Capítulo 3

Administración Pública de Medio Ambiente en Bolivia

3-1 Administración pública de medio ambiente

3-1-1 Organización

En la figura 3-1-1 se presenta el organigrama de la administración ambiental. El principal órgano ejecutivo de asuntos ambientales es el Viceministerio de Recursos Naturales, Medio Ambiente y Desarrollo Forestal (VMRNMADF), del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación (MDSP), que cuenta con aproximadamente 83 staffs asignados en 20, 49 y 14 respectivamente para las divisiones de Políticas y Normas, Biodiversidad y Programas Especiales. El VMRNMADF fue creado bajo el reglamento No. 23660 de la Ley No. 1493 el 12 de octubre de 1993, teniendo bajo su responsabilidad: 1) el establecimiento del plan nacional de protección ambiental; 2) preservación de recursos naturales; y, 3) protección del medio ambiente. El presupuesto total de VMRNMADF fue de en Bs. 111.554.567,00 en 1997; sin embargo, no es explícito en detalles por rubros. Por otro lado, debido entre otras razones a atrasos de proyectos de cooperación de fondos extranjeros, los gastos efectuados son mucho menores a los asignados. (Ver cuadro 3-1-1.)

La figura 3-1-2 muestra la actual organización de la Prefectura en administración ambiental y sus principales divisiones, establecido por ley el 16 de septiembre de 1997. La Jefatura de Recursos Naturales y Medio Ambiente que pertenece a la Dirección Departamental de Desarrollo Sostenible cuenta con dos unidades denominadas Gestión Ambiental y Ordenamiento Territorial; en total cuenta con tres funcionarios. El presupuesto anual de 1997 del Departamento de Recursos Naturales y el Departamento de Medio Ambiente no fue definido. El presupuesto anual de la Prefectura fue de Bs. 3.676.506,00; del cual, el Departamento de Desarrollo Sostenible tiene el 30% del total. (Ver cuadro 3-1-2.)

3-1-2 Administración ambiental en el ámbito nacional

Las actividades y servicios relacionados con asuntos ambientales son supervisados por las unidades de la Dirección General de Medio Ambiente, Políticas y Normas (Unidad de Planificación, Políticas y Normas; Unidad de Control de Calidad Ambiental; y, Unidad de Evaluación de Impacto Ambiental) del VMRNMADF. De acuerdo con la Ley del Medio Ambiente, el control de la calidad ambiental es supervisado por el VMRNMADF, teniendo dos instrumentos principales de aplicación: Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y Control de Calidad Ambiental (CCA) (ver figura 3-1-3).

Las actividades inherentes a EIA serán las bases para la administración ambiental nacional en la práctica, previniendo posibles daños ambientales y evaluando nuevos proyectos antes de su implantación. Las actividades inherentes a CCA serán las bases para administración ambiental nacional en la práctica, elaborando proyectos existentes y operaciones de las compañías con la finalidad de minimizar los daños ambientales de acuerdo a la legislación.

Todo proyecto nuevo debe ser evaluado por autoridades del Medio Ambiente competentes, bajo el sistema EIA; y las actividades en operación deberán ser evaluadas bajo el sistema CCA, existiendo una serie de sanciones para los casos de incumplimiento.

El marco institucional de estos dos sistemas se muestra en la figura 3-1-4, la cual muestra los vínculos existentes entre la Prefectura y la administración nacional.

Actualmente, la admisión de solicitudes y autorizaciones de Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y Declaración de Adecuación Ambiental (DAA) se realizan en las respectivas Prefecturas que a su vez se encargan del trabajo de revisión y verificación. Para proyectos de nivel nacional la jurisdicción sería del VMRNMADF. Adicionalmente, si los proyectos pertenecen a los sectores minero y/o hidrocarburos que ya se encuentran en actividad y cuentan con autorizaciones de funcionamiento; el proceso de verificación y aprobación del FA (Ficha

Ambiental) y MA (Manifiesto Ambiental), a cargo de la Prefectura de la jurisdicción, deberá considerar opiniones de los sectores correspondientes. Sin embargo, el análisis sobre la continuidad de actividades previamente autorizadas está a cargo de divisiones especializadas de la jurisdicción.

3-1-3 Administración ambiental en el ámbito de Prefecturas y Municipios

Las Prefecturas y los Municipios han iniciado recientemente la administración de actividades ambientales. Basado en las políticas de descentralización establecidas a fines de 1997, las autoridades de la Prefectura han informado el sistema y asignando responsabilidad otorgando presupuesto a tres de sus dieciséis regiones, con la finalidad de que se realicen la mayor parte de EIA y CCA. En el ámbito de la Prefectura, la administración ambiental en cooperación con VMRNMADF, deberá definir las políticas ambientales específicas para cada región.

Sin embargo en el caso del Departamento de Potosí, debido al declive económico de la región, es más difícil mantener los ideales de desarrollo sostenible. La región prosperó en el pasado, gracias a la cuasi única industria del área, que es la minería. Sin embargo, la caída de los precios internacionales de los metales y la práctica de tecnología obsoleta en el sector, han causado que en el Departamento de Potosí no se cuente con suficiente soporte económico para el sector minero, de modo que pueda invertir en mejoras pro beneficio del medio ambiente. Como ejemplo, a principios de 1998, una de las más grandes compañías de Potosí presentó su MA, como primera aplicación en esta prefectura. Los procedimientos y resultados de su evaluación podrían ser tomados como guía para otras compañías, nuevos proyectos y por entidades que promuevan y/o ejecuten sus actividades en esta región. Sin embargo, para el sector minero y los ingenios se ha prorrogado el término de cumplimiento a 2 años.

3-1-4 Organización administrativa de asuntos ambientales del sector minero

La administración del sector minero está a cargo del Ministerio de Desarrollo Económico. La administración directa a cargo del Viceministerio de Minería y Metalurgia. Este cuenta con dos Direcciones Generales: uno de Minería y otro de Metalurgia. La división de asuntos ambientales se encuentra bajo la Dirección General de

Minería (ver figura 3-1-5). La administración de asuntos ambientales del sector minero deberá cooperar con VMRNMADF para ejecutar las siguientes actividades:

① Propuesta de políticas, normas y actividades de protección y mejoramiento del medio ambiente compatible al desarrollo de la industria minera y metalúrgica.

② Cumplimiento de funciones y realización de actividades establecidas en el reglamento de la ley de medio ambiente relacionadas con protección y conservación del medio ambiente de actividades metalúrgicas; asimismo, verificación, supervisión y control de aplicación y cumplimiento de los reglamentos.

③ Promoción de investigaciones orientadas a planeamiento y control del medio ambiente en actividades mineras y metalúrgicas. Además fomento de nuevas tecnologías que puedan contribuir a predecir y/o eliminar elementos que causen deterioro del medio ambiente.

Cuadro 3-1-1 Presupuesto del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación (Presupuesto de Fondo de Recursos de 1997 en Bolivianos)

Fondo de Recursos	Importe
Informe Nacional del Tesoro Nacional	27.503.205
Transferencias del Tesoro Nacional	6.990.899
Transferencia de Crédito	38.142.324
Transferencia de Donación	13.760.520
Crédito Externo	6.250.000
Donación	18.907.619
Total	111.554.567

Cuadro 3-1-2 Presupuesto del Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente (Departamento de POTOSÍ)

Fondo de Recursos	Unidad (B/. ó %)				
	Prefectura	Departamento de Desarrollo Sostenible	Tasa	Jefatura de Recursos Naturales y Medio Ambiente	Tasa
	A	B	B/A	C	C/B
Recursos Especiales	1.916.780	546.492	28,51%	n.d.	n.d
Transferencia del Tesoro Nacional	1.667.346	541.103	32,45%	n.d.	n.d
Otros	92.371	0	0,00%	0	0
Total	3.676.506	1.087.595	29,58%	n.d.	n.d

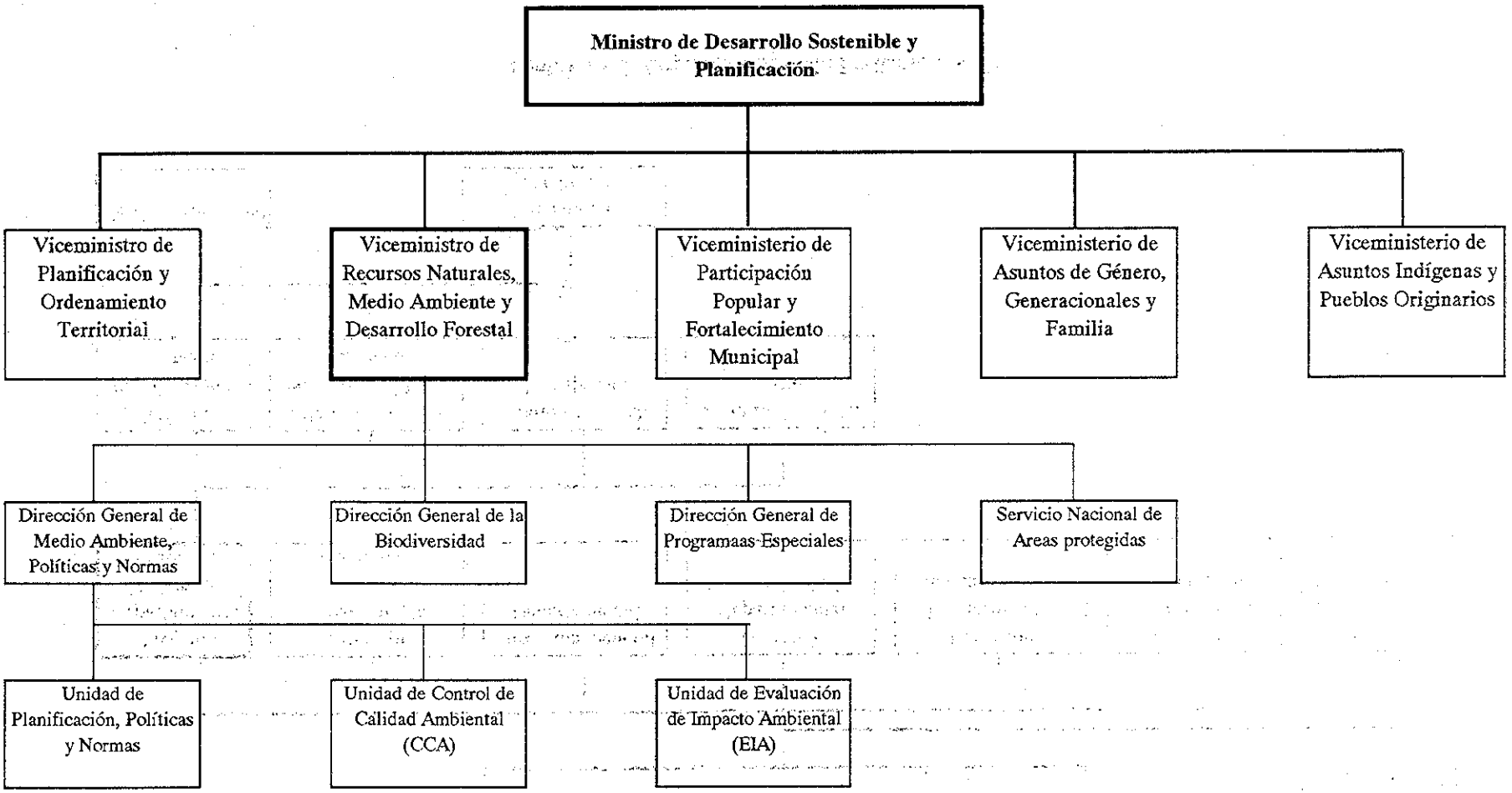


Figura 3-1-1 Organigrama del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación (MDSP)

