el sector Central se encuentra casi saturado.

Tabla 3.4.1 Distribución de Población Estimada para el Futuro

Zonas	1992	2000	2010
Zona Central	631.000	640.000	650.000
Zona Sur	84.000	130.000	240.000
(Achocalla)	4.400	50.000	110.000
TOTAL	720.000	820.000	1.000.000

3.4.2 Industrias

Las presentes condiciones de los residuos evacuados por las industrias fueron discutidos en el capítulo anterior. Basados en la información pertinente (punto 2.4.4), las industrias ha considerar en el Plan Maestro son las que se enlistan en la Tabla 3.4.2 Las industrias tratadas son aquellas que evacúan más de 50 metros cúbicos / día de agua residual. El total evacuado por estas industrias corresponde al 75 % del total evacuado por todas las industrias.

Se cree que el crecimiento industrial en el Departamento, expresado en el valor agregado de la manufactura, se incrementará de 0.8 billones Pesos Bolivianos (1991) a 3 billones de Pesos Bolivianos para el año 2010. Sin embargo, no se consideran nuevas expansiones ni localizaciones de nuevas industrias en la Zona Central (área piloto), las industrias nuevas se localizarían fuera del área piloto, vale decir, en El Alto. Por lo tanto en el Plan Básico, se señala expresamente que los residuos industriales no se incrementarán a futuro.

Tabla 3.4.2

Lista de Industrias en el Area Piloto.

CANTIDAD DE AGUA RESIDUAL (m ³ /month)	NOMBRE	PRODUCTOS PRINCIPALES
Q > 3,000	Universal Tex	Textil(Teñido de Lanas& Textil)
	Industria Venado	Alimentos Instantaneos
	Garcia Maria	Otros
	Enbotelladora Salvietti	Alimenticia(Bebidas sin Alcohol)
	Fabrica Indupel	Pulpa & Papel
	La Papelera	Pulpa& Papel
	Cerveceria Boliviana	Alimenticia (Cerveza)
3,000 ≥ Q > 1,500	Macobol Neptula Antonia	Textil (Teñido de Lanas& Textil)
	Fabrica Estatex	Textil (Algodón y Fibras Sintéticas)
	Cortiembre Illimani	Cueros (Curtiembre de Cueros Crudos)
	Bebidas Gaseosas	Alimenticia
	Marboltex	Textil (Teñido de Lanas & Textil)
	Manufacturas Textiles	Textil (Teñido de Lanas & Textil)
	Forno	Textil (Algodón y Fibras Sintéticas)
	Fabrica Famatex	Textil (Algodón y Fibras Sintéticas)
	Marmolera Tiahuanaco	Alimenticia (Bebidas Gaseosas)
	Laboratorio Vita	Farmacia (Fermentativa)
	Fabrica Cascada	Alimenticia(Confeción)
Marmolera	Otros	
1,500 ≥ Q > 750	Mendoza Oscar Vertiente	Alimenticia (Bebidas Gaseosas)
	Industria Tabaco	Alimenticia (cigarrillos)
	Cuaquira Gregorio	Otros
	Liendo Romero	Otros
	Fabrica Nacional de Vidrios	Vidrios
	Ponce Lucio	Otros
	Pinel Laura Super Taxi	Servicio de Taxis
	Fabrica D. Saligno	Taller de Reparación de Autos
	Combogel	Textil (Algodón y Fibras Sintéticas)
	Ibusa	Textil (Fieltro)

CAPITULO 4

ANALISIS PRESENTE Y FUTURO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CHOQUEYAPU

4.1.- Factores de Carga Unitaria que Inciden en la Generación de Polutantes:

4.1.1 Generalidades:

Las fuentes contaminantes generalmente se clasifican como se indica a continuación:

- 1) Doméstica.
- 2) Industrial.
- 3) Otros (comercial, servicios públicos, natural).

La descarga de agua residual y la carga de contaminantes fue estimada, utilizando factores de carga y una serie de datos socio-económicos (población, volumen de agua consumida, etc).

4.1.2 Agua Residual Doméstica:

. En este estudio las modalidades de suministro se clasifican en 2:

- Suministro directo a la casa por intermedio del SAMAPA.
- Otras formas de suministro (grifos público, pozos, y camiones aljives)

Existe una clara diferencia entre estas 2 formas de suministro, las cuales reflejan estándares de vida completamente diferentes. La cantidad de agua residual descargada y la carga de polutantes per cápita fue estimada de acuerdo a la clasificación que se presentará a continuación.

(1) Area servida directamente a domicilio.

De acuerdo a los datos existentes en Bolivia y en Japón la cantidad de agua residual descargada per cápita fue estimada como se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla 4.1.1 Descarga Unitaria de Agua Residual

		[Cantidad de descarga unitaria diaria per cápita]				
Valor	Proporción	1992	1995	2000	2005	2010
Promedio diario	0.8	130	140	145	150	260
Max. Diario	1.0	160	170	180	190	200
Max. Horario	1.5	240	255	270	285	300

Para determinar la carga per cápita de DBO, se utilizaron los promedios diarios de agua residual y las concentraciones de DBO, por tipo de agua residual, estos datos se presentan a continuación:

Tabla 4.1.2 Composición de los Promedio Diarios de Agua Residual Descargada y la Concentración de DBO

CLASE	BOD (mg/l)	Descarga Unitaria de Agua Residual (lit/día/persona)				
		1992	1995	2000	2005	2010
Residuos Humanos	600	30	30	30	30	30
Aguas Grises	150	80	85	95	100	110
Uso Comercial	250	20	20	20	20	20
Total		130	140	145	150	160

De la Tabla 4.1.2 se deriva la carga per cápita de DBO para cada año

Año	1992	1995	2000	2005	2010
Carga de DBO (gr/día/per)	35	36	38	39	47

(2) Otras áreas

Para la categoría "otras áreas" (sin agua transportada por tuberías), la cantidad unitaria descargada fue estimada en 60 l/día per cápita. Pero, la carga de polutantes de aguas negras es descargada de alguna forma por lo cual la carga unitaria de polutantes fue estimada en 27 gr/ día per cápita consistente en aguas negras y grises.

4.1.3 Aguas Residuales Industriales

De los datos de consumo de agua del SAMAPA para cada industria, hotel, centro comercial, etc, que consumen mas de 750 m³ por mes, fue estimada la cantidad de agua residual. La carga de polutantes fue estimada de la multiplicación de la cantidad descargada con la concentración de DBO.

La concentración de DBO de las aguas residuales de cada fuente está dada y se obtienen de los datos referenciales existentes y la concentración de DBO para las otras aguas residuales es igual al valor de concentración de DBO estimado para las aguas de uso industrial presentado anteriormente (250 mg/l). Los datos de las aguas evacuadas por la pequeña industria fueron incluidos en la carga per cápita de agua residual doméstica.