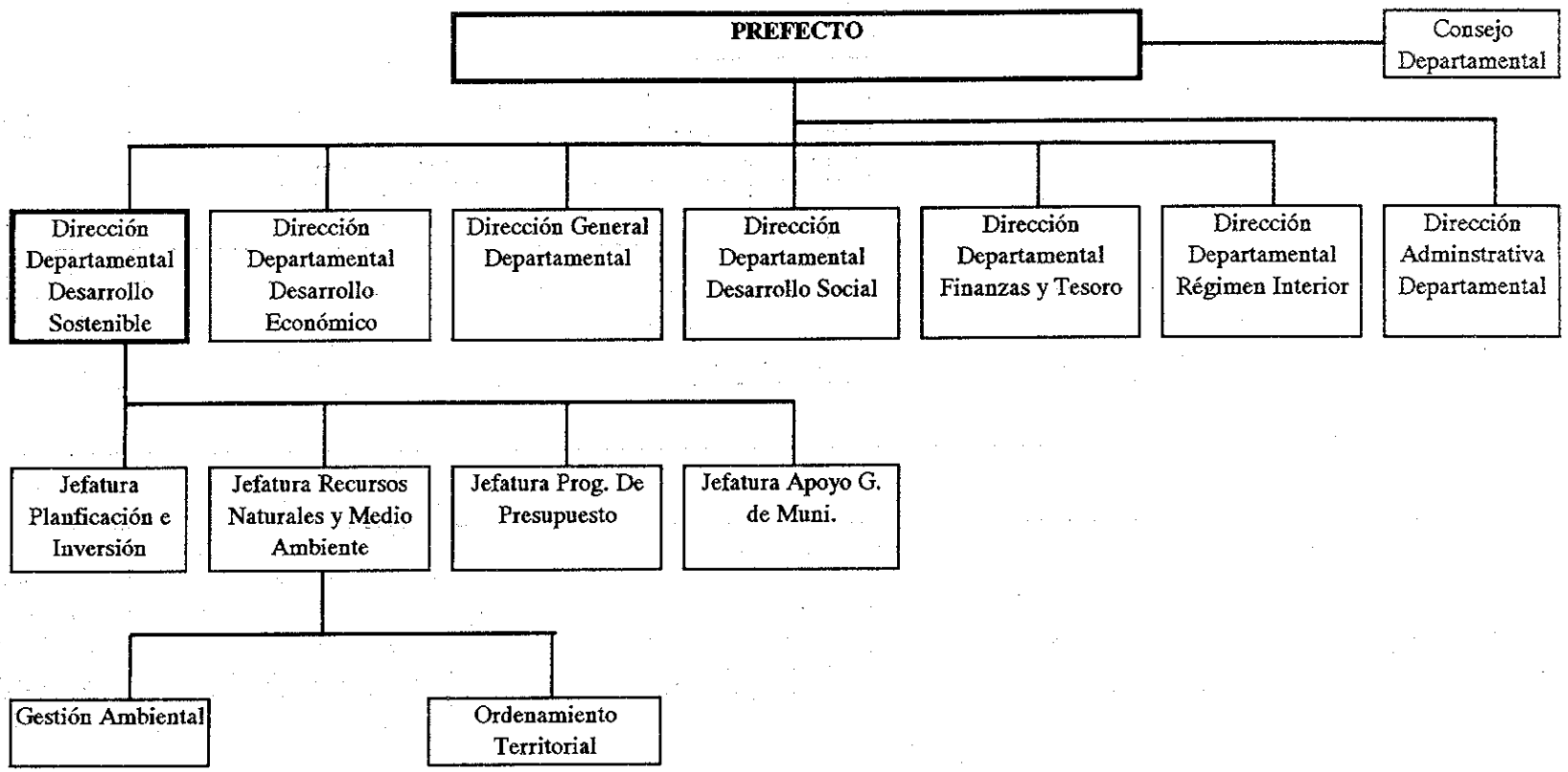


Figura 3-1-2 Organigrama de la Prefectura de Potosí

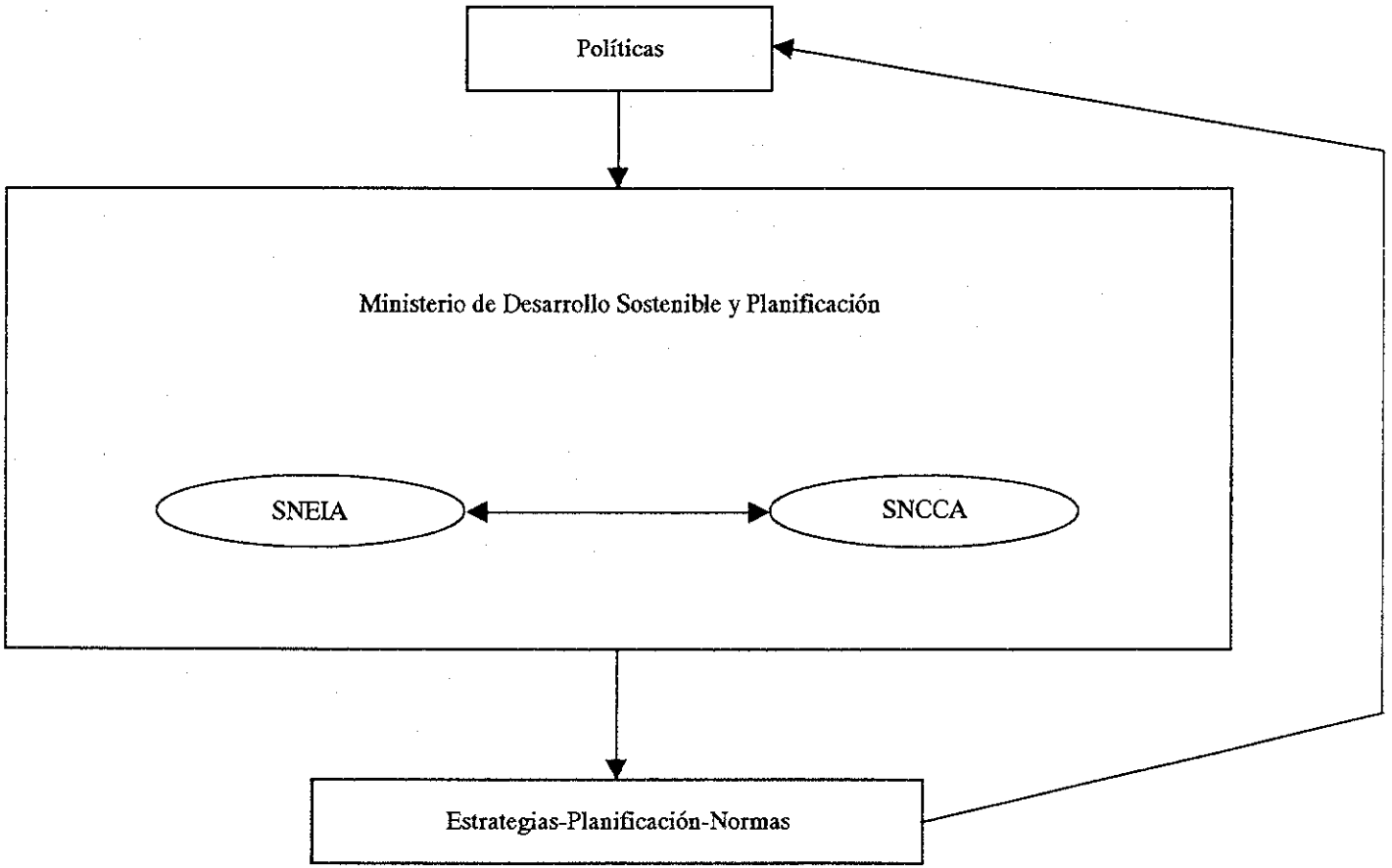


Figura 3-1-3 Esquema de Suprevisión Cualitativo del Medio Ambiente

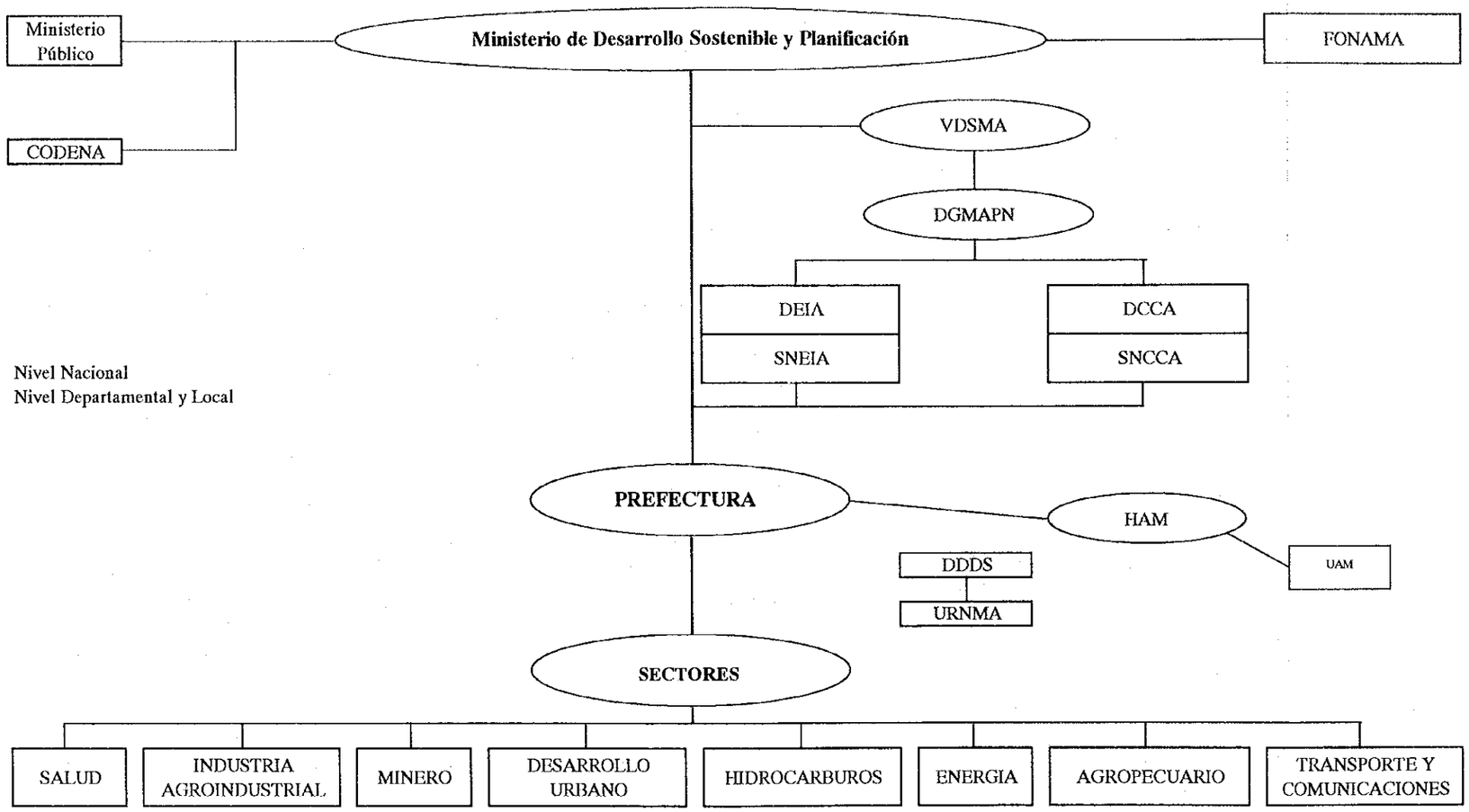


Figura 3-1-4 Marco Institucional del MDSP

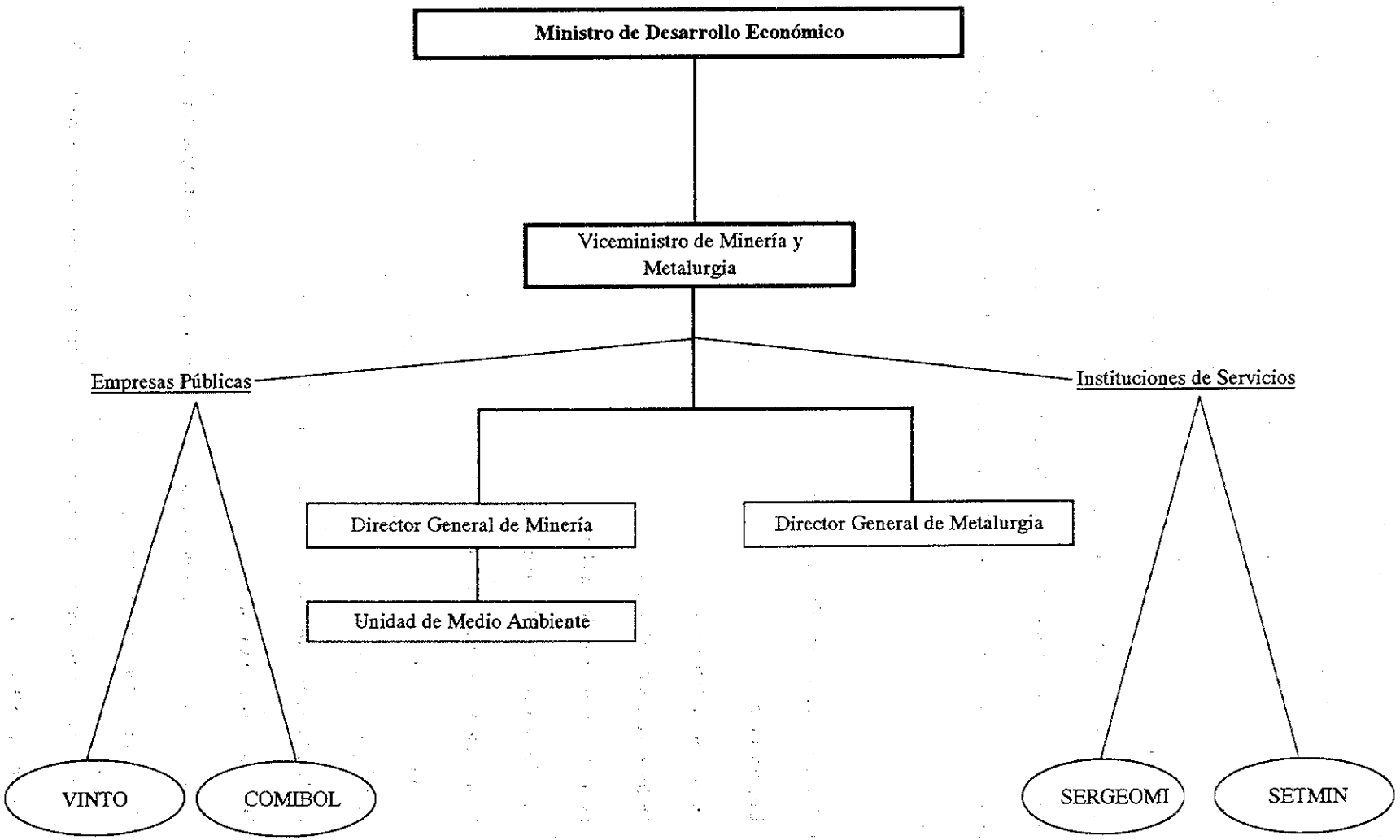


Figura 3-1-5 Organigrama del Sector Minero de Bolivia

3-2 Legislación y normas ambientales de Bolivia

3-2-1 Legislación de medio ambiente

La Ley N° 1333 o Ley del Medio Ambiente (vigente actualmente), fue promulgada el 27 de Abril de 1992. Establece normas generales de regulación, no así sobre normas ambientales relacionadas a actividades particulares. El objetivo principal de esta ley es proteger y conservar el medio ambiente sin afectar el desarrollo del país. Dicha Ley consta de 118 artículos en 12 títulos y 34 capítulos, los cuales contienen normas generales sobre medio ambiente, incluyendo varios aspectos sobre la población y su salud. Por otra parte, incluye aspectos relacionados a recursos naturales renovables y no renovables, educación ambiental, participación ciudadana, establecimiento de sanciones, etc.

El contenido de la ley se puede resumir como sigue:

Título 1. Disposiciones

Título 2. De la Gestión Ambiental

Título 3. De los Aspectos Ambientales

Título 4. De los Recursos Naturales en General

Título 5. De la Población y el Medio Ambiente

Título 6. De la Salud y el Medio Ambiente

Título 7. De la Educación Ambiental

Título 8. De la Ciencia y Tecnología

Título 9. Del Fomento e Incentivos a las Actividades del Medio Ambiente

Título 10. De la Participación Ciudadana

Título 11. De las Medidas de Seguridad, de las Infracciones Administrativas y de los Delitos Ambientales.

Título 12. De las Disposiciones Transitorias

En la figura 3-2-1 se muestra un panorama completo sobre la legislación relacionada a protección ambiental y normas referidas en el presente informe.

3-2-2 Reglamentos de la ley de medio ambiente

La Ley del Medio Ambiente se fue perfeccionando como un instrumento práctico, a partir de su promulgación el 8 de diciembre de 1995, con el número 24176. La norma de la Ley del Medio Ambiente cuenta con seis reglamentos referidos a los procedimientos generales sobre prevención y control del medio ambiente, materiales que contaminan la atmósfera, materiales que contaminan el agua, actividades y substancias peligrosas y control de deshechos sólidos.

La sinopsis del contenido de los seis reglamentos es como sigue:

① Reglamento general de gestión ambiental: Compilación general sobre determinación y ejecución de actividades referidas al desarrollo sostenible.

② De prevención y control ambiental: EIA y CCA.

③ En materia de contaminación atmosférica: Prevención y control de contaminación del aire para mejoramiento de calidad de vida y salud de la población.

④ En materia de contaminación hídrica: Prevención y control de contaminación de aguas.

⑤ Para actividades con substancias peligrosas: Dentro del marco del desarrollo sostenible, el establecimiento de métodos de gestión relacionados a reducción de riesgos en actividades que manipulan substancias peligrosas.

⑥ De gestión de residuos sólidos: Establecimiento de uso adecuado de los residuos sólidos con posibles efectos sobre seres humanos y animales.

3-2-3 Estándares

Los estándares ambientales y normas sobre calidad de emisión y descarga de substancias están definidos en los Reglamentos de la Ley de Medio Ambiente. Se definen los estándares para calidad de aire (estándares de calidad de aire y estándares de calidad de emisión de gases) y calidad de agua (estándares de calidad de agua y estándares de calidad de emisiones de efluentes). En el cuadro 3-2-1 se muestran los valores vigentes de normas ambientales y de emisiones de Bolivia.

3-2-4 Sanciones

En los artículos tercero y quinto del título VI de la Ley del Medio Ambiente se establecen los delitos contra el medio ambiente, clases y grados de delito; por otro lado, en el artículo primero del título IV del reglamento general de procedimientos, se establecen las diferentes sanciones y sus respectivos procedimientos. No existen ejemplos de ejecución de sanciones administrativas en el Departamento de Potosí ni en la República de Bolivia, pero tomando en cuenta el trabajo de evaluación de nuevos proyectos y actividades de CCA, el incumplimiento a la ley y sus reglamentos, es objeto de sanciones. En el cuadro 3-2-2 se muestra el detalle de sanciones y multas establecidas en la Ley de Medio Ambiente. Los delitos que constituyan violaciones a dicha ley y reglamentos que son sujetos a sanciones administrativas son los siguientes:

① El inicio de trabajos o actividades de proyectos sin la obtención de aprobación de su respectiva DIA.

② La omisión de presentación de FA, Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA, MA) o la presentación de información alterada a las autoridades de medio ambiente.

③ La omisión de presentación del MA dentro del plazo establecido.

④ El incumplimiento a resoluciones administrativas dictadas por autoridades competentes.

⑤ Modificación, ampliación o revisión de proyecto, trabajo o actividad sin cumplir el procedimiento de EIA.

⑥ La omisión de presentación de información sobre suspención de proyectos o trabajos y actividades a las autoridades competentes.

⑦ La falta de implantación de medidas correctivas y/o modificaciones post inspección dentro del plazo establecido.

⑧ La falta de aplicación de medidas correctivas en los programas prevención, modificación y/o adecuación.

Las sanciones administrativas descritas arriba alcanzan hasta multas equivalentes al 0,3% del valor de los activos de la compañía. En el peor de los casos, se podría cancelar la autorización de actividad.

3-2-5 Incentivos

El artículo segundo del título IV de la Ley del Medio Ambiente determina ciertas formas de incentivos para actividades que promuevan la protección del medio ambiente; y por otro lado, el artículo segundo del título V del Reglamento de la Ley establece asuntos generales relacionados a protección del medio ambiente. Los incentivos son considerados como apoyos mediante los cuales el Estado, compañías, organizaciones públicas y otros podrán promocionar la ejecución de actividades a favor de la protección del medio ambiente. Dichos incentivos podrán ser introducidos a través sistemas de concesiones, subsidios directos, incentivos tributarios, subsidios en costos financieros para inversión entre otras modalidades. La evaluación de cada proyecto sujeto a recibir incentivos deberá ser realizado por autoridades competentes, empleando parámetros establecidos, tomando en consideración los siguientes factores.

① Eficiencia ambiental

② Eficiencia económica

③ Viabilidad legal e institucional

④ Capacidad administrativa

⑤ Legitimidad y equidad

⑥ Impacto tributario

⑦ Impacto económico

3-2-6 Política de protección del medio ambiente en el sector minero

Se han establecido reglamentos ambientales relacionados a la actividad minera, como instrumentos legales basados en la situación crítica de esta actividad, como se detalla a continuación.

(1) Características críticas

① La práctica de tecnología obsoleta en el sector minero.

② Falta de "concientización" sobre daños causados por la minería e industrias metalúrgicas.

③ Insuficiente capacidad de organización institucional y falta de recursos financieros para cumplimiento efectivo del reglamento.

④ Crisis económica en la industria minera, debida a la drástica caída de precios internacionales de metales, causando considerable disminución en ingresos de personas jurídicas y naturales.

(2) Principales políticas para el sector minero:

① Mejoramiento del medio ambiente en sectores mineros y metalúrgicos, introduciendo operaciones eficientes y elevando la calidad de vida en comunidades mineras.

② Coordinación de políticas del sector minero con otros sectores para el desarrollo económico sostenible.

③ Solución de problemas de pasivos ambientales.

3-2-7 Legislación minera

El 17 de Marzo de 1997 se promulgó el Código de Minería No 1777 que contiene aspectos generales sobre la industria minera y promoción de inversiones extranjeras. En este Código se presenta temas relacionados a aspectos básicos de la actividad minera y fomento a la inversión extranjera. Asimismo, el marco legal básico relacionado al medio ambiente que involucra al inversionista extranjero en el sector minero.

Principales temas ambientales del Código de Minería:

① Deber de empresas mineras a seguir los principios de desarrollo sostenible.

② Complementa el vacío legal sobre responsabilidad ante pasivo ambiental.

③ Establecimiento en un documento base; autorizaciones y obligaciones relacionadas al medio ambiente, con la finalidad de integrar normas ambientales establecidas por el Estado e instituciones de fomento a las inversiones.

④ Establecimiento de normas específicas para promoción de protección ambiental reduciendo costos y simplificando procedimientos burocráticos en la obtención de licencia ambiental, en los casos de prospección y exploración de la pequeña minería, exceptuando áreas protegidas.

3-2-8 Reglamentos ambientales para actividades mineras

El 31 de Julio de 1997, fue promulgado el Reglamento Ambiental para Actividades Mineras con el numeral 24782, con el objeto de darle cumplimiento a obligaciones ambientales establecidas en el Código de Minería. A este reglamento le fue incorporado la Ley Minera No 1777, la Ley de Medio Ambiente No 1333 y reglamento de la Ley de Medio Ambiente No 24176 entre otros. Este determina las normas de la industria minera en detalle y promueve actividades de protección del medio ambiente.

Cuadro 3-2-1

Cuadro Comparativo de Estándares de Bolivia y Japón

Item		Bolivia			Japan	
Name	Simbol & Unit	Discharge	Environment "B"	Environment "C"	Discharge	Environment
Temperature	D.C.	(+)/(-)5	(+)/(-) 3	(+)/(-) 3		-
pH		6.9	6.0/9.0	6.0/9.0	5.8/8.6	6.0/7.5
Dissolved Oxygen		-	70% sat.	60% sat.	-	>5
Number of colonies of E. Coli	MPN/100ml	1,000	<1,000	<5,000	3,000	<5,000
Suspended Solid (max.)	SS	60	50	50	200	<100
Oil		20	nil	0.3	-	(Sea Nd.)
BOD		80	<5	<20	160	<8
COD		250	<10	<40	160	(Sea 5)
Arsenic	As	1.0	0.05	0.05	0.1	0.01
Cadmium	Cd	0.3	0.005	0.005	0.1	0.01
Copper	Cu	1.0	1.0	1.0	3.0	3.0
Hexavalent Chromium	Cr6+	0.1	0.05	0.05	0.5	0.05
Lead	Pb	0.6	0.05	0.05	0.1	0.01
Total Mercury	T-Hg	0.05	0.001	0.001	0.005	0.0005
Selenium	Se	0.5	0.01	0.01	0.1	0.01
Total Cyanogen	CN	1.0	0.1	0.2	1.0	Nd.
Phenol			1.0	5.0	5.0	-
Zinc	Zn	3.0	0.2	5.0	5.0	-
Soluble Manganese		10	1.0	1.0	10	-
Soluble Iron		10	0.3	1.0	10	-
Iron	Fe	1.0	-	-	-	-
Phosphorous	P	-	0.5	1.0	16	(Sea 0.09)
Nitrogen	N	-	12.0	12.0	120	(Sea 1.0)
PCB		-	0.001	0.001	0.003	Nd.
Tri Chrolo Ethylene	TCE	-	-	-	0.3	0.03

OBS:1. (Sea :) :means standard to be applied for sea water., 2. Environment :means standard to be applied agriculture usage water : "B" for fresh vegetable and thin skin fruit, "C" for other agricultural products.

3. Unit :means mg/l , PPM, except otherwise defined specifically

4. Other components :there are some other several components defiened in the regulation as controled items both in Bolivia and Japan

Cuadro 3-2-2

Delito y Sanciones a la Ley de Medio Ambiente

Number of Article	Crimes	Penalties in Prison (Years)	Other Penalties	Related Artcile No. of Penalty Law
104	To fire the field for the agriculture or livestock breeding.	2 to 4	non	Art. No.206
105	To contaminate and poison the water to be prepared for the public use, industry use, farming use and fish breeding use more than limitation established in the regulation.	1 to 2	non	Art. No.216, item 2) and 7)
106	To destroy, damage, steal or export the assets which belongs to the public or other personnel.	1 to 6	non	Art. No.223
107	To discharge the untreated water, chemicals, bio-chmicals or refuse to any kind of nature exceeding the limit established in the regulation.	1 to 4	100 percent value compenstaion of damages	non
112	To deposit, commercialize the refuse of industrial liquid, solid or gas putting the human lives and /or environment in dangerous situation.	2	non	non
113	To authorize, cooperate for depositing, introducing or transporting into the national territory the dangerous toxic, radioactive and other foreign origin refuse, and any technologies which introduce the dangerous material.	upto 10	non	non

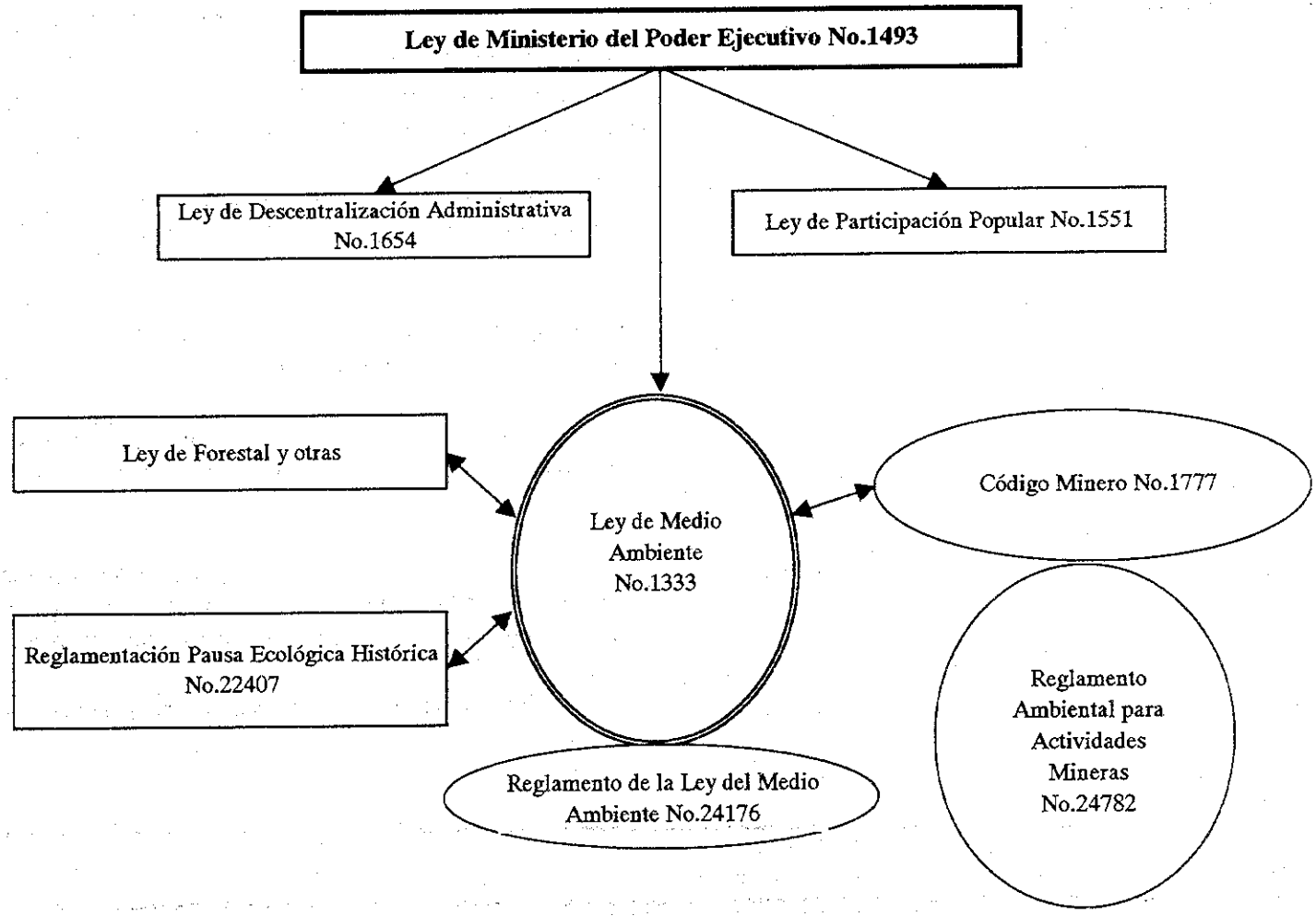


Figura 3-2-1 Legislación y reglamentos de protección ambiental

Capítulo 4

Situación de Contaminación

4-1 Zona objeto del estudio

Tal como se mencionó en el acápite 1-2-1, la zona central del estudio comprendió entre el río De la Ribera y el río Pilcomayo bajo el puente Méndez, atravesando por el río Tarapaya. Sin embargo, con el objeto de reconocer influencias de otros cauces se realizaron estudios de reconocimiento en el cauce del río Mataca y su afluente Samaza al norte del departamento de Potosí. Asimismo, los cauces del río Camblaya-Pilaya en las zonas de Vitichi y Tupiza al sudeste del Departamento.