4.1.4 Otros

La carga de polutantes derivados de fuentes naturales, fondo de los ríos, predios, etc., fueron integralmente estimados como "otros". Los valores son considerados como factores indistinguibles y estimados mediante la calibración del modelo de simulación de calidad de aguas.

4.2.- Cantidad de Polutantes Generados:

4.2.1 Generalidades

La cuenca del río Choqueyapu fue dividida en varios bloques y tramos. En cada tramo se calculó la cantidad de agua residual descargada y la carga de contaminantes datos que fueron utilizados en un modelo matemático de simulación.

4.2.2 Cantidad de Polutantes Generados por la Cuenca Hidrográfica

(1) Aguas residuales domésticas

La distribución de población fue primeramente estimada para cada bloque, los cuales se han definido de acuerdo a los datos del último censo (1976) y los del Servicio Sanitario. La población fue distribuída según el nivel de urbanización y la forma de uso del suelo.

La población estimada fue luego distribuída en los bloques de descarga los cuales fueron definidos de acuerdo al modelo de simulación de calidad de agua. La cantidad de agua residual y la carga de DBO se obtuvieron para cada bloque, utilizando la población y los factores unitario de carga descritos en la sección 4.1.2.

(2) Aguas residuales industriales

La cantidad descarga de agua residual y la carga de DBO de la gran parte de los consumidores (sobre $750\text{m}^3/\text{mes}$) fue estimada para cada bloque.

4.3.- Construcción del Modelo de Simulación de Calidad de Aguas:

4.3.1 Generalidades del Modelo:

Un modelo de simulación de calidad de aguas para BOD y DO ha sido establecido esencialmente basándose en el modelo de Streeter-Phelps.

El punto de saturación de la concentración de DO varía de acuerdo con la temperatura y la presión atmosférica, y estos parámetros meteorológicos varían con la altitud. Por lo tanto, los efectos de la diferencia de altitud son incorporados en el modelo.

El diagrama de flujo de actuales trabajos para establecer el modelo se muestra en la Fig. 4.3.1.

4.3.2 Modelo de Escurrimiento de Polutantes

Tal como se muestra en la Fig. 4.3.2 toda la cuenca del río Choqueyapu incluyendo todos sus tributarios fueron divididos en 8 tramos. Las secciones terminales de los tramos fueron los puntos de control de calidad de aguas y caudal del río Choqueyapu, y a su vez puntos para evaluar la calidad de las aguas del río.

Tramo	Punto	Comentario
1	R1	Area no contaminada
2	R2	Algunas villas, pastizales de alpacas, ovejas, etc.
3	R3	Zona industrial, algunas comunidades
4	R4	Area densamente poblada, zona comercial
5	R5	Zona residencial, algunos hospitales
6	R9	Zona industrial y residencial, afluentes tributarios (Kotahuma y Orkojahuirá)
7	R14	Nueva zona residencial, afluente de tributarios (Irpavi, Achumani, Huafajahuira)
8	R15	Area sub-urbana.

Los tributarios fueron a su vez divididos en varios bloques para estimar la descarga de aguas residuales y la carga de polución.

Las cantidades de descarga de aguas residuales y carga de polución para cada bloque de descarga fueron estimadas mediante la comparación de los valores computados con los realmente observados.

4.3.3 Discusión de la Calidad Actual de las Aguas

Los valores de caudal simulados para la época seca se presentan en la Tabla 4.3.1 y en la Fig 4.3.3, y los de BOD se muestran en la Tabla 4.3.2 y la Fig. 4.3.4, y los de DO en la Tabla 4.3.3 y Fig. 4.3.5, con las respectivas comparaciones con valores observados. De estos resultados, el modelo puede ser juzgado apto para simular la actual calidad de aguas del río Choqueyapu.

Por lo tanto, este modelo de simulación puede ser aplicado para predecir calidad de aguas en el futuro y para evaluar los efectos de las medidas de control de polución a ser consideradas en el presente estudio.