4-1-1 Programa de monitoreo de calidad de aguas en los ríos

En las zonas descritas arriba, se realizaron tomas de muestras durante el periodo de un año; estableciendo 25 puntos de monitoreo en la zona central y norte del estudio. De entre los cuales se habilitaron dos puntos para realizar monitoreo permanente (ver fotografías del anexo). Del mismo modo 6 puntos en la zona sudeste, siendo objeto de monitoreo los ríos Vitichi, Tumusla, Cotagaita, Tupiza, San Juan del Oro y Camblaya-Pilaya.

Los parámetros analizados son los siguientes:

- Análisis de aguas (14 parámetros): pH, sólidos en suspensión, arsénico, antimonio, cadmio, cromo, cobre, fierro, mercurio, manganeso, plomo, zinc, cianuros y demanda química de oxígeno.
- Análisis de sedimentos (15 parámetros): plata, arsénico, antimonio, cadmio, cromo, cobre, fierro, mercurio, manganeso, estaño, plomo, zinc, cianuros, azufre, pérdida por incineración.

Los análisis han sido realizados bajo los estándares ASTM excepto para pérdida por incineración que se realizó bajo el método JIS K0102.

A continuación se muestra el programa de monitoreo en la zona central y norte realizado entre mediados de enero e inicios de diciembre de 1998. La descripción de los puntos seleccionados se muestra en el cuadro 4-1-1 y su ubicación en el diagrama de la figura 1-2-4. El programa de monitoreo para la zona sudeste comprendió un ciclo

de toma de muestras durante febrero (periodo de lluvias) y dos ciclos en octubre (estiaje) de 1998. En este último se incluyó al río Pilcomayo en la zona de Villamontes, próxima al límite con Argentina y Paraguay.

Ciclo de muestreo	Periodo	Muestras tomadas
1	Mediados de enero de 1998	Agua
2	Fines de enero	Agua, sedimento
3	Inicios de febrero	Agua, S.S.
4	Mediados de febrero	Agua, S.S., Sedimento
5	Inicios de marzo	Agua, S.S.
6	Mediados de marzo	Agua, S.S., Sedimento
7	Fines de marzo	Agua, S.S.
8	Inicios de abril	Agua, S.S.
9	Mediados de abril	Agua, S.S., Sedimento
10	Fines de abril	Agua, S.S.
11	Inicios de mayo	Agua, S.S., Sedimento
12	Mediados de mayo	Agua, S.S.
13	Fines de mayo	Agua, S.S., Sedimento
14	Inicios de junio	Agua, S.S.
15	Inicios de julio	Agua, S.S., Sedimento
16	Inicios de agosto	Agua, S.S., Sedimento
17	Inicios de septiembre	Agua, S.S., Sedimento
18	Inicios de octubre	Agua, S.S., Sedimento
19	Inicios de noviembre	Agua, S.S., Sedimento
20	Mediados de noviembre	Agua, S.S., Sedimento
21	Inicios de diciembre	Agua, S.S., Sedimentos

4-1-2 Estudio hidrológico de los ríos

De los tres cauces que fluyen del Cerro Rico de Potosí, el río Huaynamayu es el de mayor caudal. Se seleccionaron 6 puntos de medición de secciones transversales de los ríos en el área del estudio. Dentro del cauce del río Tarapaya, 4 puntos y dentro del cauce del río Pilcomayo, 2 puntos. En el primero se seleccionaron los ríos De la Ribera, Aljamayu, Molino y Tarapaya. En el segundo, se ubicaron en el poblado de Yocalla y bajo el puente Méndez. Estos puntos se muestran en la figura 1-2-4.

Cuadro 4-1-1 Puntos de Toma de Muestras de Calidad de Aguas y Suelos en los Ríos de Potosí y Zonas Colindantes

No	Código	Denominación del punto de muestreo	Cauce
1	Code	Origen del río De la Ribera	Río De la Ribera
2	P1R1	Río Huaynamayu frente al campamento Pailaviri	Río De la Ribera
3	P2HU	Río Korimayu bajo el puente Españaente Villa España en el río Korimayu	Río De la Ribera
4	P3KO	Río Huaynamayu antes de la confluencia con el río De la Ribera	Río De la Ribera
5	P4HU	Río De la Ribera antes de la confluencia con el río Huaynamayu	Río De la Ribera
6	P5RI	Río De la Ribera después de confluencia con el río Huaynamayu	Río De la Ribera
7	P6IR	Zona de Las Lecherías y parte del río Hualampaya	Río Jesús Valle
8	P7HR	Río Hualampaya antes de la confluencia con el río Jesús Valle	Río Jesús Valle
9	P8HR	Río Jesús Valle antes de la confluencia con el río De la Ribera	Río Jesús Valle
10	P9JV	Río Jesús Valle antes de la confluencia con el río De la Ribera	Río Jesús Valle
11	P10J	Río de la Ribera antes de la confluencia con el río Jesús Valle	Río De la Ribera
12	P11R	Río Aljamayu antes de la confluencia con los ríos De la Ribera y Jesús Valle	Río Aljamayu
13	P12A	Río Korimayu después de la confluencia con el río De la Ribera	Río De la Ribera
14	P13K	Río Agua Dulce antes de la confluencia con el río Aljamayu	Río Aljamayu
15	P14D	Río Aljamayu antes de la confluencia con el río Huancarani (puente La Palca)	Río Aljamayu
16	P15A	Río Huancarani antes de la confluencia con el río Aljamayu (puente peatonal)	Río Huancarani
17	P16A	Río Tarapaya después de la confluencia con los ríos Aljamayu y Huancarani	Río Tarapaya
18	P17T	Río Tarapaya en el pueblo de Mondragón	Río Tarapaya
19	P18M	Río Pilcomayo en el pueblo de Yocalla	Río Pilcomayo
20	P19Y	Río Huari Huari aguas abajo de la mina Huari Huari	Río Mataca
21	P20D	Río Mayutambo bajo el puente Mayutambo	Río Mataca
22	P21C	Río Tarapaya aguas abajo de las aguas termales de Miraflores	Río Tarapaya
23	P22T	Río Mataca antes de la confluencia con el río Pilcomayo	Río Mataca
24	P23M	Quebrada Jayajmayu (aguas arriba del río Agua Dulce)	Río Aljamayu
25	P24J	Río Pilcomayo en el puente Méndez	Río Pilcomayo

4-2 Contaminación de aguas superficiales

4-2-1 Evaluación de contaminación en la zona del estudio

(1) Análisis de aguas y sedimentos

Los resultados representativos de análisis de aguas y sedimentos de los ríos se muestran en los cuadros 4-2-1 (periodo de lluvias) y 4-2-2 (inicio del estiaje). En total se realizaron 21 ciclos de toma de muestras cuyos resultados se compilan en el anexo del presente informe.

Los ríos que se originan en el Cerro Rico de Potosi, con características ácidas con contenido de metales pesados en solución y baja presencia de S.S. son: Huaynamayu (puntos de monitoreo 2 y 4), Korimayu (puntos 3 y 13) y quebrada Jayajmayu (punto 24). Las razones se deben a que contienen drenaje ácido de minas y emanaciones de infiltraciones en desmontes de minerales y sucus. El río Huari Huari que fluye aguas abajo de la mina con el mismo nombre tiene similares características.

Por otro lado, los ríos con características alcalinas o neutras con altos valores de S.S. con alto porcentaje de metales pesados y altas D.Q.O., en orden descendente, son los ríos De la Ribera (puntos 5, 6 y 11), Aljamayu (puntos 12 y 15) y Tarapaya (puntos 17, 18 y 22). Las razones en estos casos se deben al vertimiento de colas de minerales y agua alcalina de los ingenios.

Las características de este último punto dependen del grado de influencia de los ríos De la Ribera y Huaynamayu, ambos de características opuestas. Sin embargo, en condiciones particulares se observa acidez en el punto 6 sobre el río De la Ribera luego de la confluencia con el río Huaynamayu. El rango de variación del pH oscila entre 3,5 y 12, aunque la mayor parte del año permanece alcalino. Caso similar es el punto 11 que se encuentra aguas abajo del río Korimayu.

Los demás puntos de monitoreo presentaron características estables con pH neutro a ligeramente alcalino, siendo bajo el contenido de metales en solución y S.S. La calidad de sedimentos en estos puntos también presentaron

relativamente bajo contenido de metales pesados. Ello se debe a que en los alrededores de estos puntos no existen minas ni ingenios. Sin embargo, en el caso del río Hualampaya (puntos 7 y 8) que recibe aguas residuales municipales, se ha detectado altos valores de D.Q.O.

Estos ríos fluyen hacia el río Pilcomayo. Sobre este río bajo el puente Méndez (punto 25) se ha detectado baja concentración de metales pesados en solución, sin embargo, alto contenido de éstos en el lecho del río.

(2) Precipitaciones fluviales y caudales

El promedio de precipitaciones anuales en la ciudad de Potosí es de 405mm (promedio entre 1958 y 1997) de acuerdo a registros del centro meteorológico de Potosí; siendo el periodo de lluvias promedio de 87 días al año, generalmente entre octubre ó diciembre y marzo. En el cuadro 4-2-3 se muestran estos datos. Durante estiaje llueve escasamente. Sin embargo, debido al fenómeno de El Niño, hubo precipitaciones entre agosto y septiembre y por otro lado estiaje hasta mediados de enero.

La humedad relativa oscila entre 50 y 55% durante periodo de lluvias y de 25 a 35% durante estiaje.

La geografía de la zona se caracteriza por una orografía accidentada con poca vegetación. Las lluvias drenan rápidamente por los ríos o son evaporados. Especialmente, en el caso del río Huaynamayu se observó un incremento abrupto de caudal luego de fuertes lluvias y retornar a su caudal normal al siguiente día.

En el cuadro 4-2-4 se muestran los resultados de mediciones de caudal en 6 puntos de monitoreo. Todos los casos son mediciones realizadas en periodos normales. En los gráficos de las figuras 4-2-1 y 4-2-2 se muestra su variabilidad en los ríos Tarapaya y Pilcomayo. En el río Tarapaya se observa que no hubo considerables cambios de caudal hasta el mes de mayo, sin embargo hubo una drástica disminución entre julio y septiembre, especialmente en zonas próximas a Molino y Mondragón. Fuertes lluvias durante el mes de octubre incrementó

temporalmente los caudales de los ríos, sin embargo, se observó una brusca disminución de los mismos en el mes de diciembre.

Por otro lado, en el río Pilcomayo bajo el puente Méndez se observa una disminución progresiva del caudal desde febrero a septiembre. A modo de comparación, en las proximidades del pueblo de Yocalla (aguas arriba de la confluencia con el río Tarapaya), no se observó cambios notorios de caudal, siendo el mismo río.

4-2-2 Alcance y grado de contaminación

(1) Cauce del río Tarapaya (desde la ciudad de Potosí hasta el puente Méndez)

La principal fuente de contaminación en este cauce son los S.S. conteniendo metales pesados, producto de vertimiento de colas por los ingenios sin previo tratamiento. Por otro lado, los drenajes ácidos de mina y emanaciones de infiltraciones en desmontes de minerales y sucus. Estos contaminantes son aportados por el río De la Ribera al cual se vierten las colas los ingenios; y por otro lado, el río Huaynamayu entre otros que reciben drenaje ácido de minas y emanaciones de infiltraciones en desmontes de minerales y sucus.

Como se describió, tanto los caudales como la calidad de aguas fluctúan a través del tiempo. El tiempo es un factor también para la variación de contenido de S.S. aparte del caudal en un mismo punto. En consecuencia, ocurre el transporte de S.S. Esta variable se estimó de los resultados de mediciones de caudales y resultados de análisis de aguas. Estos se muestran en el cuadro 4-2-6, calculados con los datos del cuadro 4-2-5 que corresponde a los períodos entre enero y mayo de y todo el año 1998. Los resultados se han llevado a las gráficas de las figuras 4-2-3 y 4-2-4, donde se muestran los transportes de S.S. en el cauce de los ríos Tarapaya y Pilcomayo.

Como se muestra en el cuadro 4-2-3, una parte de S.S. se sedimenta en el lecho del río disminuyendo el transporte de S.S. en dirección aguas abajo. De ello se estima que, entre enero y mayo, el transporte de S.S. en el río De la Ribera oscila entre 1.200 toneladas/día (punto 6) y 1.700 toneladas/día (punto 12). Este factor en Molino (punto 17) y Mondragón (punto 18) son 950 y 400 toneladas/día respectivamente. En consecuencia, en los tramos entre

En el cauce del río Tarapaya, sobre San Antonio y Molino (puntos 12 y 17) se acumulan 750 toneladas/día (promedio anual: 880 t/d); entre Molino y Mondragón (puntos 17 y 18) se acumulan 550 toneladas/día (promedio anual: 400 t/d) de S.S. en el lecho de los ríos. Esta acumulación en este cauce se hace más visible en periodos de estiaje. A pesar de ello, se están transportando grandes cantidades de S.S. al río Pilcomayo. De los datos del año 1998, el transporte de S.S. en la zona de San Antonio, ciudad de Potosí, Molino y Mondragón fueron respectivamente, 1.890, 1.110, 1.010 y 606 toneladas/día respectivamente. Es decir, no se observa apreciables diferencias con respecto a los valores entre enero y mayo. Siendo la diferencia no mayor del 10%.

Como correlación a ello, se estima que el vertimiento de colas de los ingenios es entre 1. mil a 1.300 toneladas secas/día. Entonces, es posible estimar que gran parte de S.S. son originados por las actividades en los ingenios.

Por otro lado, de la figura 4-2-4 es posible deducir que durante periodo de estiaje disminuyen los caudales y contenido de S.S.; es decir, también disminuye su transporte aguas abajo. En contraste en periodo de lluvias, aumenta drásticamente la concentración de S.S. De ello se infiere que los sedimentos acumulados durante estiaje son arrastrados bruscamente por incrementos abruptos de caudal.

En el cuadro 4-2-4 se muestra la carga de elementos contaminantes disueltos en agua y contenido en S.S. Cuantificando esta carga se tiene: arsénico: 300 Kg/día; cadmio: 80 a 100 Kg/día; plomo: 2 toneladas/día; zinc: 20 a 30 toneladas/día; estaño: 2 a 4 toneladas/día.

Infiriendo por la coloración rojiza que toman las aguas y sedimentos del río Pilcomayo bajo el puente Méndez durante época de lluvias, los S.S. transportados se originan aguas arriba debida a crecidas de caudales en su afluentes, arrastrando materiales que encuentra a su paso. En contraste la coloración gris que toma en épocas de estiaje, son debidas en su mayor parte al arrastre de sedimentos del río Tarapaya. Por esta razón, en este punto, el contenido de metales pesados en los sedimentos es mayor durante estiaje en comparación con época de lluvias.

(2) Cauce del río Mataca

Hacia el noreste de la ciudad de Potosí se ubica el río Samaza que en confluencia con muchos pequeños ríos desemboca hacia el río Mataca. La confluencia de éste con el río Pilcomayo ocurre a poca distancia aguas abajo del puente Méndez. En la cuenca del río Samaza, en el poblado de Don Diego existe una planta concentradora de minerales que lleva el mismo nombre. Esta planta se encuentra en las riveras del río Samaza, pero debido a que realizan tratamiento de sus colas y reciclaje de agua, se podría decir que no contamina el río. Existe alta probabilidad de que los metales pesados presentes en los sedimentos de esta zona son derivados del arrastre de sedimentos del río Huari Huari, en época de fuertes lluvias.

En las proximidades del poblado de Don Diego, existe el río Huari Huari que confluye con el río Samaza. Aguas arriba del río Huari Huari existe una mina, siendo el pH registrado entre 4 y 6 aguas abajo de éste. Sus aguas contienen iones de fierro que le dan una coloración rojiza, 100 y 200 ppm de fierro y aproximadamente 100 ppm de iones zinc. Su lecho contiene decenas de ppm de arsénico, hasta 240 ppm de plomo y hasta 1. mil ppm de zinc. Por un lado su caudal y contenido de S.S. son bajos. Este río va perdiendo su acidez aguas abajo, de forma que en el punto de confluencia con el río Samaza mejora sus características desapareciendo su coloración rojiza y pH entre neutra y ligeramente alcalina. Asimismo disminuye su contenido de metales pesados en disolución. Se infiere que éstos son depositados en su trayectoria.

Las características de aguas en los ríos Samaza y Mataca quizás se asemejarían a los ríos De la Ribera y Tarapaya al aplicar medidas ambientales. Es decir, aunque existan centros mineros e ingenios en sus riveras, si se aplicaran medidas de control de contaminación, se podrían tener aguas prácticamente limpias.

(3) Cuenca del río Camblaya-Pilaya (zona sudeste del Departamento de Potosí)

En la figura 4-2-5 se muestra el diagrama fluvial abarcando la zona sudeste de Potosí. En esta zona comprendida por los ríos Vitichi, Tumusla, San Juan del Oro y el río Pilcomayo en Villamontes se ha realizado un ciclo de tomas de muestras en época de lluvias (febrero) y otra en época de estiaje (octubre) de 1998. Durante época de lluvias se

realizaron tomas de muestras en la zona de Villamontes al extremo sur del río Pilcomayo. Los resultados de análisis se muestran en los cuadros 4-2-7 y 4-2-8.

Se observa contaminación por metales pesados exceptuando al cromo. Sin embargo, el grado de contaminación no es del nivel que se observa en la cuenca del río Tarapaya.

Aquí se pudo observar ligera acidez en la muestra tomada aguas arriba del río Vitichi en la zona de La Laba. En este caso existe posibilidad de impacto de la actividad minera.

Cuadro 4-2-1 Resultado de Análisis de Aguas / Programa de Monitoreo (Mediados de Enero de 1998)

Sample	pH	SS	As	Sb	Cd	Cu	Cr	Fe	Hg	Mn	Pb	Zn	CN	COD	Coment
	-	mg/L	μ g/L	μ g/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μ g/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
No. 1	8,0	11,45	6,64	5,18	<0.002	0,07	<0.0005	0,09	<0.02	0,11	<0.03	0,18	0,005	12,4	
No. 2	2,8	486,65	2620	6,00	11,0	58,0	0,05	1780	0,12	21,2	0,09	358	0,003	127,8	Rio Huaynamayu
No. 3	2,8	23,45	6,90	0,16	2,10	6,20	0,05	280	<0.08	44,8	0,11	163	0,021	49,5	Rio Korimayu
No. 4	3,0	1603,1	1470	10,7	1,50	11,0	0,04	500	<0.08	14,0	0,22	167	0,036	115,46	Rio Huaynamayu
No. 5	9,8	65238,95	9,11	23,8	0,02	0,04	<0.0005	0,20	0,01	0,02	0,05	0,10	0,28	70,1	
No. 6	6,3	39502	14,2	2,33	0,12	0,02	<0.0005	93,0	0,03	7,0	0,04	56	0,08	177,32	
No. 7	7,8	191,6	1,37	1,16	0,07	<0.003	0,01	0,08	0,03	0,14	<0.03	0,01	0,045	16,49	Rio Huarampaya-Jesus valle
No. 8	8,4	151,4	1,81	1,92	0,03	<0.003	0,01	0,29	0,05	0,44	<0.03	0,01	0,021	8,25	Rio Huarampaya-Jesus valle
No. 9	8,4	157,7	0,18	0,15	0,05	0,01	0,01	<0.008	<0.02	0,02	<0.03	<0.002	0,013	4,21	Rio Huarampaya-Jesus valle
No. 10	8,6	4819,9	21,8	3,42	0,08	0,04	0,01	0,02	<0.02	0,41	<0.03	0,06	0,031	65,98	Rio Huarampaya-Jesus valle
No. 11	9,0	38697	9,52	20,0	0,06	0,14	0,02	0,02	0,13	0,17	<0.03	0,05	0,229	53,61	
No. 12	7,2	10942	5,47	0,58	0,19	0,02	0,02	0,37	0,08	6,25	<0.03	50	0,111	32,32	
No. 13	2,8	181,5	106,1	0,90	1,00	22,0	0,08	530	0,14	61,25	<0.03	180	<0.001	48,48	Rio Korimayu
No. 14	7,4	111,4	0,67	0,18	0,06	0,02	0,02	<0.008	0,05	1,66	<0.03	42,0	<0.001	16,16	Rio Agua Dulce
No. 15	5,8	43004	12,4	2,57	1,7	0,04	0,02	59,0	0,04	20,5	<0.03	208	0,192	36,36	
No. 16	8,2	120,7	0,74	0,5	<0.002	0,02	<0.0005	<0.008	0,07	0,03	<0.03	38,0	0,006	4,04	Rio Huancarani
No. 17	4,8	16176	20,3	1,42	1,7	0,06	0,01	192	0,50	22,0	0,12	226	0,121	32,32	
No. 18	7,4	11016	6,43	1,17	<0.002	0,04	<0.0005	0,11	0,03	0,68	<0.03	36	0,04	28,28	
No. 19	7,7	1335,2	0,31	0,08	<0.002	0,03	<0.0005	1,63	0,07	0,03	<0.03	37	0,028	16,16	Rio Pilcomayo(Yocalla)
No. 20	3,8	115,8	6,02	0,48	0,61	0,02	0,1	280	1,15	10,3	<0.03	148	<0.001	20,62	Rio Huari Huari(Rio Mataka)
No. 21	7,9	5299,3	0,65	1,39	0,04	<0.003	0,01	0,26	1,12	0,23	<0.03	0,16	<0.001	12,12	(Rio Mataka)
No. 22	8,1	8949,9	0,03	0,28	0,01	<0.003	<0.003	0,2	1,56	0,16	<0.03	0,11	<0.001	12,12	Rio Pilcomayo(Tacobamba)
No. 23	8,5	3077,9	2,49	0,41	<0.002	<0.003	<0.009	<0.008	1,82	0,10	0,10	<0.002	<0.001	4,04	(Rio Mataka)
No. 24	8,5	1231	0,46	0,44	<0.002	<0.003	<0.009	<0.008	2,26	0,11	0,11	<0.002	0,002	4,04	
No. 25	8,0	38491	0,19	0,20	0,06	<0.003	<0.009	1,02	1,43	0,22	<0.03	0,10	<0.001	4,04	Rio Pilcomayo(Pte. Mendez)

Note; No. 22, Rio Pilcomayo after joining Rio Tacobamba
No. 24, Rio Tacobamba in front of Tacobamba village

Cuadro 4-2-2 Resultados de Análisis de Aguas, S.S. y Suelos / Programa de Monitoreo (Mediados Abril 1998) 1/3

Analitical Results from Laboratory (9th. round, 14/Apr.)

1. Quality of Water

Sample	pH	SS	As	Sb	Cd	Cu	Cr	Fe	Hg	Mn	Pb	Zn	CN	COD	coment
	-	mg/L	mg/L	μ g/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μ g/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
No. 1	9,0	250	0,012	0,17	0,02	0,02	0,05	0,33	<0.10	0,19	<0.03	0,16	0,001	4	
No. 2	2,6	1.230	0,076	0,81	9,3	101	0,07	1.600	0,37	28,0	0,17	810	0,001	54	
No. 3	2,8	290	0,007	0,48	2,3	6,40	0,02	220	0,51	39,0	0,04	106	0,001	13	
No. 4	2,8	820	0,001	1,16	2,7	25,0	0,04	568	0,39	18,2	3,39	408	0,066	142	
No. 5	11,6	58.800	0,088	1,13	0,002	0,43	<0.005	0,08	0,23	0,01	0,10	0,38	0,015	83	
No. 6	5,0	34.200	0,019	0,85	1,2	0,05	<0.005	11,8	1,07	8,90	0,23	159	0,001	85	
No. 7	8,1	480	0,003	0,29	0,02	0,03	<0.005	0,32	<0.10	0,14	<0.03	0,22	0,004	75	
No. 8	8,3	770	0,002	0,36	0,03	0,12	<0.005	0,52	<0.10	0,35	0,03	0,28	0,001	71	
No. 9	8,4	330	0	0,14	0,04	0,003	<0.005	0,06	<0.10	0,10	0,03	0,19	<0.001	8	
No.10	8,4	820	0,017	0,28	0,05	0,03	<0.005	0,20	<0.10	0,18	0,03	0,28	0,001	50	
No.11	8,4	52.600	0,022	0,76	0,05	0,16	<0.005	0,02	0,13	0,03	0,03	0,16	0,084	50	
No.12	8,7	49.600	0,02	0,6	0,05	0,15	<0.005	0,06	<0.10	0,33	0,03	0,21	0,001	46	
No.13	2,7	135	0,059	0,61	0,71	20,0	<0.005	104	<0.10	44,0	0,03	111	0,015	25	
No.14	7,9	360	0	0,10	0,05	0,02	0,005	0,01	<0.10	0,64	0,03	22,0	0,001	4	
No.15	8,1	48.000	0,01	0,35	0,10	0,02	0,005	5,12	0,55	5,70	0,03	36,0	0,029	17	
No.16	8,0	410	0	<0.10	0,01	0,02	0,03	0,12	0,20	0,03	0,03	0,18	0,001	4	
No.17	7,6	9.900	0,011	0,31	0,04	0,02	0,05	0,18	<0.10	1,74	0,03	5,70	0,10	8	
No.18	8,0	4.960	0,01	0,29	0,04	0,03	0,07	0,13	0,14	1,72	0,03	2,80	<0.001	4	
No.19	8,1	1.660	0,008	0,29	0,01	0,05	0,03	0,16	<0.10	0,04	0,03	0,17	0,001	4	
No.20	5,2	400	0,003	0,62	0,17	0,05	<0.005	68,3	0,12	3,20	0,03	58,0	0,002	2	
No.21	8,1	390	0,002	0,70	0,002	0,01	<0.005	<0.01	<0.10	0,02	0,03	0,40	0,002	4	
No.22	7,8	6.470	0,012	0,57	0,06	0,04	0,03	0,10	<0.10	1,70	0,03	3,20	0,005	2	
No.23	8,5	830	0	0,63	0,002	0,07	<0.005	5,55	<0.10	0,14	0,03	16,2	0,001	8	
No.24	4,6	300	0,003	0,47	0,08	0,33	0,02	0,17	0,10	17,3	0,03	170	0,001	75	
No.25	8,5	1.750	0	0,57	0,002	0,02	<0.005	0,45	0,15	0,02	0,03	0,19	0,001	4	

Cuadro 4-2-2 Resultados de Análisis de Aguas, S.S. y Suelos / Programa de Monitoreo (Mediados Abril 1998) 2/3

2.Analysis of SS

Sample	(SS) (mg/L)	Ag ppm	As ppm	Sb ppb	Cd ppm	Cu ppm	Cr ppm	Fe ppm	Hg ppb	Mn ppm	Pb ppm	Zn ppm	CN ppm	Sn ppm	S ppm
No. 4	820	174	227	411	59,0	630	1,95	79.200	819	23,0	2.720	11.100	0,00	4.750	55.000
No. 5	58.800	173	218	578	140	620	2,44	62.500	833	131	4.620	17.200	1,50	3.800	59.700
No. 6	34.200	128	228	537	86,0	849	185,0	77.600	815	53,9	3.730	14.500	3,50	4.750	69.200
No.11	52.600	77,0	221	286	46,0	640	280	67.000	589	391	2.280	11.900	0,00	3.330	55.300
No.12	49.600	91,0	140	535	50,0	610	2,47	85.800	526	410	2.850	12.600	0,50	3.330	75.400
No.15	48.000	96,0	241	851	69,0	410	1,49	91.900	688	480	6.510	16.900	0,00	2.850	77.600
No.17	9.900														

3.Calculated elements content in SS

Sample	(SS) -	Ag mg/L	As mg/L	Sb μ g/L	Cd mg/L	Cu mg/L	Cr mg/L	Fe mg/L	Hg μ g/L	Mn mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L	CN mg/L	Sn mg/L	S mg/L
No. 4	0,00082	0,14	0,19	0,34	0,05	0,52	0,002	65	0,7	0,02	2,23	9,102	0,00	0,03	45
No. 5	0,0588	10,17	12,82	33,99	8,23	36,46	0,143	3.675	49,0	7,70	271,66	1011,36	0,09	2,12	3.510
No. 6	0,0342	4,38	7,80	18,37	2,94	29,04	6,327	2.654	27,9	1,84	127,57	495,9	0,12	1,23	2.367
No.11	0,0526	4,05	11,62	15,04	2,42	33,66	14,728	3.524	31,0	20,57	119,93	625,94	0,00	1,89	2.909
No.12	0,0496	4,51	6,94	26,54	2,48	30,26	0,123	4.256	26,1	20,34	141,36	624,96	0,02	1,79	3.740
No.15	0,048	4,61	11,57	40,85	3,31	19,68	0,072	4.411	33,0	23,04	312,48	811,2	0,00	1,73	3.725
No.17	0,0099													0,36	

Cuadro 4-2-2 Resultados de Análisis de Aguas, S.S. y Suelos / Programa de Monitoreo (Mediados Abril 1998) 3/3

4.Qality of Sediment

Sample	Ag ppm	As ppm	Sb ppb	Cd ppm	Cu ppm	Cr ppm	Fe ppm	Hg ppb	Mn ppm	Pb ppm	Zn ppm	CN ppm	Sn ppm	S ppm	Ig.Loss %
No. 2	23	45	98	5	82	2	48.100	296	349	732	1.600	0	1.700	5.900	3,0
No. 3	47	84	302	2	62	4	86.500	507	128	1.340	400	0	3.800	3.900	3,2
No. 4	138	244	522	99	403	2	190.000	822	44	1.330	19.400	0	5.230	68.800	13,0
No. 5	118	271	738	67	305	3	155.000	745	142	2.280	19.100	0	3.330	159.000	11,2
No. 6	134	258	513	81	360	2	168.000	435	106	1.840	19.800	0	4.280	177.000	12,1
No. 7	10	19	47	1	38	6	24.900	4.900	240	100	530	0	950	1.100	1,4
No. 8	4	225	1.240	0	41	4	62.600	16.800	238	29	370	0	1.430	1.300	1,2
No. 9															
No.10	159	19	40	78	313	5	213.000	697	39	3.450	20.200	0	7.120	230.000	15,5
No.11	126	263	1.110	77	497	2	238.000	900	431	3.580	20.000	0	5.220	280.000	16,1
No.12	164	1.027	1.051	30	446	3	252.000	691	900	3.650	21.000	1	4.280	268.000	17,6
No.13	40	161	289	2	106	3	108.000	791	54	1.050	1.100	0	4.280	210.000	5,0
No.14	3	18	25	0	31	5	18.800	138	277	0	57	1	1.430	900	2,4
No.15	60	228	361	36	280	2	23.800	485	454	1.410	10.200	1	2.850	75.600	6,3
No.16	3	16	17	5	27	6	87.500	69	376	0	89	0	1.420	600	2,5
No.17	60	239	341	34	295	2	104.000	470	439	1.490	10.700	0	3.600	56.100	7,7
No.18	45	203	288	34	189	1	66.500	472	430	1.523	9.300	0	2.850	90.500	5,5
No.19															
No.20	3	27	10	5	44	9	33.600	527	309	58	1.040	1	1.900	2.100	1,8
No.21	1	3	27	3	26	2	24.900	25	291	14	999	1	1.900	50.800	1,2
No.22	35	190	300	32	246	1	62.100	620	393	1.400	9.100	0	2.380	1.000	5,7
No.23	1	3	22	12	23	7	46.700	140	407	14	113	1	950	900	2,1
No.24	19	29	69	2	57	3	43.200	153	610	410	9.010	0	1.430	1.500	2,3
No.25	1	6	20	1	20	4	23.200	118	310	1	118	1	1.420	1.000	1,0

Cuadro 4-2-3 Precipitaciones en la ciudad de Potosí

Months	Precipitation (mm)	Raining days
January	92,1	18
February	69,5	18
March	64,3	13
April	18,0	5
May	2,5	1
June	1,4	0
July	0,4	0
August	4,5	1
September	13,0	3
October	23,1	5
November	42,1	9
December	72,4	15
Total	404,9	87
Max. (Year)	656,7 (1984)	128 (1984)
Min. (Year)	182,6 (1983)	64 (1969, 1983)

Cuadro 4-2-4 Medición de Caudales

(m3/s)

River	Point	Sampling point number	Feb	Apr	May	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Rivera	Potosi	No. 6	0,032	0,236	0,115	0,012	0,015	0,073	0,225	0,033	0,032
Aljamayu	S.Antonio	No.12	0,472	0,313	0,441	0,231	0,432	0,108	0,898	0,338	0,078
Tarapaya	Molino	No.17	1,05	0,745	0,950	0,839	0,555	0,326	2,35	0,927	0,149
	Mondragon	No.18	0,951	0,737	0,948	0,903	0,741	0,451	2,18	1,18	0,162
Pilcomayo	Yocalla	No.19	5,16	4,14	4,51	5,16	3,82	3,28	5,38	4,84	2,82
	P.Mendez	No.25	22,2	12,1	14,9	12,8	9,64	8,95	15,2	19,5	5,30

Cuadro 4-2-5 Transporte de sólidos en suspensión en los ríos

Cauce	Punto de medición	Cantidad de transporte de sólidos en suspensión (toneladas/día)
Río De la Ribera	Estación Cobija (punto 6)	1.170
Río Aljamayu	San Antonio (punto 12)	1.710
Río Tarapaya	Pueblo Molino (punto 17)	856
	Mondragón (punto 18)	392
Río Pilcomayo	Yocalla (punto 19)	1.010* (165)
	Puente Méndez (punto 25)	13.200* (4.300)

Cuadro 4-2-6 Carga de Contaminación debida a S.S.

River	Place	S.P. No	Mass Flow rate (m^3/s)			
date			Feb-'98	March	Apr	May
La Ribera	Potosi(Cobija)	6	**0.236		0,236	0,115
Alja mayu	San Antonio	12	0,472		0,313	0,441
Tarapaya	P. Molino	17	1,05		0,244	0,95
	Mondragon	18	0,951		0,737	0,948
Pilcomayo	Yocalla	19	5,16		4,14	4,51
	P. Mendez	25	22,2	13,0	12,1	14,9

SS concentration (mg/L)		S.P. No												
date			end/Jan.	beg./Feb	mid./Feb	beg/Mar	mid./Mar	end/Mar	beg./Apr	mid./Apr	end/Apr	beg/May	mid./May	end/May
La Ribera	Potosi(Cobija)	6	62.400	24.480	43600	72300	97300	31200	84400	34200	84600	57000	209000	51700
Alja mayu	San Antonio	12	32.800	17.290	14400	10900	78400	49600	28300	49600	81900	70000	20100	116000
Tarapaya	P. Molino	17	44.690	3.555	1540	8990	3160	9800	6200	9900	10100	18000	13000	8270
	Mondragon	18	16.230	2702	1750	2180	2230	4860	2270	4960	5650	6500	5300	5640
Pilcomayo	Yocalla	19	23.060	389	300	830	375	400	470	400	570	460	17	240
	P. Mendez	25	57.910	975	14000	3160	3140	1750	1570	1750	850	970	400	660

Pollution of SS (t/d)		S.P. No												
date			end/Jan.	beg./Feb	mid./Feb	beg/Mar	mid./Mar	end/Mar	beg./Apr	mid./Apr	end/Apr	beg/May	mid./May	end/May
La Ribera	Potosi(Cobija)	6	1272,361	499,157	889,0214	1474,226	1983,9859	636,18048	1720,9498	697,35168	1725,0278	566,352	2076,624	513,6912
Alja mayu	San Antonio	12	1337,61	705,1	587,2435	444,5107	3197,2147	2022,7277	765,32256	1341,3427	2214,8381	2667,168	765,85824	4419,8784
Tarapaya	P. Molino	17	4054,277	322,5096	139,7088	815,5728	286,6752	889,056	130,70592	208,70784	212,92416	1477,44	1067,04	678,8016
	Mondragon	18	1333,561	222,0136	143,7912	179,1228	183,23107	399,3287	144,54634	315,83693	359,77392	532,3968	434,10816	461,95661
Pilcomayo	Yocalla	19	10280,7	173,4255	133,7472	370,0339	167,184	178,3296	168,11712	143,0784	203,88672	179,24544	6,624288	93,51936
	P. Mendez	25	111076	1870,128	26853,12	6061,133	3526,848	1965,6	1641,3408	1829,52	888,624	1248,7392	514,944	849,6576

Cuadro 4-2-7 Resultados de Análisis de Aguas y Suelos / Zona Sureste Potosí—1/2

Analysis data of Southern part of Potosi (Rainy season-February)

1.Quality of Water

Sample	pH -	SS mg/L	As μg/L	Sb μg/L	Cd mg/L	Cu mg/L	Cr mg/L	Fe mg/L	Hg μg/L	Mn mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L	CN mg/L	COD mg/L	coment
R. Vitichi-1	6,44	89,4		<0.10	0,04	0,16	<0.005	5,80	0,61	2,03	0,33	6,70	0,009	6,74	PVI-1
R. Vitichi-2	8,03	6840		0,02	0,01	0,02	<0.005	3,01	3,69	0,89	0,24	0,03	<0.001	13,48	PVI-2
R. Cotagaita	7,71	1760		0,25	0,03	0,08	<0.005	12,4	5,16	3,14	0,21	0,30	<0.001	0,50	CTG
R. Tumusla	7,56	11700		0,09	0,06	0,24	<0.005	17,0	6,76	5,23	0,36	4,1	<0.001	13,48	PTU
R. CB-P V.A	8,16	4150		<0.10	0,02	0,01	<0.005	0,14	4,92	0,19	0,22	0,03	<0.001	11,24	CBY
R. SJO Tupiza	7,98	8340		0,25	0,02	0,10	<0.005	11,0	6,88	5,70	0,29	0,21	<0.001	13,48	TPZ
R. SJO V.A	8,18	6940		0,14	0,01	0,02	<0.005	<0.008	2,21	0,26	0,21	0,01	<0.001	8,99	SJO
R. Pilcomayo	7,91	504		<0.10	0,03	0,20	<0.005	57,0	3,19	9,82	0,48	1,13	<0.001	4,49	VMT

2.Analysis of SS

	(SS) (mg/L)	Ag ppm	As ppm	Sb ppb	Cd ppm	Cu ppm	Cr ppm	Fe ppm	Hg ppb	Mn ppm	Pb ppm	Zn ppm	CN ppm	Sn ppm	S ppm	Ig.Loss %
R.Vitichi-1	89,4															
R.Vitichi-2	6840															
R. Cotagaita	1760															
R. Tumusla	11700	3,00		46,64	9,00	53,0	11,76	47300	497	560	125	304,9	0	2000	2200	6,62
R. CB-P V.A	4150	5,00		35,72	11,0	71,0	26,36	44800	280	836	100	159,9	0	1800	11250	9,65
R. SJO Tupiza	8340	5,99		49,23	7,00	57,0	34,11	43900	467	674	85,0	107,9	0,50	1900	900	10,38
R. SJO V.A	6940	4,99		49,96	9,00	56,0	29,76	43400	557	768	76	138,9	0	1500	5300	9,71
R. Pilcomayo	504	8,00		41,73	8,00	45,0	11,3	43400	386	524	85	131	0	2000	3000	5,75