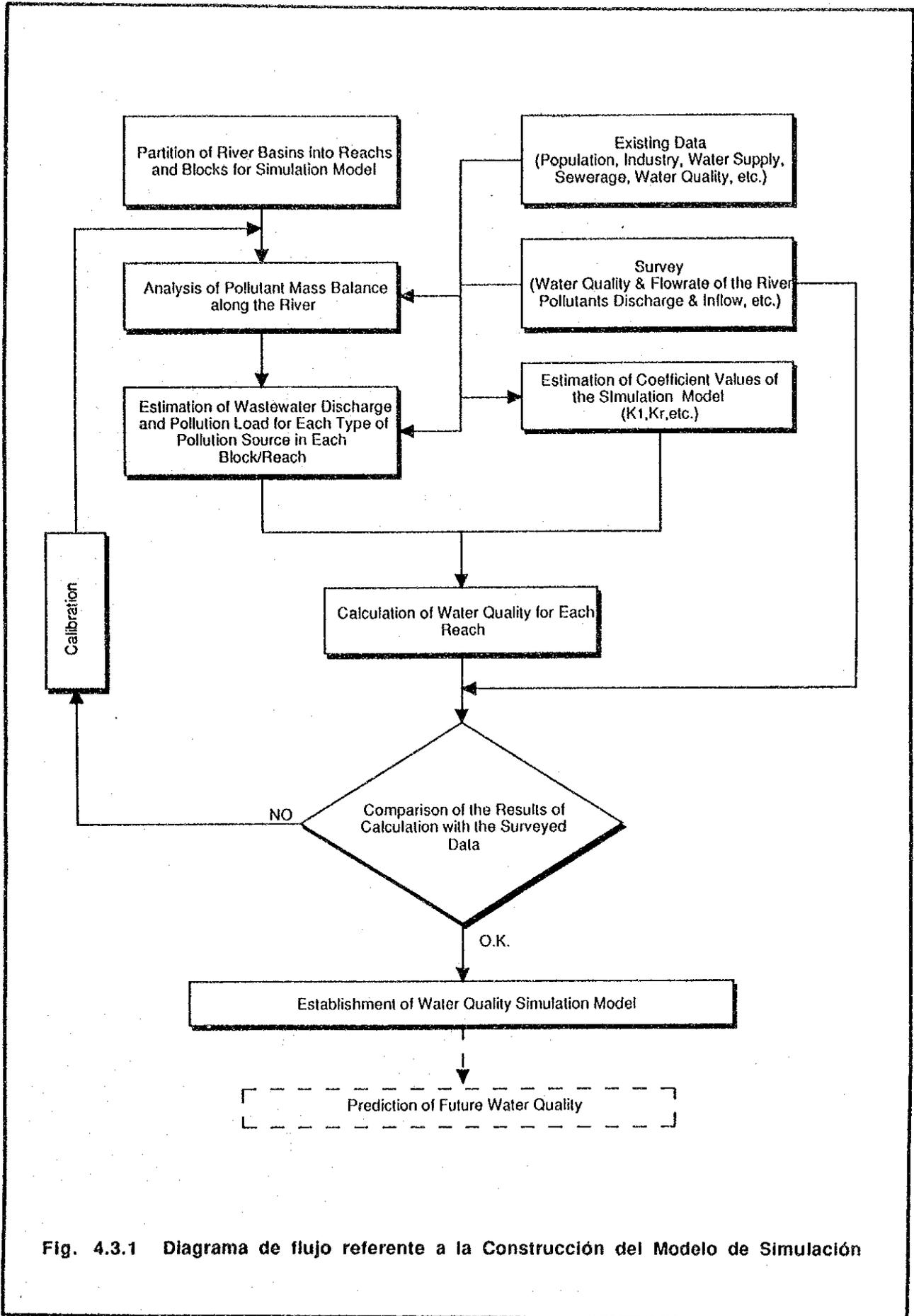


Fig. 4.3.1 Diagrama de flujo referente a la Construcción del Modelo de Simulación

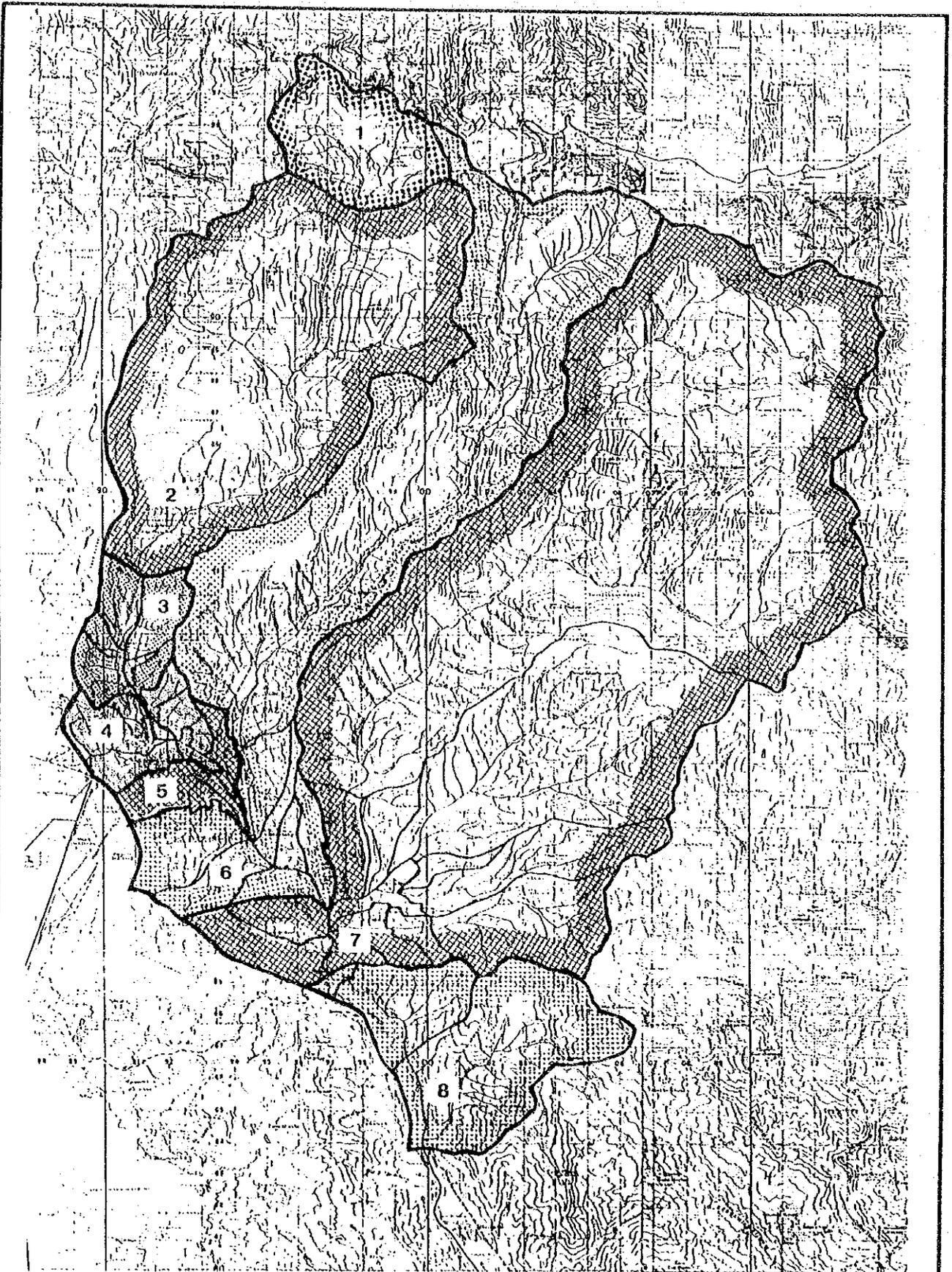


Fig. 4.3.2 Partición de los Tramos para el Modelo de Simulación de Calidad de Aguas

Tabla 4.3.1 Comparison of Simulated River Flowrate with Observed Data

Evaluation Point	Distance (km)	Flow Rate (m ³ /sec)		
		Observed Value		Result of Simulation
		(22/Apr./1992)	(29/Apr./1992)	
R1	0	0.11	0.08	0.10
R2	16	0.31	0.17	0.24
R3	20	0.62	0.31	0.43
R4	23	1.03	0.74	0.98
R5	26	1.31	1.34	1.33
R9	30	1.55	1.58	1.58
R14	32	2.48	2.62	2.55
R15	39	2.82	3.00	2.96