3.Caliculated elements content in SS

	(SS) -	Ag mg/L	As mg/L	Sb μg/L	Cd mg/L	Cu mg/L	Cr mg/L	Fe mg/L	Hg μg/L	Mn mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L	CN mg/L	Sn mg/L	S mg/L	Ig.Loss %
R.Vitichi-1	9E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R.Vitichi-2	0,0068	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R. Cotagaita	0,0018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R. Tumusla	0,0117	0,035	0	0,5457	0,105	0,62	0,1376	553,41	5,8149	6,552	1,463	3,5673	0	23,4	25,74	0,077454
R. CB-P V.A	0,0042	0,021	0	0,1482	0,046	0,295	0,1094	185,92	1,162	3,469	0,415	0,6636	0	7,47	46,688	0,0400475
R. SJO Tupiza	0,0083	0,05	0	0,4106	0,058	0,475	0,2845	366,13	3,8948	5,621	0,709	0,8999	0,0042	15,85	7,506	0,0865692
R. SJO V.A	0,0069	0,035	0	0,3467	0,062	0,389	0,2065	301,2	3,8656	5,33	0,527	0,964	0	10,41	36,782	0,0673874
R. Pilcomayo	0,0005	0,004	0	0,021	0,004	0,023	0,0057	21,874	0,1945	0,264	0,043	0,066	0	1,008	1,512	0,002898

Cuadro 4-2-7 Resultados de Análisis de Aguas y Suelos / Zona Sureste Potosí—2/2

4.Caliculated elements content in water

	(SS) mg/L	(Ag) (mg/L)	As μ g/L	Sb μ g/L	Cd mg/L	Cu mg/L	Cr mg/L	Fe mg/L	Hg μ g/L	Mn mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L	CN mg/L	(Sn) (mg/L)	(S) mg/L	(Ig.Loss) %
R.Vitichi-1	89,4	0	0	0	0,04	0,16	0	5,8	0,61	2,03	0,33	6,7	0,009	0	0	0
R.Vitichi-2	6840	0	0	0,02	0,01	0,02	0	3,01	3,69	0,89	0,24	0,03	0	0	0	0
R. Cotagaita	1760	0	0	0,25	0,03	0,08	0	12,4	5,16	3,14	0,21	0,3	0	0	0	0
R. Tumusla	11700	0,035	0	0,6357	0,165	0,86	0,1376	570,41	12,575	11,78	1,823	7,6673	0	23,4	25,74	0,077454
R. CB-P V.A	4150	0,021	0	0,1482	0,066	0,305	0,1094	186,06	6,082	3,659	0,635	0,6936	0	7,47	46,688	0,0400475
R. SJO Tupiza	8340	0,05	0	0,6606	0,078	0,575	0,2845	377,13	10,775	11,32	0,999	1,1099	0,0042	15,85	7,506	0,0865692
R. SJO V.A	6940	0,035	0	0,4867	0,072	0,409	0,2065	301,2	6,0756	5,59	0,737	0,974	0	10,41	36,782	0,0673874
R. Pilcomayo	504	0,004	0	0,021	0,034	0,223	0,0057	78,874	3,3845	10,08	0,523	1,196	0	1,008	1,512	0,002898

5.Quality of Sediments

Sample	Ag ppm	As ppb	Sb ppb	Cd ppm	Cu ppm	Cr ppm	Fe ppm	Hg ppb	Mn ppm	Pb ppm	Zn ppm	CN ppm	Sn ppm	S ppm	Ig.Loss %	
R.Vitichi-1	4,00		40,6	8,00	46,0	5,09	33800	279	410	200	400	<0.50	976	1100	3,42	
R.Vitichi-2	1,00		46,3	8,00	30,0	4,87	40400	23,0	318	60,0	90,0	<0.50	1460	600	2,31	
R. Cotagaita	3,00		56,1	20,0	40,0	7,26	44400	135	310	60,0	100	<0.50	976	13900	2,19	
R. Tumusla	2,00		54,9	10,0	80,0	5,03	37100	72,3	316	60,0	100	<0.50	732	1400	1,77	
R. CB-P V.A	3,00		34,6	20,0	20,0	8,55	29400	122	259	70,0	90,0	<0.50	976	1200	9,19	CBY
R. SJO Tupiza	1,00		43,5	10,0	30,0	12	37600	132	354	50,0	90,0	0,50	976	800	1,73	TPZ
R. SJO V.A	1,00		39,7	20,0	20,0	13,4	36000	102	216	40,0	80,0	<0.50	732	1400	1,36	SJO
R. Pilcomayo	3,00		34,3	10,0	20,0	2,71	26500	207	247	50,0	70,0	0,50	975	1300	1,24	VMT

Cuadro 4-2-8. Resultado de Análisis de Aguas / Zona Sudeste del Departamento de Potosí

Analysis data of Southern part of Potosi (mid. Oct. - dry season sample)

1.Quality of Water

Sample	pH -	SS mg/L	As μ g/L	Sb μ g/L	Cd mg/L	Cu mg/L	Cr mg/L	Fe mg/L	Hg μ g/L	Mn mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L	CN mg/L	COD mg/L	coment (Code name)
R. Vitichi-1	4.7	11	1.11	0.67	<0.002	2.10	<0.005	5.90	<0.10	4.51	0.20	0.03	<0.001	4	PVI-1
R. Cotagaita	8.4	70	0.97	0.50	0.03	0.01	<0.005	0.19	0.51	0.12	0.17	0.03	<0.001	4	CTG
R. Tumusla	8.6	245	0.29	0.53	0.10	0.01	<0.005	0.37	2.27	0.01	0.28	27.0	<0.001	60	PTU
R. CB-P V.A	8.7	472	0.38	0.59	0.02	0.01	<0.005	0.18	0.56	0.01	0.24	0.02	<0.001	9	CBY
R. SJO Tupiza	9.1	21	0.57	0.62	0.01	0.01	<0.005	0.18	1.18	0.06	0.18	0.02	<0.001	4	TPZ
R. SJO V.A	8.2	31	0.13	0.60	0.01	0.02	<0.005	0.25	1.04	0.70	0.21	0.03	<0.001	30	SJO

2.Qaulity of Sediment

Data are not offered from laboratory.

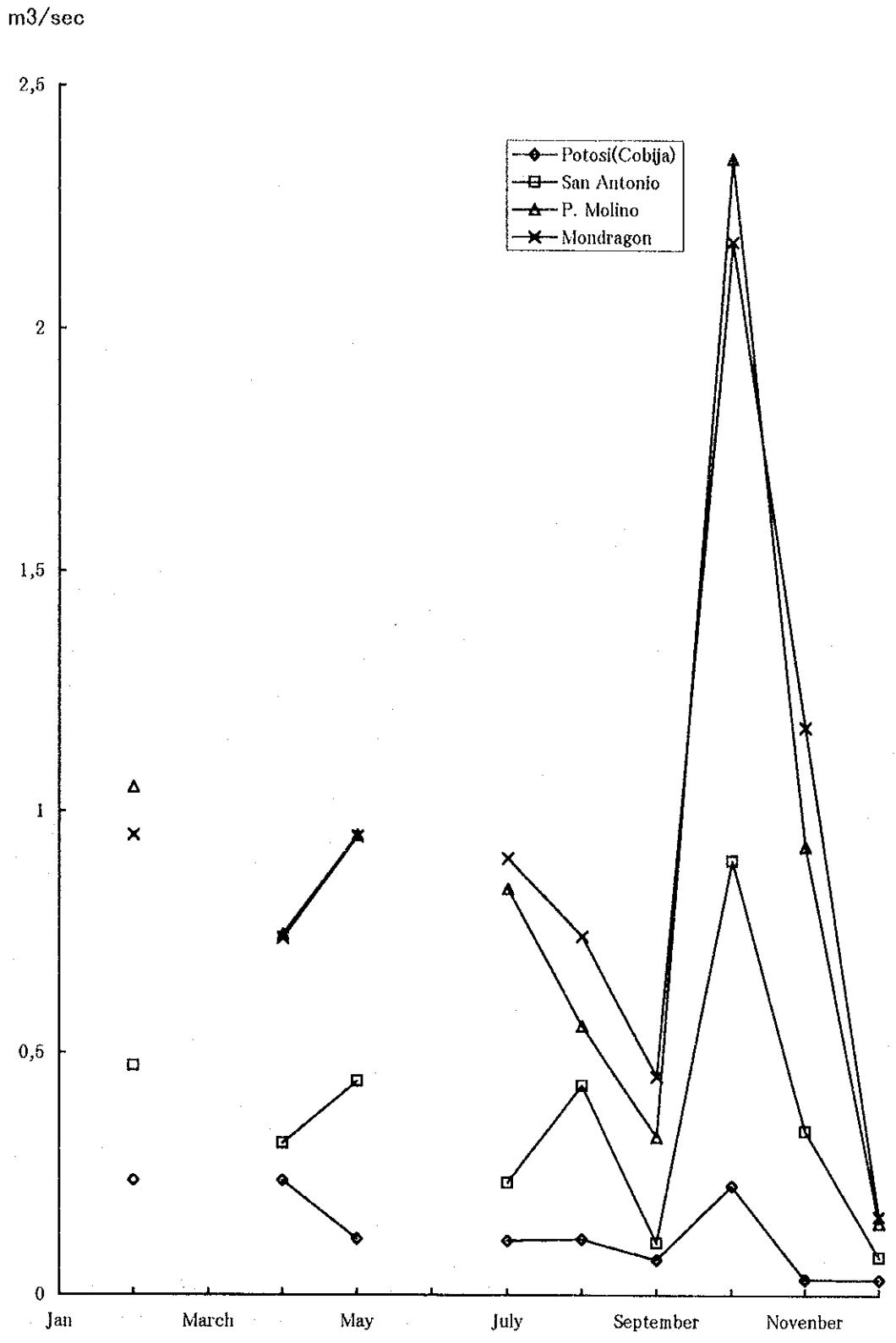


Figura 4-2-1 Variación de Caudal en el Río Tarapaya

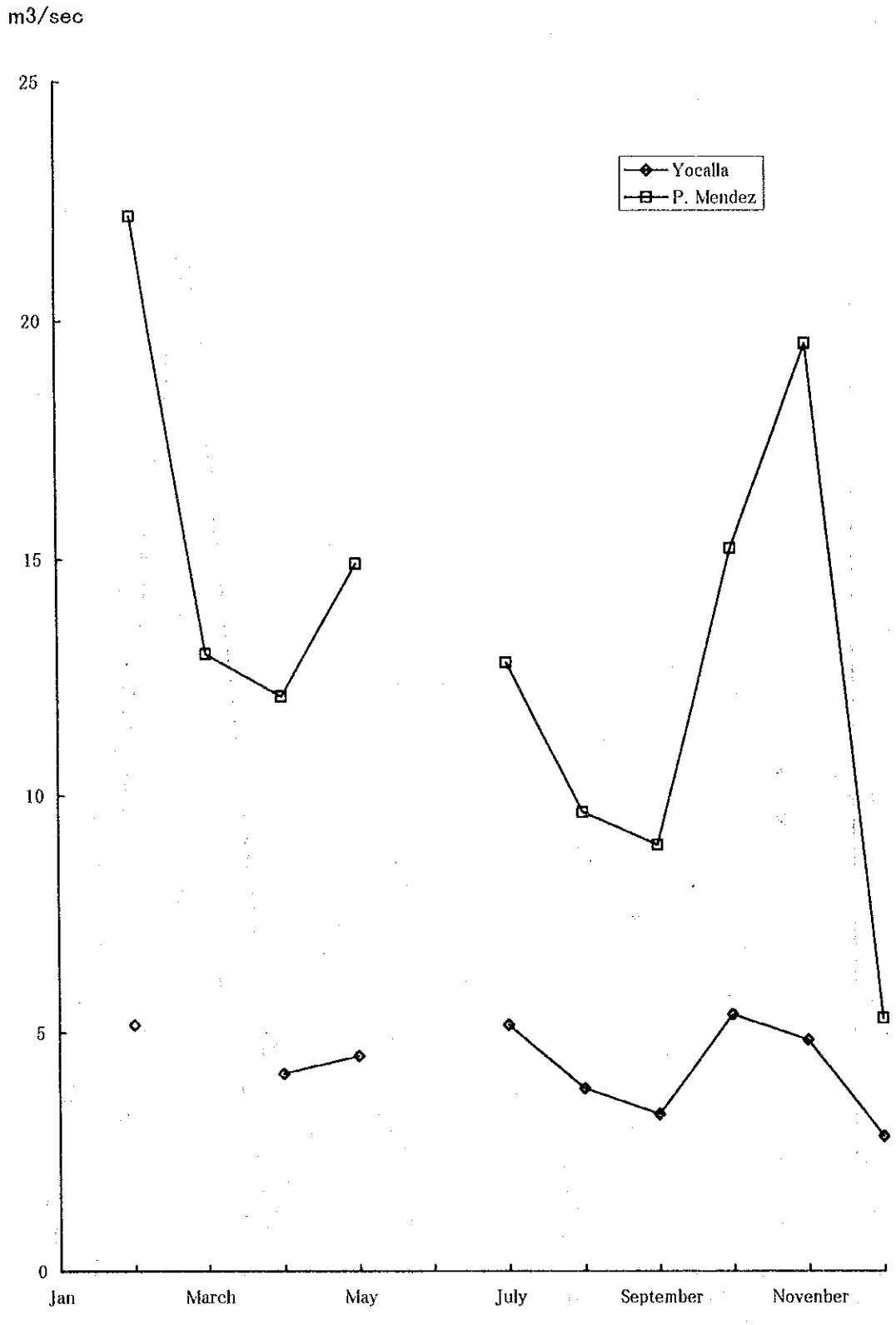


Figura 4-2-2 Variación de Caudal en el Río Pilcomayo (Yocalla y Pte. Méndez)