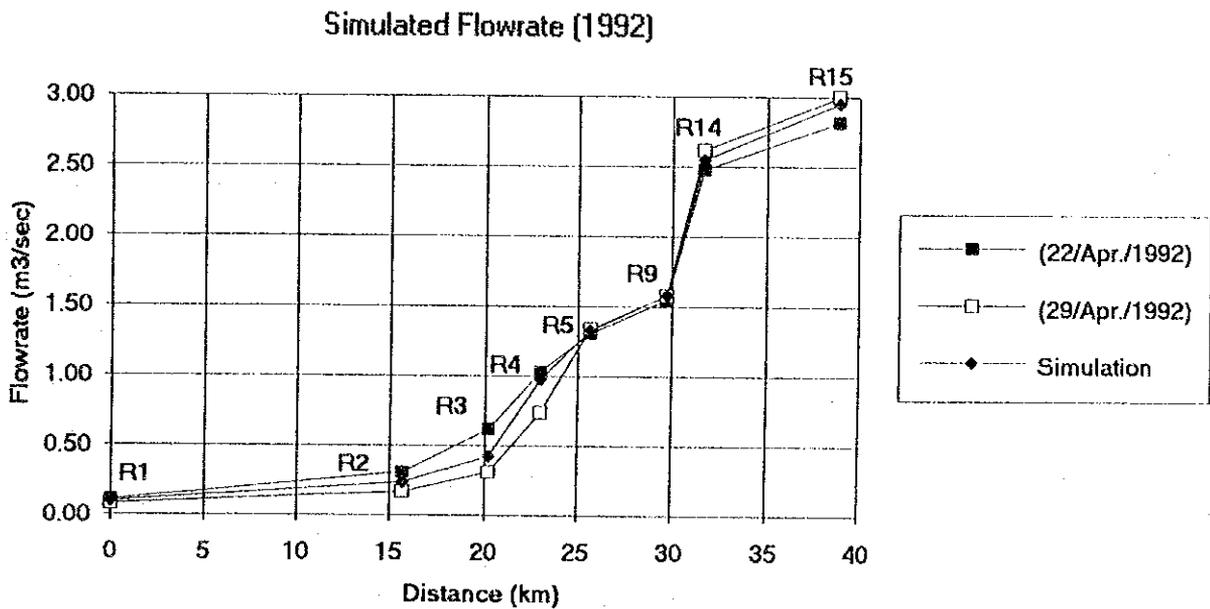


Fig. 4.3.3 Bloques de Descarga y Puntos de Afluencia

Tabla 4.3.2 Comparison of Simulated River Water Quality (BOD) with Observed Data

Evaluation Point	Distance (km)	BOD Concentration (mg/l)		
		Observed Value		Result of Simulation
		(22/Apr./1992)	(29/Apr./1992)	
R1	0	1.3	0.9	1.2
R2	16	2.2	2.1	2.2
R3	20	67.5	68.4	67.8
R4	23	115.0	169.0	151.7
R5	26	127.0	151.0	143.0
R9	30	109.0	97.0	107.1
R14	32	75.0	76.0	71.1
R15	39	51.0	58.0	54.3

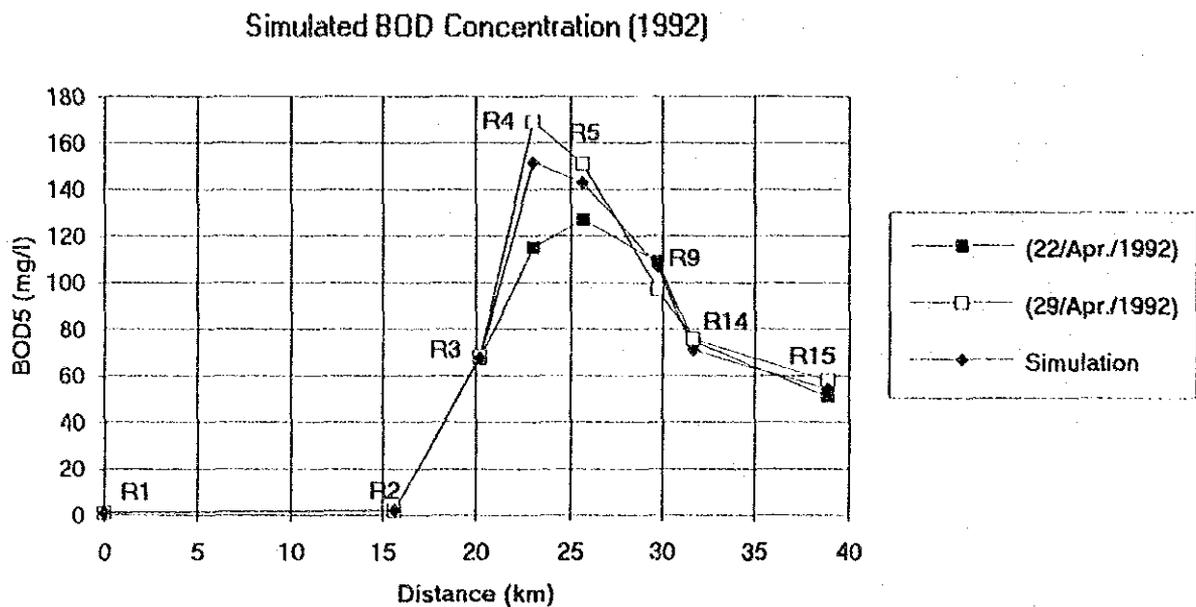


Fig. 4.3.4 Comparación entre los Caudales Simulados y los Datos Observados

Tabla 4.3.3 Comparison of Simulated River Water Quality (DO) with Observed Data

Evaluation Point	Distance (km)	DO Concentration (mg/l)			Rate of Saturation (%)
		Observed Value		Result of Simulation	
		(22/Apr./1992)	(29/Apr./1992)		
R1	0	2.3	3.7	3.0	42.5
R2	16	2.7	4.1	3.4	47.9
R3	20	2.8	4.6	3.7	51.6
R4	23	2.7	3.8	3.3	45.2
R5	26	3.3	2.7	3.0	41.6
R9	30	3.6	3.1	3.4	46.3
R14	32	3.2	3.0	3.0	41.5
R15	39	3.7	2.9	3.2	44.5

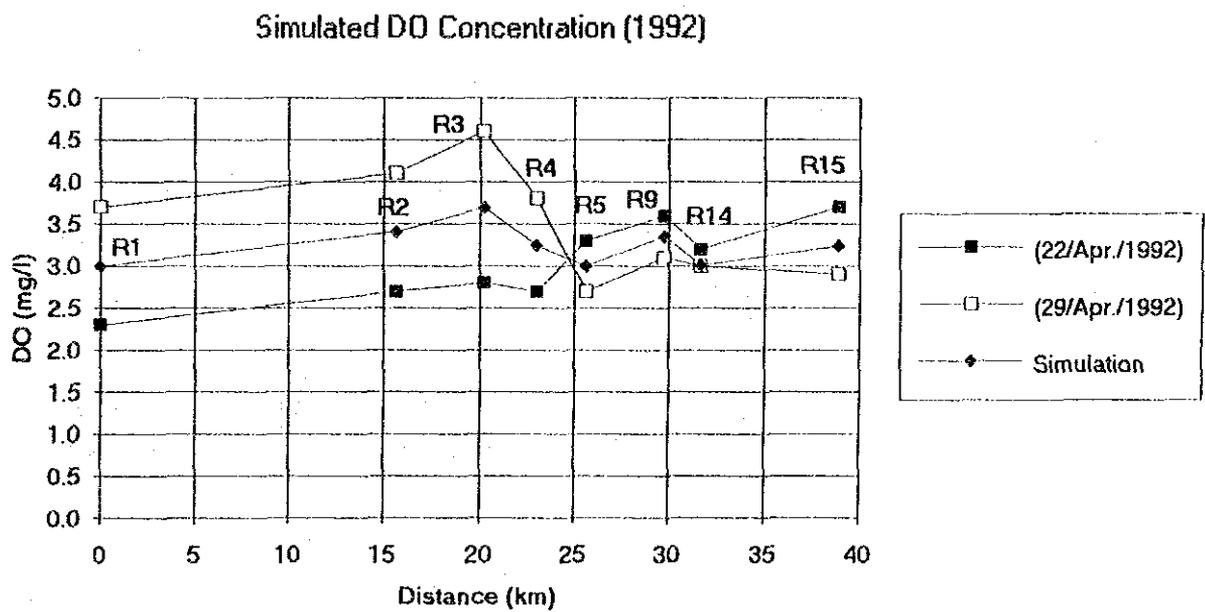


Fig. 4.3.5 Comparación entre la Calidad de Agua Simulada y los Datos Observados.