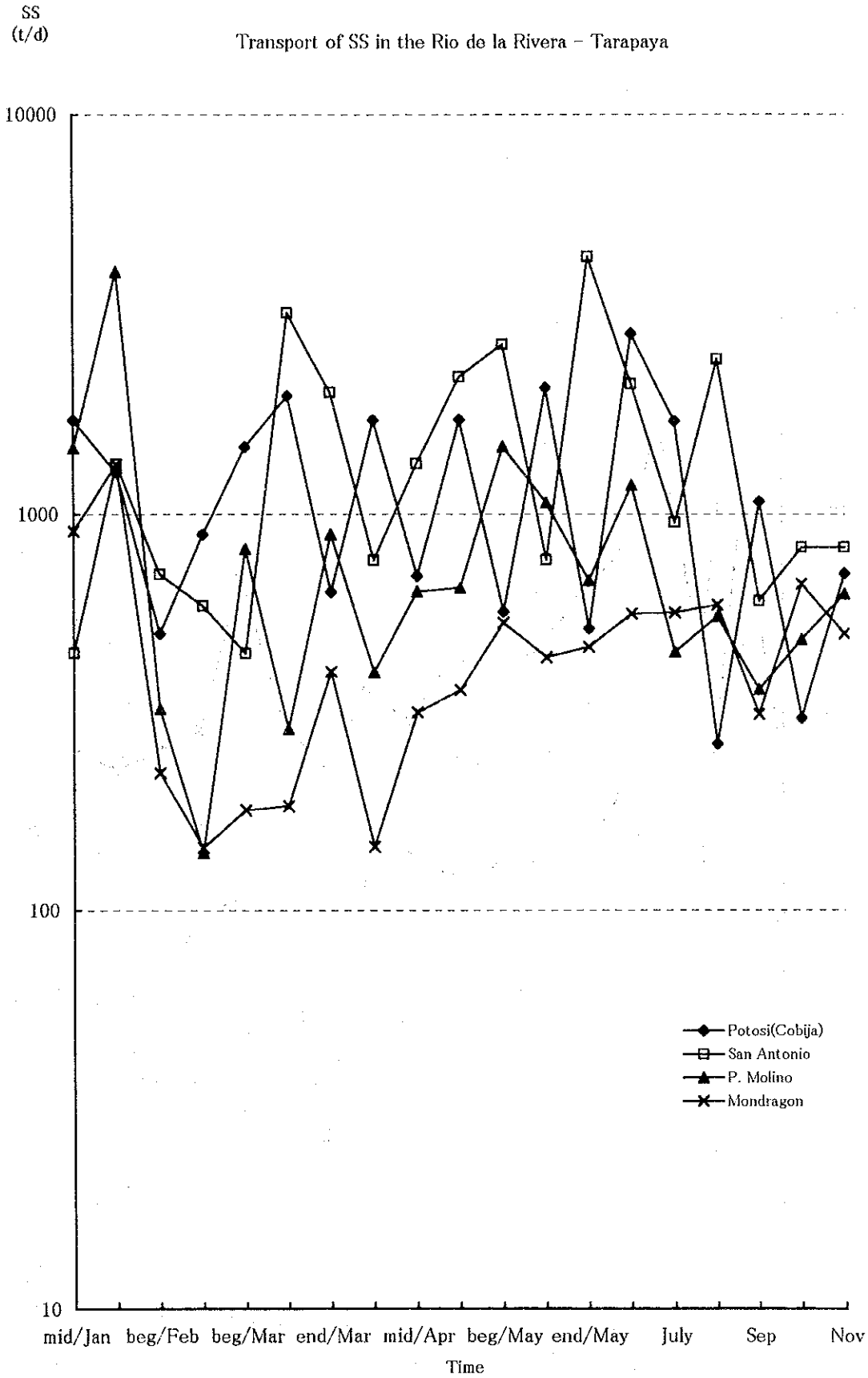


Figura 4-2-3 Variación de Transporte de S.S. en el Río Tarapaya

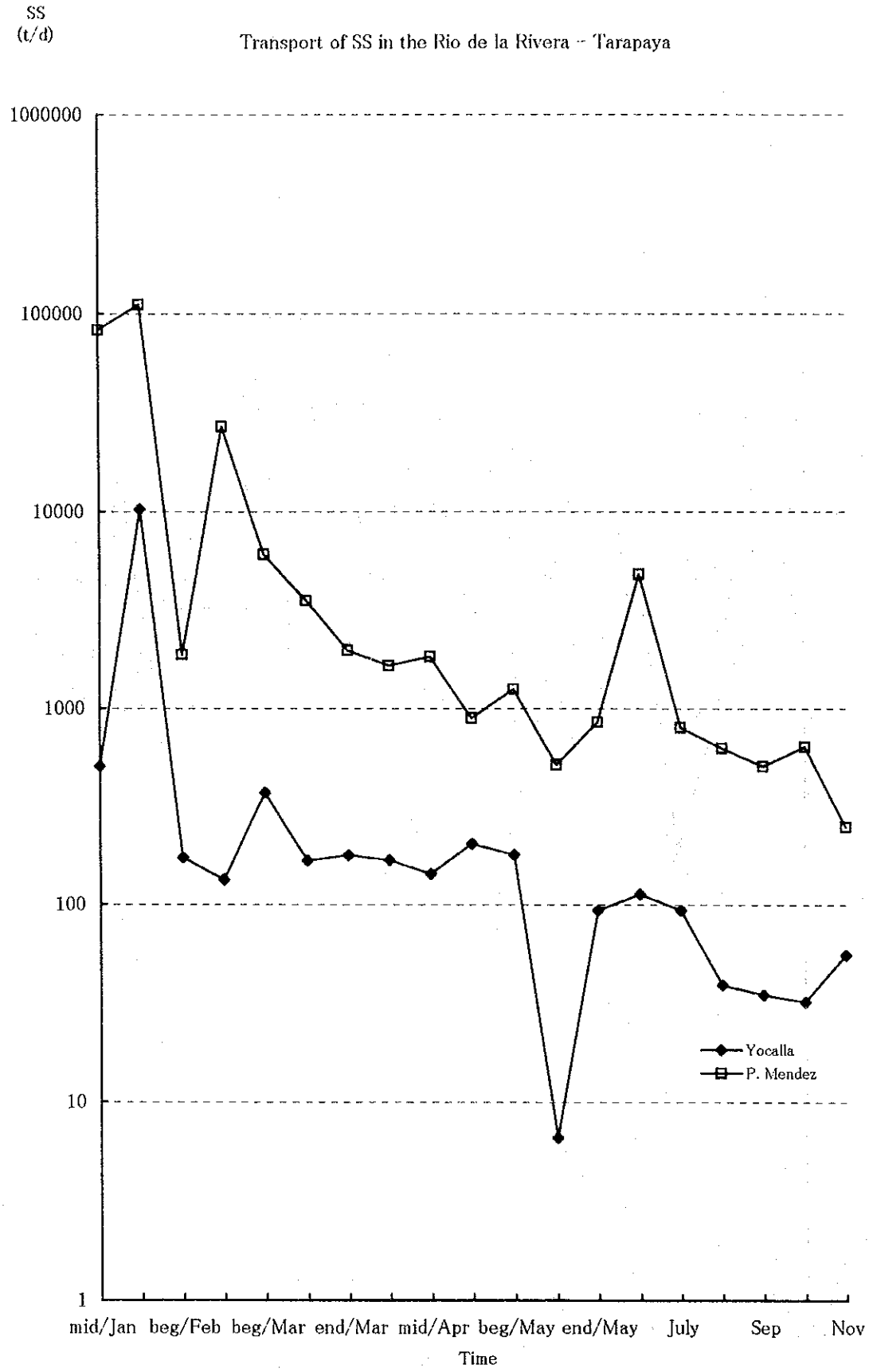


Figura 4-2-4 Variación de Transporte de S.S. en el Río Pilcomayo

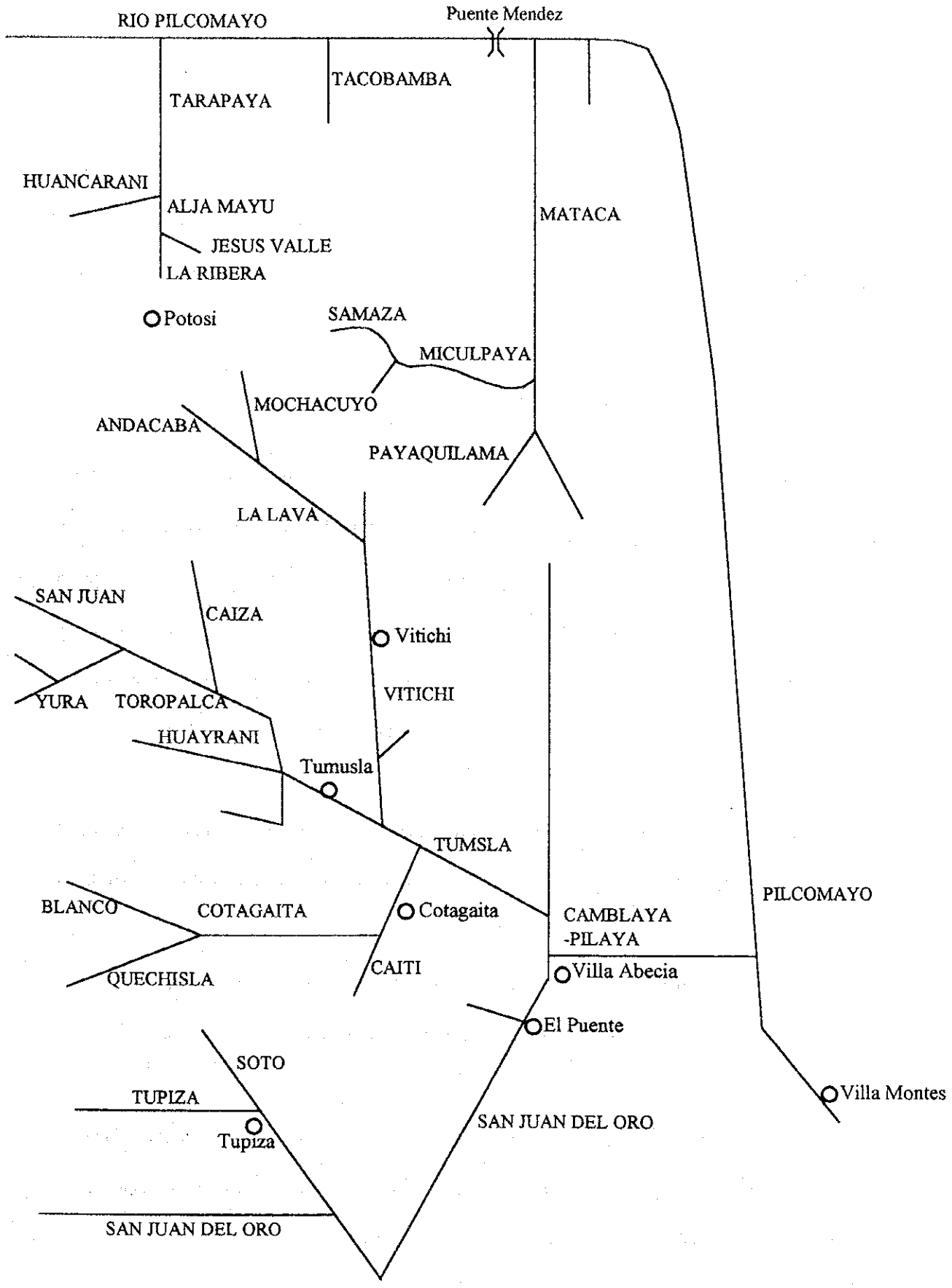


Figura 4-2-5 Diagrama de estructura hidrológica de la zona sudeste de Potosí

4-3 Alcance y grado de daños ambientales

4-3-1 Descripción de la zona del estudio

(1) Geografía

La zona de estudio fue establecida dentro de la región demarcada por la Ciudad de Potosí en la Provincia de Tomás Frías; cauce del río Tarapaya; los ríos Cayara, Yocalla y Totora en la Ciudad de Yocalla; adicionalmente, el río Pilcomayo hasta el puente Méndez. La distancia total es de aproximadamente 180Km abarcando desde la Ciudad de Potosí hasta el puente Méndez.

El río Pilcomayo atraviesa los departamentos de Potosí, Chuquisaca y Tarija, y en cada uno de ellos cubre respectivamente: 118.218Km^2, 51.524Km^2 y 37.623Km^2. De acuerdo con el reporte de CER-DET y QPID/1997, la cuenca del río Pilcomayo cubre un área de 99.110Km^2 en Bolivia, distribuida entre los departamentos de Potosí, Chuquisaca, Tarija y Oruro ocupando 42.987Km^2, 30.818Km^2, 24.591Km^2 y 714Km^2 respectivamente (según la 3ra Edición de "Geografía y Recursos Naturales de Bolivia" la cuenca del Río Pilcomayo abarca un área de 98.100Km^2). El río Pilcomayo nace en la Provincia de Avaroa (Departamento de Oruro) y termina en la Provincia de Esmeralda (Departamento de Tarija) tiene una extensión de 620Km. y desemboca en el río Paraná.

Los datos de las estaciones hidrológicas de Villamontes (Departamento de Tarija), muestra que el río podría alcanzar una profundidad de 6,6m y un ancho de 150m. El promedio anual de su caudal está estimado en 203m^3/seg. El clima que caracteriza la cuenca es variable; en la parte alta (altura superior a 4.500m.) corresponde al área más extenso y donde predomina el clima frío árido a semiárido. Aguas abajo el clima es semi húmedo. Al llegar al límite con el Paraguay y Argentina (altitud mínima de 250m), el clima es tórrido y de árido a semiárido.

En la parte alta de la cuenca, existen importantes depósitos de minerales cuyos metales más comunes son: plomo, estaño, zinc, plata, antimonio, cobre y bismuto. Refiérase para mayor información al mapa del río Pilcomayo en la figura 4-3-1 con la ubicación de ríos contaminados y actividades mineras.

(2) Aspectos sociales de la zona de estudio

De acuerdo a estimaciones oficiales del Instituto Nacional de Estadística (INE) la población de Bolivia para el año 2000 alcanzaría un total de 8.329. mil habitantes. La misma institución estima que los departamentos de Potosí, Chuquisaca y Tarija, por cuyas regiones atraviesa el río Pilcomayo, alcanzarán en el año 2000 poblaciones aproximadas de 774. mil, 590 mil, y 403. mil habitantes respectivamente. Por otra parte y particularmente en el Departamento de Potosí, los siguientes datos permiten comprender las duras condiciones de vida.

① El crecimiento anual del índice poblacional en los departamentos de Potosí, Chuquisaca y Tarija fue de 1,1, 2,4, 3,2 % correspondiente a los años de 1990-1995, mientras que en el ámbito nacional alcanzó al 2,4%.

② El índice de mortalidad infantil, para los cinco años del período 1990-1995, el cual es muy alto para Potosí (112 por cada mil nacidos), en Chuquisaca (84 por cada mil) y Tarija (60 por cada mil) llega a un promedio nacional de (75 por cada mil nacidos).

③ La esperanza de vida corresponde a: 53 años para Potosí, 57,8 años para Chuquisaca y 63,1 años para Tarija, mientras que el promedio nacional es de 59,3 años.

Las pequeñas alternativas de empleo y generación de ingresos están condicionados por la disminución y/o la irregular disponibilidad de recursos hidrológicos. En efecto, para estas regiones áridas a semiáridas, el recurso hidrológico es de vital importancia para las actividades humanas cotidianas, tanto como las actividades productivas tradicionales (agricultura, ganadería y pesca en algunas regiones).

No hay duda alguna que las comunidades campesinas ubicadas en regiones bajas del río Pilcomayo, que viven en torno a actividades mineras, han empeorado su ya deficiente nivel de nutrición y salud debida a agua, sedimento y/o alimentos contaminados. Ello es característico en las comunidades rurales de Bolivia del mismo modo que los procesos de migración. Todo esto contribuye al crecimiento acelerado de algunas ciudades y la colonización no planificada en zonas rurales del país. Sin embargo, la complejidad de las condiciones sociales predominantemente pobres y su aislamiento hace difícil determinar el grado en que los diversos factores están afectando a la crisis socioeconómica de la región. De los estudios de situación de la población en cada Departamento se pudo obtener que Potosí tiene la más alta tasa de migración interdepartamental.

En la zona del presente estudio (dentro de las zonas enmarcadas del 1 a 5 en la figura 1-2-1) habitan 120 mil personas, siendo siete las poblaciones que no reciben directamente el impacto de calidad de aguas. De modo que se realizaron estudios en detalle abarcando 34.701 habitantes de 8.070 unidades familiares (dentro de las zonas enmarcadas del 6 al 42 en la figura 1-2-1) de 5 poblados que reciben directamente el impacto de la calidad de aguas de los ríos; y, 7.396 personas de 1.720 familias de 37 poblaciones agrícolas.

En la figura 4-3-2 se muestra la ubicación de las zonas en la ciudad de Potosí y en la figura 1-2-1 la ubicación de los poblados. En el cuadro 4-3-1 se muestra la densidad poblacional en la zona de estudio, incluyendo número de habitantes que reciben el impacto de calidad de aguas de los ríos. Se han clasificado poblaciones que viven dentro y fuera de un kilómetro de radio de los ríos y la Ciudad de Potosí.

Como se muestra en el cuadro 4-3-2, la población se ha movilizado de modo interesante. Se puede observar que aparte de los habitantes de la Ciudad de Potosí, en las afueras de la ciudad, las poblaciones agrícolas han migrado parcial o totalmente. Se infiere las siguientes razones que explica el fenómeno.

① Regiones que no tienen relación con el deterioro ambiental; sin embargo la ciudad está próxima y no cuentan con capital de trabajo para su actividad. En esta clasificación se encuentran las regiones de Jesús Valle, Agua Dulce, La Palca, Santa Lucía, Cayara, Totora D, Totora Pampa y Yocalla. Ver figura 1-2-1.

② Regiones afectadas con aguas y sedimentos contaminados de los ríos Tarapaya y Jayajmayu debida a la actividad minera. Jayajmayu, San Antonio, La Puerta, Molino, Aroifilla, Tambo Pampa, Miraflores y Mondragón.

③ Regiones en donde está desapareciendo la actividad agrícola debido a contaminación de aguas y desbordes del río Pilcomayo. Sullcari, Pallca, Juicuni, Capilla Rosario, Tacuara, Talula, Ancoma, Huerta Khasa, Kholu, Oyora, Chalama y Quebrada.

Estas regiones están amenazadas a perder terreno, razón por el cual existe alta tendencia de migración. Además, son regiones que tienen limitaciones para ampliar terrenos cultivables.

④ Regiones donde la población migra debido a inexistencia de entidades cooperantes para protección y rehabilitación de aguas y sedimentos contaminados. Aczulipampa, Km127, San Antonio, Vina Pampa, Tuero, Puente Méndez. Estas regiones tienen el problema que no cuentan con otras fuentes de agua mas que el río Pilcomayo.

(3) Situación económica de la zona de estudio

El principal sector económico relacionado al problema de la contaminación en la cuenca del río Pilcomayo es la agricultura. El sector en mención está constituido por miles de familias pobres que dependen principalmente de actividades de bajos ingresos y altos riesgos para su supervivencia. La baja y excesiva irregularidad en los precios de productos tradicionales de esta región (papa, maíz, trigo, carne, lana, pescado, etc.) no permiten asegurar un crecimiento sostenible. Como consecuencia, existe un bajo nivel de inversiones en su sistema de producción, lo cual contribuye a la gradual reducción de la capacidad productiva del ecosistema.

De acuerdo con INE (1996), la participación de los departamentos de Potosí, Chuquisaca y Tarija fue de 6,7%, 8,2% y 5,9% respectivamente en producción bruta de agricultura durante 1993. La producción agrícola bruta de los tres departamentos fue de 158, 192 y 138 millones de bolivianos (37, 45, 32 millones de US$), respectivamente.

A continuación se detalla la actividad económica de las regiones del estudio incluyendo poblados que reciben el impacto de calidad de aguas.

① Zona urbana.

Como se muestra en el cuadro 4-3-3 la principal actividad en la ciudad es el comercio con el 50% del total. Esta actividad independiente de su magnitud, abarca el grueso del sector económico (formal e informal). A continuación le sigue la actividad minera; sin embargo, este sector está compuesto por microempresas con limitaciones en tecnología, financiamiento y organización, siendo muy dependientes a las fluctuaciones de cotizaciones internacionales. Esta situación es de desventaja con respecto a grandes empresas internacionales con

capacidad económica y tecnológica. En estas condiciones, el sector industrial no es una fuente laboral para los inmigrantes del sector agrícola; situación que aumenta la tendencia del comercio informal.

② Zonas rurales

Excepto las regiones de San Antonio y Aroifilla, donde existen Ingenios, las actividades principales son la agricultura y ganadería. Otras actividades son el comercio que realizan en las ciudades.

③ Migración

Como se muestra en el cuadro 4-3-3, es posible constatar el deterioro de la situación económica y calidad de vida de la población que está afecta a contaminación de aguas y sedimentos; y, no cuentan con los medios para su solución. Se puede observar que grandes migraciones ocurrieron en 1983 y en épocas de grave contaminación del río Pilcomayo en los setenta y ochenta. A su vez las principales zonas de emigración son Santa Cruz y Cochabamba dentro del país; y norte de Argentina en el extranjero.

4-3-2 Investigación de daños ambientales

Alrededor de 42 Ingenios en operación y cientos de minas activas e inactivas ubicadas en la región de Potosí, son fuentes del actual proceso de contaminación de la cuenca del río Pilcomayo. Sin embargo, no debe ser ignorada la existencia de otros problemas de contaminación generada dentro y fuera del territorio de Potosí. Estos problemas son agravados por el manejo inapropiado de la cuenca por campesinos, ganaderos, madereros e industriales mineros. En efecto, la mala planificación y administración de los recursos naturales, sin el criterio de desarrollo sostenible, están causando la deforestación regional y serios disturbios en el ciclo del agua.

En los siguientes reportes se pueden observar los casos de impacto socioeconómico ocasionados por mal manejo en algunas actividades económicas.

Título del estudio	Zona de estudio
(1) Caso de Villamontes	Río Pilcomayo en el Departamento de Tarija
(2) Estudio del río Tarapaya	Río Tarapaya entre Molino y Mondragón
(3) Estudio de La Palca	Río Tarrapaya en la zona de La Palca
(4) Estudio en la ciudad de Potosí	Río De la Ribera
(5) Estudio de impacto ambiental en la zona de estudio	Desde el río De la Ribera hasta el puente Méndez

(1) Caso de Villamontes

① Ejecutor de Proyecto: CER-DET y QPID-1997

② Area de Estudio: 3 áreas del departamento de Tarija

③ Objetivo del Estudio: Analizar la concentración de plomo y otros metales tóxicos que ingresan al cuerpo de los peces. Analizar la concentración de plomo y zinc en la sangre humana.

④ Método de Estudio: Análisis químicos de elementos en laboratorios. Análisis químicos de elementos presentes en la sangre humana (Guaraníes).

⑤ Principales Impactos:

⑤-1 Peces:

Durante las tres etapas del estudio, el promedio de concentración de plomo en los peces fueron 6,96ppm y 5,56ppm para el primero y tercer período de estudio respectivamente.

⑤-2 Sangre humana:

Resultado para la segunda y tercera etapa registraron 4,94 μg/dl y 16 μg/dl, respectivamente en concentración de plomo.

⑥ Comentarios:

En el reporte no existen indicaciones acerca de los límites permisibles de concentración de plomo asimilable en el cuerpo de los peces y la sangre humana. Sin embargo está confirmado que los niños retienen 50% de plomo y los adultos 10%, de modo que se debe tener más cuidado en la alimentación de los niños. El nivel de concentración de metales registrado en los peces se resume en el siguiente cuadro extraído del reporte. El límite permisible de concentración de plomo en la sangre humana es de 10 μg/dl en las normas norteamericanas.

Ubicación	Observación	Pb (ppm)	Zn (ppm)
Villamontes	Cerca de la Argentina	2,11	13,31
Puerto Margarita	Entre Villamontes y Yukimbia	7,76	35,64

La región de Villamontes se estudió para reconocer la situación en la zona sudeste de Potosí.

(2) Caso del río Tarapaya

① Ejecutor de Proyecto: MEDMIN-1995

② Area de Estudio: Ríos De la Ribera y Pilcomayo entre Potosí y puente Méndez

③ Objetivo del Proyecto: Identificar el impacto socioeconómico en los alrededores del área del río De la Ribera y río Pilcomayo que se encuentran entre la ciudad de Potosí y puente Méndez.

④ Impacto Principal: El resumen de los principales impactos con efecto en el área de estudio se puede observar como sigue:

④-1 Salud Humana:

Contacto con el agua causa irritación, sangrado y/o agrietamiento de la piel.
Enfermedades intestinales y estomacales a causa de ingestión de agua.

④-2 Agricultura:

Producción de zanahoria requiere 300% más de semilla para una menor productividad (70%).
Crecimiento lento y anormal de plantas.
Muerte de plantas.
Baja productividad.

④-3 Ganadería:

Enfermedades intestinales a causa de ingestión de agua.
Desgaste de pezuñas en los animales causados por contacto con agua.
Baja productividad.

④-4 Biodiversidad:

Desaparición de vegetación a lo largo de los ríos. Desaparición de vida acuática.

⑤ Observaciones: Existe una gran cantidad de excelentes áreas de cultivo a largo del río Tarapaya, aunque el río mismo esté ahora contaminado por metales pesados, al igual que en el sector de Molino; en donde, los campesinos conocedores de la calidad de sus aguas en los ríos, utilizan sistemas de irrigación con aguas limpias de otras fuentes. Y no así los campesinos que viven en las regiones ubicadas aguas abajo del puente Méndez, que no tienen oportunidad de utilizar agua limpia para sus actividades agrícolas, ya que solamente tienen acceso a aguas contaminadas del río Pilcomayo, por lo que la productividad en dicho sector es muy baja. De modo que se recomienda ampliar el área de estudio de impacto abarcando la totalidad del Departamento de Potosí.

(3) Caso de La Palca

① Ejecutor de Proyecto: Centro para el Desarrollo Regional (C.D.R)

② Area de Estudio: La región de La Palca en Yocalla del Departamento de Potosí- río Tarapaya

③ Objetivo de Estudio: Estudio de impacto socioeconómico de la actividad minera.

④ Método: Entrevistas con los representantes de distritos

⑤ Impacto Principal:

⑤-1 Agricultura

Los productos cultivados con agua del río Tarapaya, solamente pueden obtener la mitad de la cantidad (30qq/has), comparado con aquellas que son cultivadas con aguas no contaminadas que es de 45qq/has de productividad y algunos cultivos que producen con aguas contaminadas solo alcanzan a 0.37qq/has (qq = quintal).

⑤-2 Ganadería

Los pastores quienes tienen sus rebaños a lo largo del río Tarapaya pueden producir solamente la mitad del volumen comparado con anteriores años.

(4) Caso de la ciudad de Potosí

① Ejecutor de Proyecto: Centro para el Desarrollo Regional (C.D.R).

② Area de Estudio: 5 de 12 zonas de Potosí, las cuales se encuentran a lo alargo del río De la Ribera: 1. Zona San Juan, 2. Zona San Cristóbal, 3. Zona San Pedro, 4. Zona de San Benito, 5. Zona de Cantumarca.

③ Objetivo de Estudio: Estudio de impacto socioeconómico de la contaminación del río De la Ribera

④ Método: Se tomaron 500 muestras en total, 100 de cada una de las 5 zonas.

⑤ Impacto Principal: Las enfermedades del aparato digestivo y respiratorio por contactos con el río, que son constantes, reducen la productividad de recursos humanos.

⑥ Observaciones: Por otra parte están las enfermedades causadas por contacto con aguas del río y polvo provenientes de los Ingenios. La población hace continuos reclamos y afirma que el aire contaminado ocasiona enfermedades.

(5) Impacto que ocasiona las aguas de los ríos en la zona de estudio (incluyendo zonas urbanas)

① Ejecutor estudio: Organismo No Gubernamental C.D.R.

② Zona de estudio: 5 ciudades y 37 poblaciones rurales entre la Ciudad de Potosí y el puente Méndez que reciben influencia de sus aguas (150Km de extensión).

Zona urbana: 1. San Juan, 2. San Cristóbal, 3. San Pedro, 4. San Benito, 5. Cantumarca

Zona rural: 1. Jesús Valle, 2. Cebadillas, 3. Agua Dulce, 4. Jayajmayu, 5. San Antonio, 6. La Puerta, 7. La Palca, 8. Santa Lucía, 9. Cayara, 10. Totora D, 11. Totora Pampa, 12. Yocalla, 13. Molino, 14. Aroifilla, 15. Tambopampa, 16. Miraflores, 17. Mondragón, 18. Sullcari, 19. Pallaca, 20. Juicuni, 21. Capilla Rosario, 22. Tacuara, 23. Talula, 24. Ancoma, 25. Aczulipampa, 26. Huerta Khasa, 27. Kholu, 28. Oyora, 29. Chalama, 30. Quebrada, 31. Km137, 32. San Antonio-Sucre, 33. Vina Pampa, 34. Talula, 35. Tasapampa, 36. Tuero, 37. Puente Méndez.

③ Objetivo: Estudio de daños a la población, ganado y agricultura debida a contaminación

④ Método: Recolección de información mediante entrevistas y encuestas

⑤ Resultados:

⑤-1 Salud humana

(Panorama)

Es posible clasificar las poblaciones en cuatro grupos como sigue:

- Zonas con sistema de agua potable y alcantarillado
- Zonas que utilizan agua de manantiales
- Zonas que reciben suministro de agua mediante camiones cisterna
- Zonas que utilizan aguas del río Pilcomayo

(Zonas con sistema de agua potable y alcantarillado)

Como se muestra en el cuadro 4-3-4 en las zonas urbanas prácticamente el 90% de la población cuenta con agua potable. Sólo el 10% emplea agua de pozos y manantiales. En las zonas agrícolas 19 poblados cuentan con sistema de abastecimiento de agua potable y reservorios de concreto. En estos casos las fuentes de agua son manantiales. Aunque no se cuenta con análisis químicos, los usuarios afirman que no ocasionan problemas. San Juan, San Cristóbal, San Pedro, San Benito y Cantumarca.

(Zonas que utilizan agua de manantiales)

En otros poblados agrícolas, como son los casos de los siguientes 17, las fuentes de agua son manantiales. Su calidad no se ha comprobado científicamente y la modalidad de almacenamiento es diversa. Además, son transportados hasta los hogares por mujeres y niños. Jesús Valle, Cebadillas, Agua Dulce, Jayajmayu, San Antonio, Sullcari, Palca, Juicuni, Capilla Rosario, Tacuara, Talula, Ancoma, Huerta Khasa, Kholu, Oyora, Chalama y Quebrada.

(Zonas que reciben suministro de agua mediante camiones cisterna)

En la región San Antonio no se cuenta con agua potable. El abastecimiento se realiza mediante camiones cisternas desde la Ciudad de Potosí. En Yocalla la situación es similar.

(Zonas que utilizan aguas del río Pilcomayo)

Otra característica que merece comentario es que las aguas del río Pilcomayo se usan directamente para consumo humano. Especialmente en Aczulipampa, Km127, San Antonio, Vina Pampa, Talula y Puente Méndez. El agua es previamente filtrada con arena del río; sin embargo, se han presentado muchos casos de enfermedades estomacales al ingerirla.

(Casos de enfermedades en poblaciones agrícolas)

En el cuadro 4-3-5 se muestran los casos de enfermedades relacionadas con agua contaminada. Básicamente se pueden citar dos tipos.

- Afecciones a la piel: agrietamiento de la piel
- Afecciones estomacales: diarrea

Actualmente existe tendencia a disminuir los casos de afecciones; sin embargo, esto se debe al conocimiento que tienen los pobladores sobre los riesgos inherentes a la contaminación de aguas. Es decir, no ha disminuido la amplitud de la zona contaminada, sino que, la población evita el uso de agua contaminada. A pesar de ello, en los casos de Mondragón, Sullcari, Juicuni, Tacuara, Aczulipampa, Km127, Quebrada, San Antonio, Vina Pampa, Talula y Puente Méndez, deben pasar por el río y usan el agua para lavado de ropa, siendo un problema latente.

Especialmente en Km127, San Antonio, Vina Pampa, Tuero y Puente Méndez, continúan ingiriendo agua del río Pilcomayo; razón por la cual persisten las enfermedades estomacales. Suelen tomar agua filtrando con arena de las riveras del río Pilcomayo durante las jornadas de cultivo. Acto que conlleva a afecciones como vómitos, cólicos y diarrea. Sin embargo, estos casos no son informados.

(Casos de enfermedades en ciudades)

En el cuadro 4-3-6 se muestran los principales 13 tipos de enfermedades frecuentes en 5 ciudades de la zona de estudio. En el mismo cuadro se puede observar que en las zonas donde la contaminación es grave, realizan

actividades mineras de extracción y beneficio. Estas actividades no toman medidas ambientales a pesar que se ubican en el centro de la ciudad. Con el incremento de su producción está aumentando el grado de contaminación.

Materias primas y productos en proceso apilados a la intemperie de esta actividad son transportados por el aire mediante fuertes vientos. Fenómeno que origina afecciones respiratorias en la población. Los desechos sólidos de procesamiento de minerales que se vierten a los ríos se están acumulando en sus lechos agravando el problema de contaminación. El problema se ve empeorada por estar muy cerca a la población y que el acceso de mujeres y niños a los ríos contaminados no se puede evitar, ya que está abierto a todo transeúnte. Además, se arrojan desechos domésticos al río a pesar que existe un sistema de recojo de basura, situación que contribuye a desmejorar la calidad de aguas y ocasiona problemas de salud en la población.

⑤-2 Agricultura:

(Panorama)

En las zonas agrícolas, la mayoría de los canales de irrigación están construidos de tierra. El sistema en su integridad está hecha de tierra. Las poblaciones agrícolas de la región del estudio, están conformadas por pequeños agricultores. Esta estructura favorece también la migración. El abandono de la actividad por éstos se debe a contaminación de aguas y desborde de los ríos que ocasionan inundaciones de tierras de cultivo.

(Situación de daños)

En el cuadro 4-3-7 se muestran los daños ocasionados a la agricultura por contaminación. Especialmente en Aczulipampa, Km127, San Antonio, Vina Pampa, Talula, Tasa Pampa, Tuero y Puente Méndez la tasa de crecimiento es baja. Se requiere entre 2 y 3 veces más de semillas para obtener resultados que son entre 60 y 70% de lo normal. En las zonas de Talula (Potosí y Sucre), Chalama, Km127, San Antonio, Vina Pampa y Tuero, se observa impacto sobre crecimiento de frutos disminuyendo la producción e incluso muerte de árboles.

Son seis los fenómenos del impacto ambiental

- Cambio de coloración de germinación
- Marchito de hojas y tallos
- Disminución de producción
- Nacarado de vegetales
- Bajo crecimiento de retoños
- Baja tasa de germinación

⑤-3 Ganadería

(Panorama)

En el cuadro 4-3-8 se muestra la extensión de terrenos hábiles para ganadería. Aquí se puede observar que la totalidad del terreno es hábil para el propósito. La totalidad de zonas ganaderas son aledañas a poblados. No existen áreas ganaderas que cuenten con sistemas de irrigación. Como resultado se ha obtenido que tanto la calidad de aguas como del pasto no afectan a la ganadería. Como delimitación de áreas ganaderas, se ha considerado áreas de praderas delimitadas por pequeños ríos. La actual metodología de ganadería está ocasionando la desaparición de pasto, debido a que se permite que el ganado se alimente hasta erradicarlo.

(Enfermedades)

En el cuadro 4-3-9 se presenta la cantidad de ganado por familia de ganaderos clasificándolos en tres grupos.

a. Grupo 1

En las regiones de La Puerta, La Palca, Aroifilla y Tambo Pampa cada familia posee 20 cabezas de carnero y 2 cabezas de cabras.

b. Grupo 2

En las regiones de Mondragón, Sullcari, Juicuni, Capilla Rosario, Tacuara, Ancoma, Huerta Khasa y Kholu cada familia posee 15 cabezas de carnero y 15 cabezas de cabras.

c. Grupo 3

En las zonas de Aczulipampa, Km127, San Antonio, Vina Pampa, Talula, Tasa Pampa, Tuero y Puente Méndez cada familia posee 3 cabezas de carnero y 25 cabezas de cabras.

En todos estos lugares la cría de carnero y cabra se hacen del mismo modo, en el mismo hábitat; por ello, se ha considerado que están sometidos al mismo grado de riesgo.

- Enfermedades de la piel: piel externa
- Enfermedades digestivas: diarrea
- Externas: crías con problemas de peso y patas

A continuación se presentan aspectos relacionados con las enfermedades descritas arriba.

a) En lo referente a enfermedades externas, la población afirma que se debe a agua contaminada. Sin embargo, se requiere de un estudio riguroso.

b) En cuanto a tasa de mortalidad de ganado al ingerir agua del río es de 40% (normal 5%) en el Grupo 3. Este fenómeno debe ser a causa de agua contaminada.

4-3-3 Compilación de contaminación e impacto ambiental

Tomando en cuenta los antecedentes de impacto descritos arriba, se puede clasificar los principales impactos causados por la cuenca del río Pilcomayo como sigue:

(1) Impacto social

① Pobreza ocasionada por la dificultad o la imposibilidad de mantener las actividades productivas tradicionales.

② Migración ocasionada por la pobreza, principalmente en las épocas de invierno y primavera donde hay mayor escasez de agua y son mayores los riesgos de contraer serias enfermedades relacionadas con la digestión.

③ La pobreza y la migración están debilitando la estructura de las organizaciones sociales tradicionales.

(2) Impacto económico

① Disminución e inestabilidad de la capacidad productiva en pesca, agricultura y ganadería.

② Disminución de actividad económica debida a la escasez de recursos humanos.

③ Disminución de importancia económica y política de los sectores agrícolas de la cuenca del río Pilcomayo.

(3) Impacto ambiental

① Acumulación de metales pesados, tóxicos y elementos químicos en los lechos de ríos y su influencia en la cadena alimenticia.

② Aumento de sólidos en suspensión en el río Pilcomayo.

③ Incremento de inestabilidad del ecosistema por los factores de disturbio (naturales y humanos).

4-3-4 Reconocimiento de fuentes y estimación del grado de impacto

(1) Reconocimiento de fuentes

El río Pilcomayo está contaminado química, biológica y físicamente. Esta situación se debe tanto a actividades humanas realizadas en el pasado, así como las que se realizan actualmente, asimismo, en menor escala por procesos geológicos naturales. Varias actividades humanas son los causantes de problemas de contaminación en la cuenca de este río.

1) Pueblos y la Ciudad

La ciudad de Potosí y pueblos aledaños generan desechos sólidos, líquidos y polvos que se vierten a los ríos deteriorando la calidad de sus aguas. Existen alrededor de 120 mil habitantes en la ciudad de Potosí. Otras poblaciones grandes no se encuentran en la misma situación en el Departamento de Potosí; se cree que no influyen grandemente. Sin embargo, no existen sistemas de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Potosí. Por ello, está sujeta a riesgos que origina la contaminación por coliformes.

2) Agricultura

Los productos químicos que son utilizados en los cultivos y cría de ganado, resultan ser algunas veces tóxicos y los campesinos no siempre son capaces de neutralizarlos antes de verterlos a los ríos. Asimismo, las actividades agrícolas y la extracción de madera, que es utilizada como recurso energético, afectan la estabilidad vegetativa y de los sedimentos. Esta pérdida de estabilidad ecológica aumenta al mismo tiempo el proceso natural de contaminación de aguas y del sedimento mediante sedimentación. Debido a que los recursos agrícolas están siendo utilizados sin el concepto de desarrollo sostenible, aunque el uso de productos agroquímicos es limitado por factores culturales y económicos, se puede considerar que el deterioro de los sedimentos y sedimentos constituyen la contaminación originada por este sector.

3) Industrias

El departamento de Potosí se caracteriza por tener muy limitada industrialización, la cual está orientada a la minería. Las actividades mineras han causado una crónica y en ocasiones aguda contaminación en varias subcuencas del río Pilcomayo. Los efluentes que provienen de los ingenios mineros, infiltraciones de agua en los depósitos de minerales en desuso y los vertimientos de efluentes ácidos por las minas activas e inactivas constituyen las principales fuentes de contaminación de este sector. Luego de 1985, las plantas de beneficio de minerales (ingenios) cambiaron del método de separación gravimétrica a flotación. Este cambio abarca la mayor parte de los ingenios y a su vez ha ocasionado el incremento de desechos que generan sólidos en suspensión constituido por partículas de menor tamaño. En consecuencia, los causantes de contaminación en el cauce del río Pilcomayo son los desechos domésticos de la población, los sólidos en suspensión, metales pesados disueltos, reactivos químicos vertidos en la práctica de actividades agrícolas y procesamiento de minerales.

4) Matriz de contaminación versus impacto ambiental

Se ha recopilado y correlacionado las fuentes de contaminación con los impactos que ocasionan en la zona del estudio como se muestra en el cuadro 4-3-10. En esta matriz es notorio el gran impacto que ocasiona la actividad minera de la región.

(2) Estimación del grado de impacto

A continuación se muestran los costos de oportunidad perdidos en la agricultura y ganadería de la zona del estudio debido a contaminación de aguas.

Sector		Estimación cuantitativa (millón US$)	Observaciones
Población en general (1994)		22,7	Aporte de la población al PIB si el tiempo de vida fuera igual al promedio nacional (US$400×(56,3-53)×1/53×478.000)
Agricultura (1993)	Caso 1	3,7	Nivelación de productividad al alcanzar el promedio nacional (1.723Bs/ha-1.353Bs/ha)×116mil Ha×0,364÷4,27Bs/US$
	Caso 2	0,28	Recuperación de terrenos cultivables alcanzando productividad promedio nacional {1.537Ha×(1.723Bs/Ha-1.353Bs/Ha)+361Ha×1.723Bs/Ha}÷4,27Bs/US$
Ganadería (1993)		1,8	Pérdida de productividad a la mitad del normal
Pesca (1993)		0,2	Pérdidas considerando que toda la producción está contaminada
Total	Caso 3	28,6	

Debido a la falta de información, no es posible mencionar que los daños ocasionados por la contaminación se deben exclusivamente a la actividad minera. Sin embargo, es posible presentar los siguientes datos de referencia para estimar el grado de su influencia.

1) Número de habitantes de Potosí y otros departamentos de Bolivia, que en algún grado podría estar afectado su salud debido a la contaminación.

En 1993, el número de habitantes rurales de los departamentos de Potosí, Chuquisaca y Tarija era de: 478, 336 y 146 mil respectivamente. El área de los tres departamentos es de: 118, 51 y 37 mil km^2, respectivamente. La extensión de la cuenca del río Pilcomayo en cada uno de los tres departamentos es: 42, 30 y 24 mil km^2 respectivamente, los cuales representan 36,4, 59,8 y 65,4 % respectivamente la extensión total de cada departamento. Luego, es posible estimar que el número de personas afectadas por la contaminación es de 234, 201

y 96 mil habitantes en Potosí, Chuquisaca y Tarija respectivamente. Especialmente, en los 180Km que abarca la zona del estudio, la población urbana afecta es de 9.790 hogares con 42.097 habitantes. Además, como se explicó en el acápite 4-3-1, la vida promedio en los departamentos de Potosí y Chiquisaca son respectivamente 53 y 57,8 años; es posible observar que tanto Potosí como Chuquisaca están por debajo del promedio nacional que es de 59,3 años. Si consideráramos que estas diferencias se deben a la contaminación, podríamos considerar las pérdidas de capacidad laboral como costo de oportunidad perdido. Al ser el PIB per cápita departamental de US$ 400 y US$ 581, las pérdidas en cada departamento ascenderían a US$ 22,7 millones y US$ 5,1 millones por año.

2) Estimación de pérdidas de producción agrícola en Potosí y en otros departamentos de Bolivia.

En 1993, el valor de producción anual agrícola en los departamentos de Potosí, Chuquisaca y Tarija ha sido respectivamente Bs.157 millones, Bs.192 millones, Bs.138 millones y total de Bolivia, Bs.2.347 millones. Las áreas de cultivo para cada uno de estos departamentos son: 116 mil, 149 mil y 69 mil hectáreas y 1.362 mil hectáreas en toda Bolivia. El promedio de producción agrícola por hectárea ha sido Bs. 1.348 mil, Bs.1.290 mil y Bs.2 millones en cada departamento respectivamente y Bs.1.723 mil por hectárea en Bolivia. Considerando el valor promedio nacional como base, la capacidad de recuperación de la actividad agrícola en los departamentos de Potosí y Chuquisaca podría ser valorada en Bs.43,8 millones (US$ 10 millones) y Bs.64,5 millones (US$ 15,2 millones) respectivamente. De este modo, considerando los porcentajes de cobertura de superficie de la cuenca del río Pilcomayo en 36,4% y 59,8% en cada departamento; los costos de oportunidad perdidas serían Bs. 15,6 millones (US$ 3,7 millones) para la zona del presente estudio. Especialmente, en el estudio citado en el acápite 4-3-2 (5), se estima que existen 361 Ha de terreno cultivable para recuperar si hubiese agua de riego. Adicionando a éste el incremento de productividad a los actuales 1.537 Ha de cultivo a niveles nacionales de Bs. 1.723 , el costo de oportunidad sería Bs. 1.191 mil (US$ 280 mil). En el mapa 12 del anexo 9 se muestran las áreas de cultivo no contaminadas, áreas de cultivo que emplean aguas contaminadas y áreas de cultivo recuperados.

3) Estimación de pérdidas en la actividad pecuaria de Potosí y otros departamentos.

Consideramos que evitar que el ganado tome contacto con aguas contaminadas es más difícil que educar a los niños. Tomando el caso de La Palca, es posible representar los daños a la actividad pecuaria casera causados por la contaminación del río Pilcomayo en la región. Es posible estimar el grado de daños ocasionados a la actividad pecuaria mediante los actuales niveles de producción por departamentos. En 1993, el valor de la producción pecuaria en los departamentos de Potosí, Chuquisaca y Tarija ha sido Bs.33.807 mil, Bs.95.904 mil y Bs.59.526 mil respectivamente. Como se mencionó arriba, las áreas de la cuenca del río Pilcomayo en los tres departamentos son 36,4 %, 59,8% y 65,4% respectivamente. Considerando que la caída de productividad de la cuenca del río Pilcomayo es alrededor del 50%, y el valor de recuperación de la producción pecuaria en cada departamento sería de Bs.7.521 mil (US$ 1,8 millones), Bs.40.906 mil (US$ 9,6 millones) y Bs.28.921 mil (US$ 6,8 millones) para Potosí, Chuquisaca y Tarija, respectivamente.

4) Estimación de daños a la actividad de pesca en Potosí y otros departamentos de Bolivia.

Aun no se ha obtenido suficiente información sobre daños a la actividad de pesca en el río Pilcomayo. Sin embargo, utilizando los datos del caso de Villamontes, departamento de Tarija, es posible estimar la magnitud de daños ocasionados como sigue:

Tomando en cuenta los datos del caso de Villamontes, los peces del área están contaminados con plomo. Aunque el porcentaje de contaminación no es significativo, juzgando severamente, se puede considerar que estos peces no tienen valor comercial. En consecuencia, en los departamentos de Potosí, Chuquisaca y Tarija que no tendría actividades de pesca fuera de la cuenca del río Pilcomayo, los daños en este sector se podría valorizar con los valores de su producción en 1993, que fueron Bs.1.036 mil (US$ 0,2 millones), Bs.1.191 mil (US$ 0,3 millones) y Bs.9.784 mil (US$ 2,3 millones) respectivamente. Especialmente cerca del puente Méndez, los agricultores realizaban pesca para su alimentación. Sin embargo, actualmente, no es posible debido a la inexistencia de peces en la zona.