4.4-. Predicción de la Calidad Futura de Aguas sin Control de Polución

4.4.1 Cantidad de Generación de Polutantes

La calidad futura de aguas para el río Choqueyapu fue predecida para los años 1995 y 2010. La manera de estimar la generación de polutantes es la misma que la de la sección 4.1.

El encuadre social para el futuro descrito en la sección #.4 fue utilizado como base para estimar la cantidad de generación de polutantes.

En la Zona Central (Bloque A ~ F), se espera que la población se incremente en solo un 3.0% durante los siguientes dieciocho años (de 1992 a 2010), ya que la presente población esta cerca de alcanzar el punto de saturación. Por otro lado, se espera que la población de la Zona Sur se incremente hasta el triple de la de 1992. El incremento de generación de polución en el futuro reflejará tal aumento de la población. Los rangos de incremento de la descarga de aguas residuales fue estimada en 5% (hasta 1995) y 35% (hasta 2010) en la Zona Central, y de 38% (hasta 1995) y 500% (hasta 2010) en la Zona Sur..

El incremento de descarga de aguas residuales en la Zona Central se origina principalmente en el incremento de descarga per capita que refleja el mejoramiento del estándar de vida, y el incremento en la Zona sur es principalmente causado por el incremento de la población.

Por ende, la polución del agua del río Choqueyapu tiende a desplazarse hacia los tributarios inferiores, correspondiendo con la dirección del crecimiento urbano de la Ciudad de La Paz.

4.4.2 Calidad de Aguas de Río.

Las calidades de aguas de río en la época seca en 1995 y 2010 fueron predictas por el desarrollo del modelo de simulación. Los resultados para DBO se presentan en la Fig. 4.4.1 y la Fig. 4.4.2, y los resultados para OD se muestran en la Fig. 4.4.3 ya la Fig. 4.4.4.

Como se ha mencionado en la previa sección, se predice un incremento significativo de la concentración de BOD en los tributarios inferiores representados por los puntos R14 y R15. En proporción inversa al incremento de DBO, se predice un pequeño decrecimiento de la concentración de OD para el año 2010.

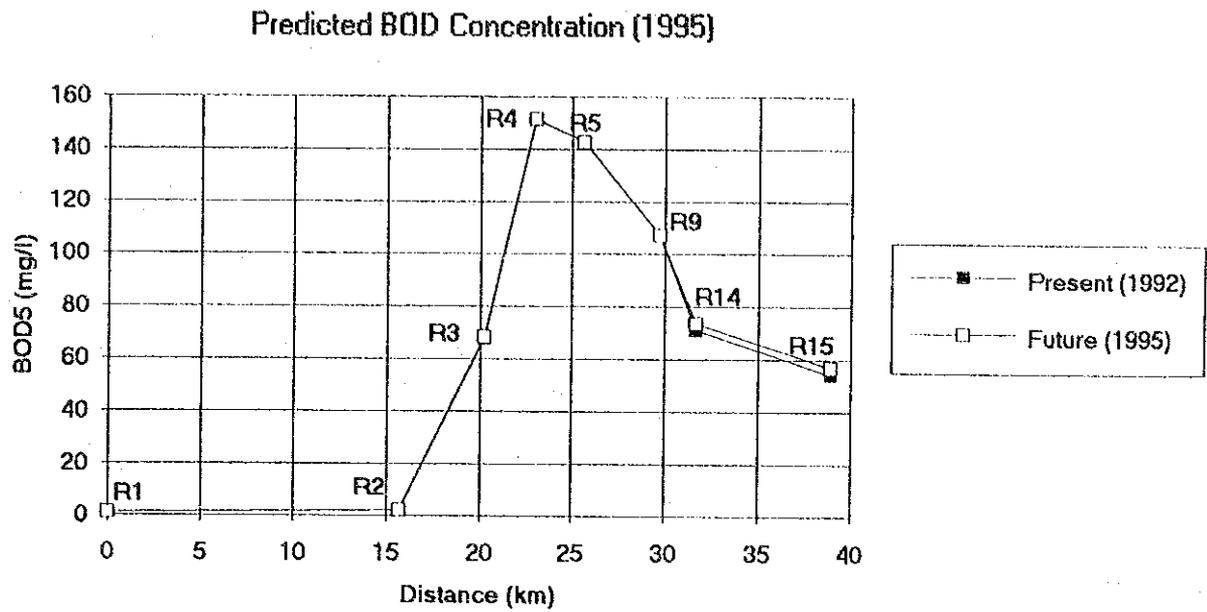


Fig 4.4.1 Calidad [BOD] de Agua de Río Predicta (No Controlada) para 1995

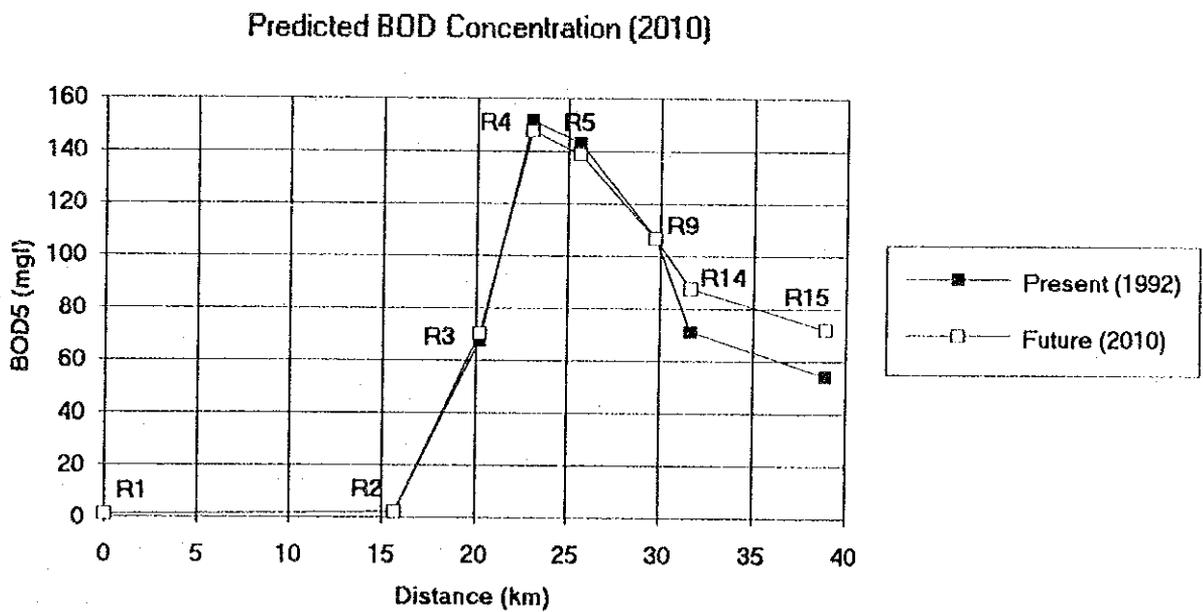


Fig 4.4.2 Calidad [BOD] de Agua de Río Predicta (No Controlada) para 2010

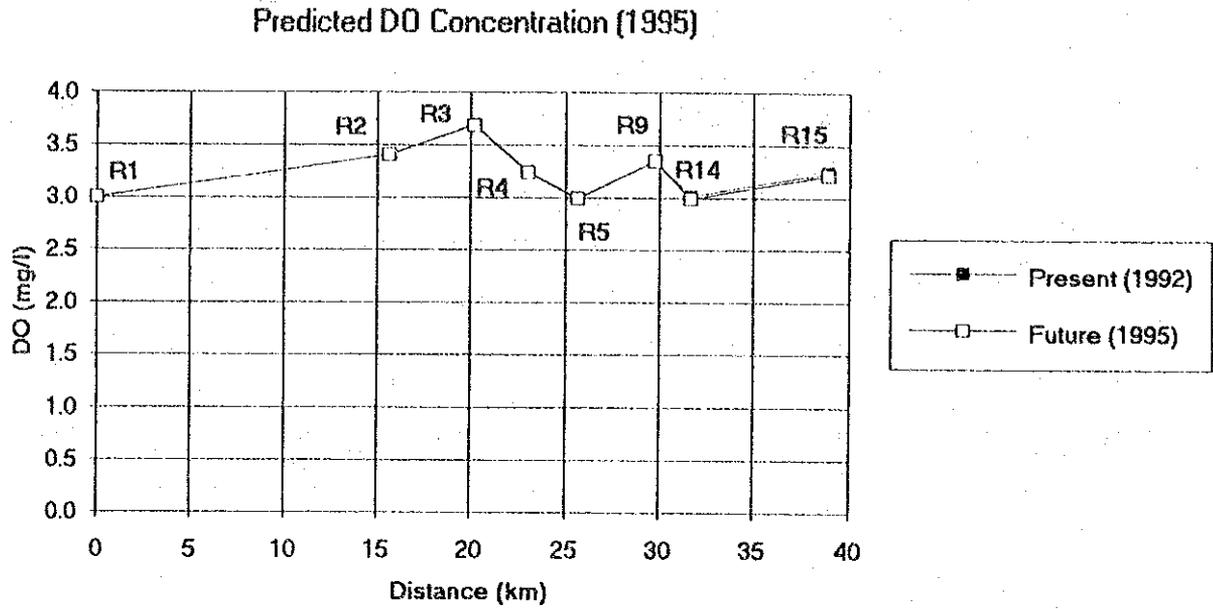


Fig 4.4.3 Calidad [DO] de Agua de Río Predicta (No Controlada) para 1995

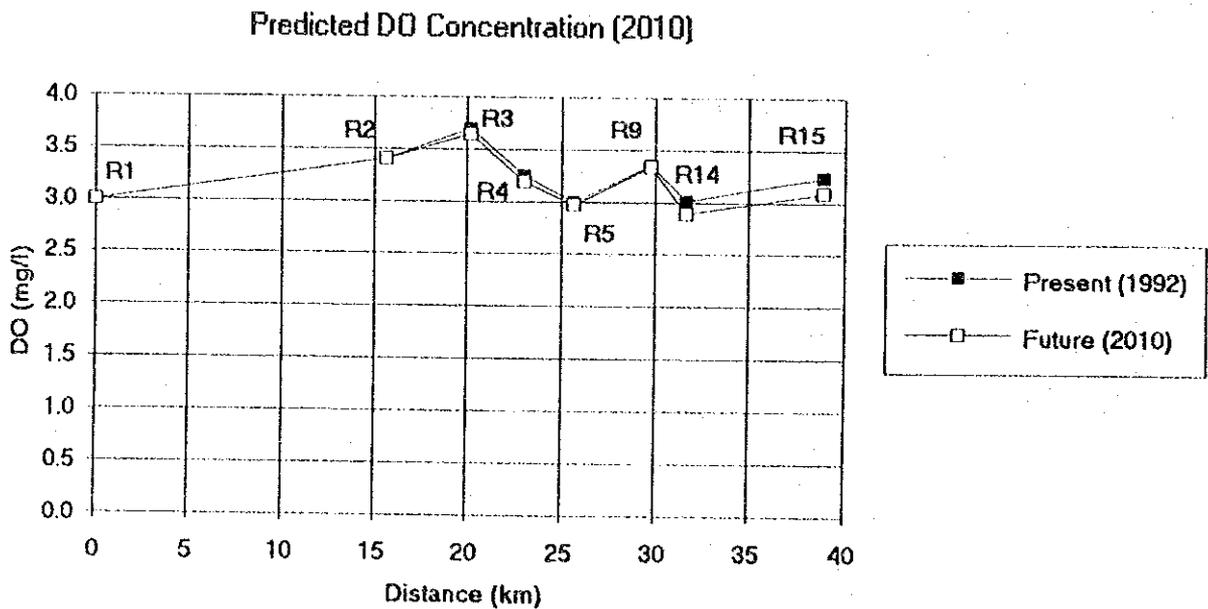


Fig 4.4.4 Calidad [DO] de Agua de Río Predicta (No Controlada) para 2010

CAPITULO 5

FORMULACION DEL PLAN BASICO

5.1-. Conceptos del Plan Básico:

Es de conocimiento que la polución acuática en las áreas urbanizadas y en los cursos inferiores se debe a la descarga de agua residual sin tratamiento de las residencias, industrias, hospitales, edificios públicos y otras fuentes.

Se recomienda encaecidamente incluir en el Plan Básico de Mejoramiento de Calidad de Aguas, medidas que se encaminen a reducir la carga de polutantes fluviales.

Por lo tanto, el plan de mejoramiento de la calidad de las aguas debe incluir, además de medidas de mitigación no-estructurales medidas que reduzcan la carga de contaminantes antes de desembocar en los ríos. El Plan Básico se propone mejorar la calidad de las aguas a través de la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales. Las plantas de tratamiento significan grandes inversiones, largos períodos de implementacion y una organización fuerte para manejarlas. Estos requerimientos exceden la actual capacidad del organismo a cargo tanto económica como operacionalmente. Aún así, es importante tratar de lograr los objetivos propuestos haciendo todo lo posible por realizarlos.

5.2-. Selección de Alternativas para el Plan Básico

5.2.1 Medidas Concebibles:

Luego de una inspección preliminar, se proponen 4 medidas en el área para mejorar la calidad de las aguas de los ríos:

- Reducción de la carga de contaminantes a los ríos a través del tratamiento de las aguas residuales.
- Dilución de las aguas fluviales.
- Purificación directa de las aguas fluviales.
- Desviaciones.

Sin embargo, a excepción de la reducción de la carga de contaminantes , las otras no son apropiadas para el Plan Básico, ya que:

- i) las aguas fluviales se encuentran muy poluídas para ser mejorads a través de estos métodos.

ii) las aguas fluviales acarrearán una gran cantidad de sólidos en suspensión, principalmente arenas provenientes de las cabeceras. El tratamiento de las aguas incluiría por tanto, el tratamiento de lodos con alto contenido de arenas, y ello no es práctico.

Por lo tanto, se propone como medida del Plan Básico implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales complementado con otras medidas concebibles.

En el caso de la ciudad de La Paz, la planificación de un sistema de tratamiento de aguas residuales se ve dificultada por sus características topográficas, agudas diferencias altitudinales y escasez de lugares llanos y planos. Ello constituye un factor limitante importante para la capacidad de las plantas de tratamiento localizadas cerca de las áreas de recolección, dependen de la disponibilidad de tierras. Es por ello que la construcción de la planta está siendo estudiada cuidadosamente tomando en consideración lo anteriormente mencionado.

La capacidad máxima de tratamiento (utilizando todas las tierras disponibles) en el área urbanizada es de 300.000 m³/día (calculado por métodos de tratamiento convencionales) mientras que la cantidad de agua residual a tratar es estimada en 200.000 m³/día aproximadamente. La mayor extensión de tierra en la Zona Sur (Calle Los Mardos) podría 200.000 m³/día. Sin embargo, tierras disponibles para el sitio de la planta de tratamiento en la Zona Central incluyendo la cuenca del río Orkojahuirá, la cual es el área donde se genera la gran parte de las aguas residuales, podría permitir la construcción de plantas con una capacidad total de 60.000 m³/día solamente. A pesar de que se podrían construir plantas de tratamiento en todas las áreas disponibles de la Zona Central y tratar las aguas residuales de acuerdo a los rangos de capacidad máxima estimada, se tratarán sólo el 50% de las aguas residuales generadas en la Zona Central. Actualmente, la construcción de todas las plantas sería difícil, debido a problemas ambientales y se necesitaría bombeo para algunos sitios puesto que algunas de las plantas se localizarían en lugares muy altos. Por ende, se hace necesario encontrar tierras fuera de la Zona Central para tratar el 50 % restante; punto en el cual se requeriría de la construcción de una línea de conducción de aguas negras desde la Zona Central a lugar de la planta.

A ello hay que agregar que se han conducido una serie de estudios para investigar la factibilidad de construir plantas de tratamiento de agua residual en la Zona Central (ver Apéndice C). De acuerdo al estudio sólo 3 sitios han sido considerados para la construcción de la planta, con una capacidad total de 25.000 m³/día. Los costos estimados para llevar a cabo la obra de construcción de la planta en los 15 sitios propuestos es 50% más alto que construir una sola (en un lugar) con una capacidad mayor (20%).

Por lo tanto, la construcción de varias plantas, la opción descentralizada, es poco factible tomando en cuenta los costos y la disponibilidad de tierras.

5.2.2 Alternativas del Plan Básico

Se propone como medida viable la construcción de una planta de tratamiento centralizada.

En el área hay 2 lugares en los cuales la construcción de la planta es factible; una es la parte baja del río Irpavi y la otra sería cerca del puente Lipari. Obviamente hay más de 2 opciones si se consideran diferentes métodos de tratamiento.

(1) Opción Irpavi

El esquema total de Plan Básico se puede observar en la Fig. 5.3.1. Los componentes estructurales del Plan son:

1) Bocatoma de agua- vertedero

La toma-vertedero deberá ser instalada en el curso superior del río Choqueyapu donde este confluye con el río Orkojahuirra en Kantutani. El río Choqueyapu sobre el punto de la toma es considerado como un canal de alcantarilla y el flujo durante la época seca sería enviada a la planta de tratamiento.

2) Tuberías de desagüe

Las aguas residuales provenientes de la Zona Central podrían ser recolectadas desde el río Choqueyapu tal como se mencionó anteriormente. Las aguas residuales de otros lugares serán transmitidas a través de tuberías de alcantarillado. Las rutas de las líneas de tuberías se muestran en la Fig. 5.2.1

(2) Planta de tratamiento de aguas residuales

A. Condiciones de Diseño

La planta de tratamiento de aguas residuales debiese satisfacer las siguientes condiciones de diseño:

- Cantidad de agua diseñada	230.000 m ³ /día para el año 2010; promedio diario de flujo de aguas negras más el flujo de la estación del río Choqueyapu		
- Calidad de agua	en la entrada	DBO	250 mg/l
		SS	250 mg/l
	a la salida	DBO	50 mg/l
		SS	70 mg/l
- Método de tratamiento	Método convencional de sedimentos cloacales altamente activados: sedimentación primaria + rápida aireación y sedimentación + desinfección		

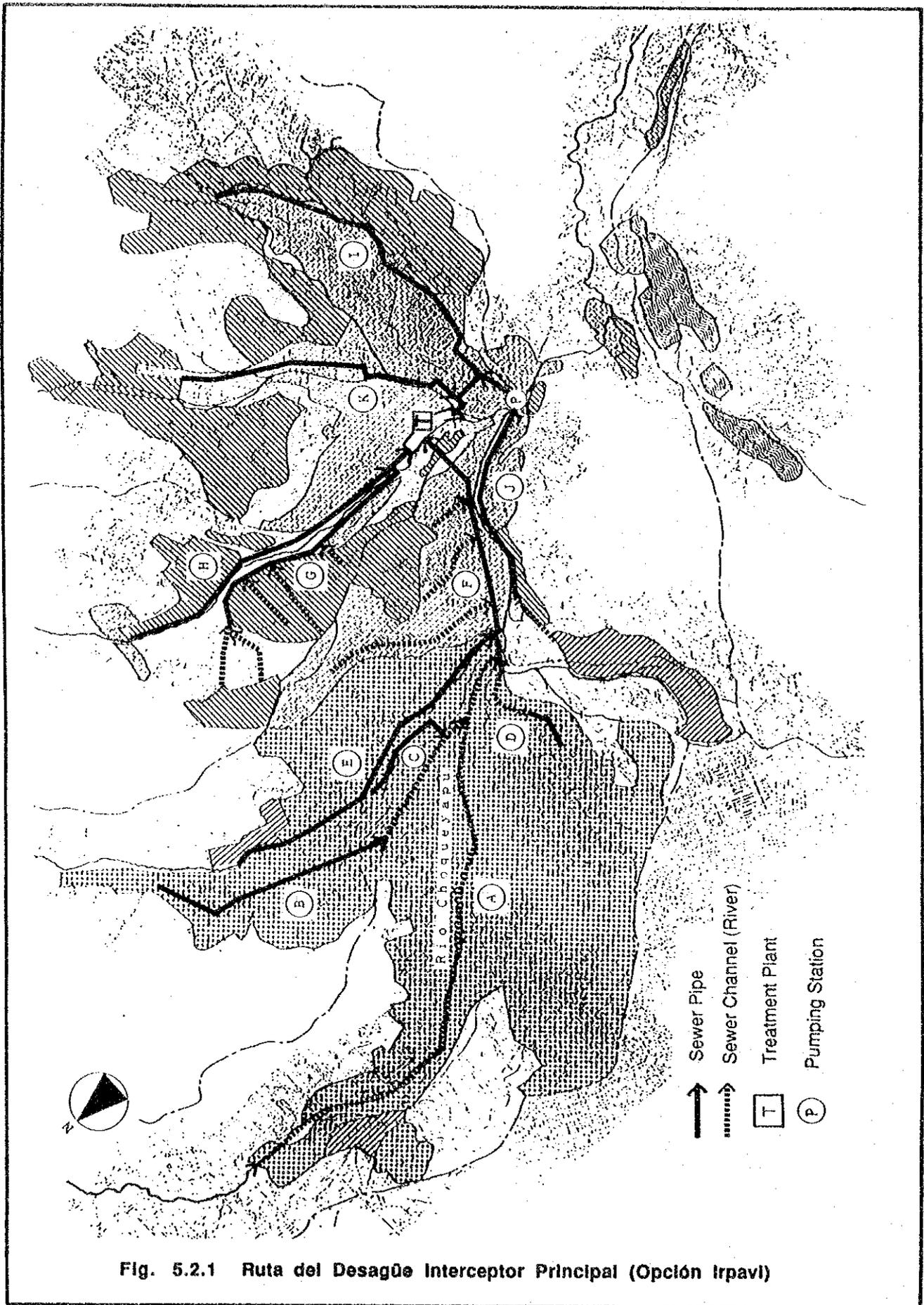


Fig. 5.2.1 Ruta del Desagüe Interceptor Principal (Opción Irapavi)

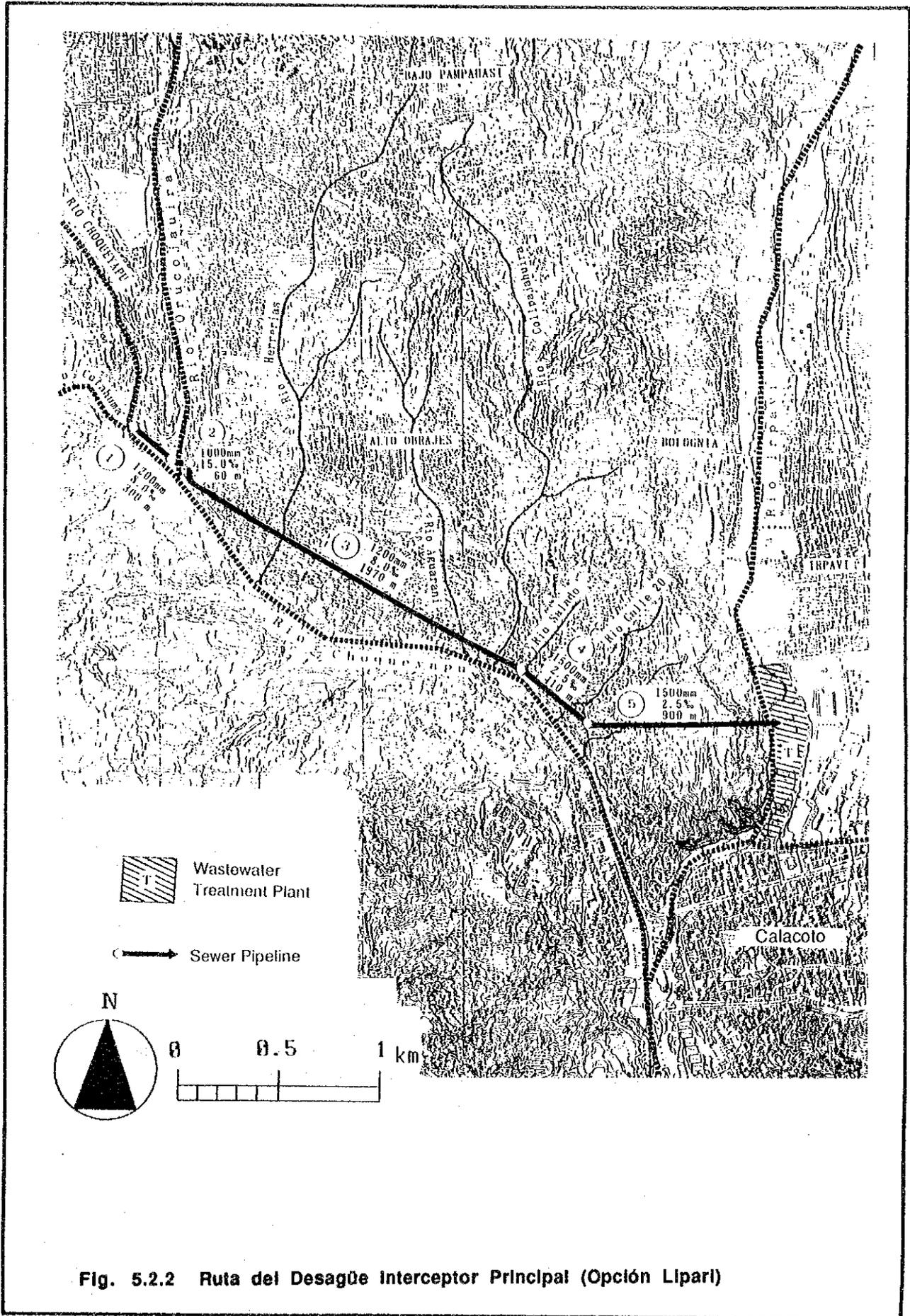


Fig. 5.2.2 Ruta del Desagüe Interceptor Principal (Opción Lipari)