Cuadro 4-3-1

Población en el área de estudio

Departamento de Potosí, Provincia Tomás Frías

Nº	Municipio	Cantón	Comunidad	N. de familias	Población
1	Potosí	Potosí	San Juán *	1 330	5 719
2			San Cristóbal *	1 227	5 276
3			San Pedro *	1 739	7 478
4			San Benito *	2 184	9 391
5			Cantumarca *	1 590	6 837
6			Jesus Valle	15	65
7	Yocalla	Santa Lucia	Cebadillas	16	69
8			Agua Dulce	40	172
9			Secc. Jaya Mayu	4	17
10			San Antonio	108	464
11			La Puerta	24	103
12			La Palca	78	335
13			Santa Lucía	89	383
14			Cayara	120	516
15		Totora "D"	Totora D	130	559
16			Totora Pampa	175	753
17		Yocalla	Yocalla	80	344
18	Potosí	Tarapaya	El Molino	120	516
19			Aroifilla	39	168
20			Tambo Pampa	50	215
21			Miraflores	20	86
22			Mondragón	14	60
23	Tinguipaya	Tinguipaya	Sullcarí	20	86
24			Pallka	5	22
25			Juicuni	25	108
26			Capilla Rosario	6	26
27			Tacuara	16	69
28			Talula	160	688
			Sub total rivera	**8 595**	**36 959**
			Sub total listado	**9 424**	**40 523**

Comunidades de rivera

Comunidades a más de 1Km del río

* Area urbana ciudad de Potosí

Continuación

Departamento de Potosí, Provincia Cornelio Saavedra

N°	Municipio	Cantón	Comunidad	N° de familias	Población
29	Tacobamba	Ancoma	Ancoma	7	30
30			Huerta Khasa	2	9
31		Tacobamba	Kholu	1	4
32			Oyora	2	9
33			Chalama	20	86
34			Aczulipampa	34	146
35		Rodeo	Quebrada	4	17
36	Betanzos	Potobamba	Km. 127	30	129
37		Tuero	San Antonio	48	206
38		Millares	Viña Pampa	50	215
			Sub total rivera	**198**	**851**

Departamento de Chuquisaca, Provincia Oropeza

N°	Municipio	Cantón	Comunidad	N° de familias	Población
39	Sucre	Quila Quila	Talula	38	163
40	Yotala	Yotala	Tasa Pampa	73	314
41		Tuero	Tuero	35	151
42			Puente Mendez	22	95
			Sub total rivera	**168**	**722**

			TOTAL RIVERA	**8 961**	**38 532**
			TOTAL LISTADO	**9 790**	**42 097**

Comunidades de rivera

Comunidades a más de 1Km del río

* Area urbana ciudad de Potosí

Cuadro 4-3-2

Migración

(Expresado en %)

Departamento de Potosí, Provincia Tomás Frías

N°	Comunidad	Población (hab.)		Migración (%)	
		Anterior	Actual	Temporal	Definitiva
6	Jesus Valle	sin esp.	65	sin esp.	sin esp.
7	Cebadillas	90	69	56.52	23.33
8	Agua Dulce	419	172	65.36	58.95
9	Secc. Jaya Mayu	sin esp.	17	sin esp.	sin esp.
10	San Antonio	834	464	35.12	41.96
11	La Puerta	258	103	34.95	60.00
12	La Palca	479	335	60.00	30.00
13	Santa Lucía	510	383	69.40	24.90
14	Cayara	645	516	50.00	20.00
15	Totora D	745	559	50.10	24.96
16	Totora Pampa	941	753	23.90	19.97
17	Yocalla	491	344	34.89	29.93
18	El Molino	1290	516	39.92	60.00
19	Aroifilla	311	168	39.88	45.98
20	Tambo Pampa	413	215	52.11	47.46
21	Miraflores	242	86	69.77	64.46
22	Mondragón	200	60	78.33	70.00
23	Sullcari	215	86	38.37	60.00
24	Pallka	sin esp.	22	sin esp.	sin esp.
25	Juicuni	154	108	39.80	29.87
26	Capilla Rosario	sin esp.	26	sin esp.	sin esp.
27	Tacuara	99	69	33.33	43.43
28	Talula	955	688	39.97	27.96
	Sub total rivera	**4495**	**2322**	**47.42**	**50.29**
	Sub total listado	**9291**	**5822**	**47.99**	**41.22**

Comunidades de rivera

Comunidades a más de 1Km del río

Departamento de Potosí, Provincia Cornelio Saavedra

N°	Comunidad	Población		Migración	
		Anterior	Actual	Temporal	Definitiva
29	Ancoma	200	30	sin esp.	85.00
30	Huerta Khasa	sin esp	9	sin esp.	sin esp.
31	Kholu	200	4	0.00	98.00
32	Oyora	180	9	0.00	95.00
33	Chalama	123	86	sin esp.	30.11
34	Aczulipampa	228	146	39.73	35.96
35	Quebrada	sin esp	17	sin esp.	sin esp.
36	Km. 127	179	129	65.00	27.93
37	San Antonio	294	206	80.00	29.93
38	Viña Pampa	537	215	40.00	59.96
	Sub total rivera	**1941**	**851**	**37.46**	**57.74**

Departamento de Chuquisaca, Provincia Oropeza

N°	Comunidad	Población		Migración	
		Anterior	Actual	Temporal	Definitiva
39	Talula	sin esp.	163	sin esp.	sin esp.
40	Tasa Pampa	418	314	32.48	24.88
41	Tuero	201	151	25.16	24.87
42	Puente Mendez	173	95	sin esp.	45.10
	Sub total rivera	**792**	**722**	**28.82**	**31.62**

	TOTAL RIVERA	**7228**	**3896**	**37.90**	**46.55**
	TOTAL LISTADO	**12024**	**7396**	**38.09**	**43.52**

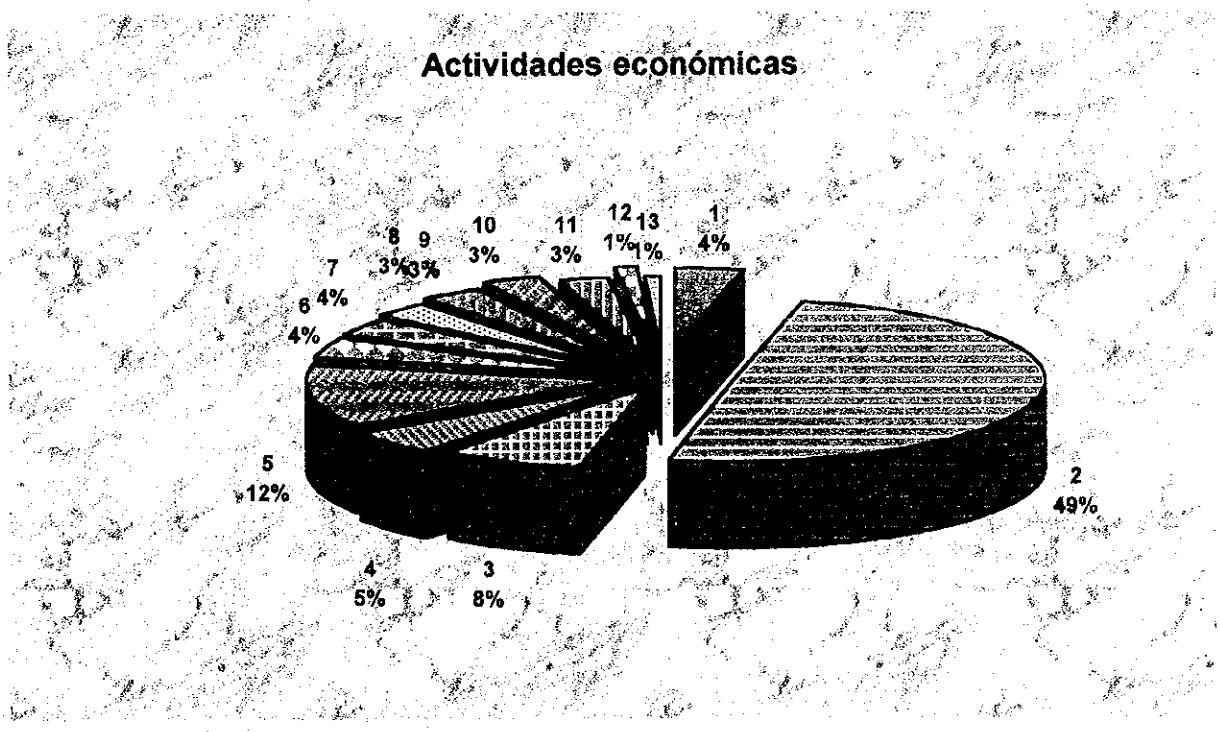
Comunidades de rivera

Comunidades a más de 1Km del río

Cuadro 4-3-3 Clasificación de ocupación en área urbana

(Expresado en % de población)

No.	Actividades	San Juan	San Cristóbal	San Pedro	San Benito	Cantumaza	Promedio
1	Pecuaria	0.00	0.00	0.00	0.00	18.00	3.60
2	Comercio por mayor y menor	59.00	60.00	61.00	59.00	9.00	49.60
3	Extracción de minas y cant.	8.20	8.40	8.50	9.00	4.00	7.62
4	Enseñanza	4.20	5.00	6.30	5.50	3.50	4.90
5	Servicios sociales y de salud	5.40	4.20	4.00	5.70	44.00	12.66
6	Otros serv. comun y pers.	4.80	4.00	4.50	4.00	3.00	4.06
7	Sin especificar	4.00	5.00	3.00	3.50	3.00	3.70
8	Industrias manufactureras	3.50	3.00	4.00	3.10	1.00	2.92
9	Construcción	3.50	3.00	1.70	4.00	5.00	3.44
10	Transportes y comunicac.	3.00	4.00	2.00	2.50	3.50	3.00
11	Hoteles y restaurantes	2.00	1.90	3.50	1.50	3.80	2.54
12	Administración pública	1.50	1.00	1.00	1.80	0.00	1.06
13	Organos extraterritoriales	0.90	0.50	0.50	0.40	2.20	0.90



Fte: INE Censo 1992, II Censo a Establecimientos Económicos

Nota: El gráfico representa los datos promediados

Cuadro 4-3-4

Sistemas de agua potable por población
(Expresado en % de familia)

Departamento de Potosí, Provincia Tomás Frías

N°	Comunidad	Sistema de agua potable		Sin sistema de agua potable			
		Domiciliario	Público	Río	Vertiente	Pozo	Otro
1	San Juán	75.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	San Cristóbal	55.0	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	San Pedro	85.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	San Benito	60.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Cantumarca	80.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Jesus Valle	0.0	0.0	0.0	20.0	80.0	0.0
7	Cebadillas	0.0	0.0	62.5	0.0	37.5	0.0
8	Agua Dulce	0.0	0.0	60.0	0.0	40.0	0.0
9	Secc. Jaya Mayu	0.0	0.0	0.0	75.0	25.0	0.0
10	San Antonio	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	94.5
11	La Puerta	12.5	79.0	8.5	0.0	0.0	0.0
12	La Palca	79.5	20.5	0.0	0.0	0.0	0.0
13	Santa Lucía	40.5	55.0	4.5	0.0	0.0	0.0
14	Cayara	75.0	20.0	5.0	0.0	0.0	0.0
15	Totora D	70.0	20.0	10.0	0.0	0.0	0.0
16	Totora Pampa	80.0	14.9	5.1	0.0	0.0	0.0
17	Yocalla	75.0	20.0	2.5	1.3	0.0	1.3
18	El Molino	45.0	50.0	5.0	0.0	0.0	0.0
19	Aroifilla	79.5	20.5	0.0	0.0	0.0	0.0
20	Tambo Pampa	74.0	20.0	0.0	6.0	0.0	0.0
21	Miraflores	70.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	Mondragón	7.2	71.4	0.0	21.4	0.0	0.0
23	Sullcari	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
24	Pallka	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
25	Juicuni	0.0	0.0	24.0	76.0	0.0	0.0
26	Capilla Rosario	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
27	Tacuara	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
28	Talula	0.0	0.0	20.0	80.0	0.0	0.0
	Promedio rivera	**40.2**	**24.2**	**7.6**	**22.4**	**0.3**	**5.3**
	Promedio listado	**38.0**	**20.2**	**11.0**	**20.7**	**6.7**	**3.4**

Comunidades de rivera

Comunidades a más de 1Km del río

Continuación

Departamento de Potosí, Provincia Cornelio Saavedra

N°	Comunidad	Sistema de agua potable		Sin sistema de agua potable			
		Domicilio	Público	Río	Vertiente	Pozo	Otro
29	Ancoma	0.0	0.0	0.0	57.0	43.0	0.0
30	Huerta Khasa	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
31	Kholu	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
32	Oyora	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
33	Chalama	0.0	0.0	5.0	95.0	0.0	0.0
34	Aczulipampa	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
35	Quebrada	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
36	Km. 127	33.0	40.0	0.0	27.0	0.0	0.0
37	San Antonio	0.0	22.9	0.0	77.1	0.0	0.0
38	Viña Pampa	60.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Promedio rivera	**9.3**	**10.3**	**10.5**	**65.6**	**4.3**	**0.0**

Departamento de Chuquisaca, Provincia Oropeza

N°	Comunidad	Sistema de agua potable		Sin sistema de agua potable			
		Domicilio	Público	Río	Vertiente	Pozo	Otro
39	Talula	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40	Tasa Pampa	0.0	90.4	0.0	9.6	0.0	0.0
41	Tuero	11.0	86.0	0.0	3.0	0.0	0.0
42	Puente Mendez	18.0	68.0	0.0	14.0	0.0	0.0
	Promedio rivera	**7.3**	**86.1**	**0.0**	**6.7**	**0.0**	**0.0**

	PROMEDIO RIVERA	**18.9**	**40.2**	**6.0**	**31.6**	**1.5**	**1.8**
	PROMEDIO LISTADO	**18.2**	**38.9**	**7.2**	**31.0**	**3.7**	**1.1**

Comunidades de rivera

Comunidades a más de 1Km del río

Cuadro 4-3-5 ENFERMEDADES Y MORTALIDAD HUMANA

Area total

Departamento de Potosí, Provincia Tomás Frías

N	Comunidad	Dermatitis		Gastroenteritis		Observaciones
		Número	%	Número	%	
1	San Juán	1773	31%	2345	41%	
2	San Cristóbal	580	11%	1741	33%	
3	San Pedro	2019	27%	3066	41%	
4	San Benito	2817	30%	2911	31%	
5	Cantumarca	1026	15%	2188	32%	
6	Jesus Valle	0	0.0%	0	0.0%	
7	Cebadillas	0	0.0%	0	0.0%	
8	Agua Dulce	0	0.0%	0	0.0%	
9	Secc. Jaya Mayu	0	0.0%	0	0.0%	Recente contaminación del río
10	San Antonio	0	0.0%	0	0.0%	
11	La Puerta	8	7.8%	0	0.0%	
12	La Palca	0	0.0%	0	0.0%	
13	Santa Lucía	0	0.0%	0	0.0%	
14	Cayara	0	0.0%	0	0.0%	
15	Totora D	0	0.0%	0	0.0%	
16	Totora Pampa	0	0.0%	0	0.0%	
17	Yocalla	0	0.0%	0	0.0%	
18	El Molino	0	0.0%	0	0.0%	
19	Aroifilla	5	3.0%	0	0.0%	
20	Tambo Pampa	5	2.3%	0	0.0%	
21	Miraflores	0	0.0%	0	0.0%	
22	Mondragón	12	20.0%	10	16.7%	Diarréas por consumo ocasional
23	Sullcari	15	17.4%	10	11.6%	
24	Pallka	0	0.0%	Sin especificar		Diarréas por consumo ocasional
25	Juicuni	16	14.8%	0	0.0%	
26	Capilla Rosario	0	0.0%	0	0.0%	
27	Tacuara	2	2.9%	0	0.0%	
28	Talula	5	0.7%	Sin especificar		
	Promedio rivera	**8278**	**10.1%**	**12271**	**11.5%**	
	Promedio listado	**8283**	**6.5%**	**12271**	**7.4%**	

Comunidades de rivera

Comunidades a más de 1Km del río

Continuación

Departamento de Potosí, Provincia Cornelio Saavedra

N°	Comunidad	Dermatitis		Gastroenteritis		Observaciones
		Número	%	Número	%	
29	Ancoma	0	0.0%	0	0.0%	
30	Huerta Khasa	Sin especificar		Sin especificar		
31	Kholu	0	0.0%	0	0.0%	
32	Oyora	0	0.0%	0	0.0%	
33	Chalama	0	0.0%	0	0.0%	
34	Aczulipampa	20	13.7%	0	0.0%	
35	Quebrada	4	23.5%	Sin especificar		
36	Km. 127	35	27.1%	15	11.6%	Diarréas por consumo de agua del río
37	San Antonio	48	23.3%	20	9.7%	Diarréas por consumo de agua del río
38	Viña Pampa	20	9.3%	Sin especificar		Diarréas por consumo de agua del río
	Promedio rivera	**127**	**9.7%**	**35**	**2.1%**	

Departamento de Chuquisaca, Provincia Oropeza

N°	Comunidad	Dermatitis		Gastroenteritis		Observaciones
		Número	%	Número	%	
39	Talula	22	13.5%	Sin especificar		Diarréas por consumo de agua del río
40	Tasa Pampa	0	0.0%	0	0.0%	Diarréas por consumo de agua del río
41	Tuero	25	16.6%	24	15.9%	Diarréas por consumo de agua del río
42	Puente Mendez	15	15.8%	8	8.4%	Diarréas por consumo de agua del río
	Promedio rivera	**62**	**11.5%**	**0**	**6.1%**	

	PROMEDIO RIVERA	**8467**	**10.4%**	**12306**	**6.6%**	
	PROMEDIO LISTADO	**8472**	**9.2%**	**12306**	**5.2%**	

Comunidades de rivera

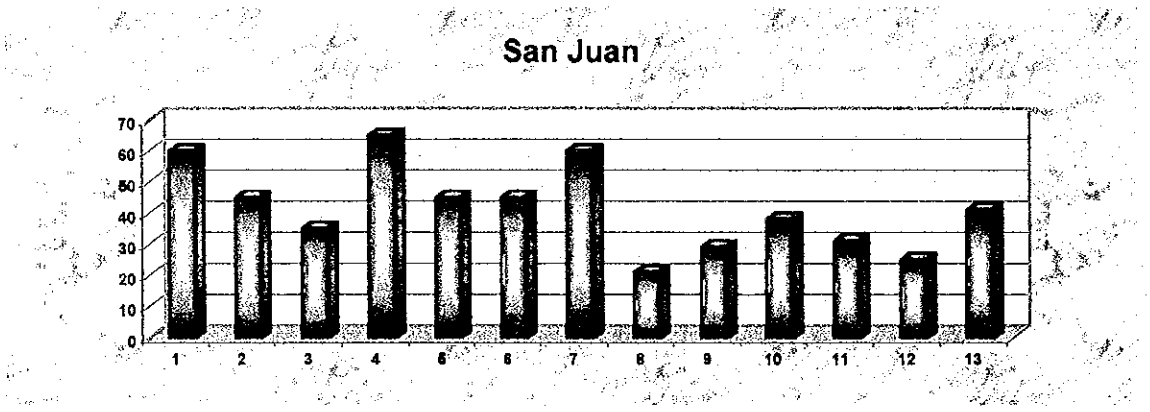
Comunidades a más de 1Km del río

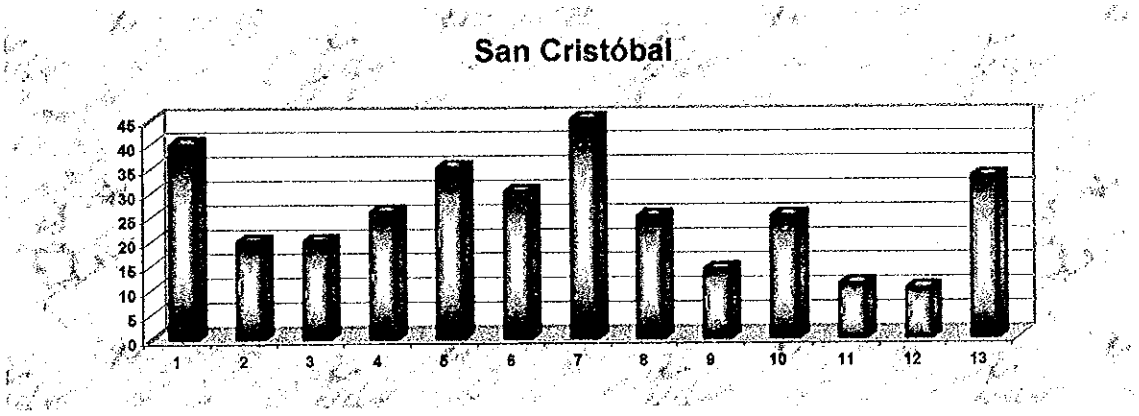
Cuadro 4-3-6 Enfermedades en Area urbana detallada (Expresado en %)

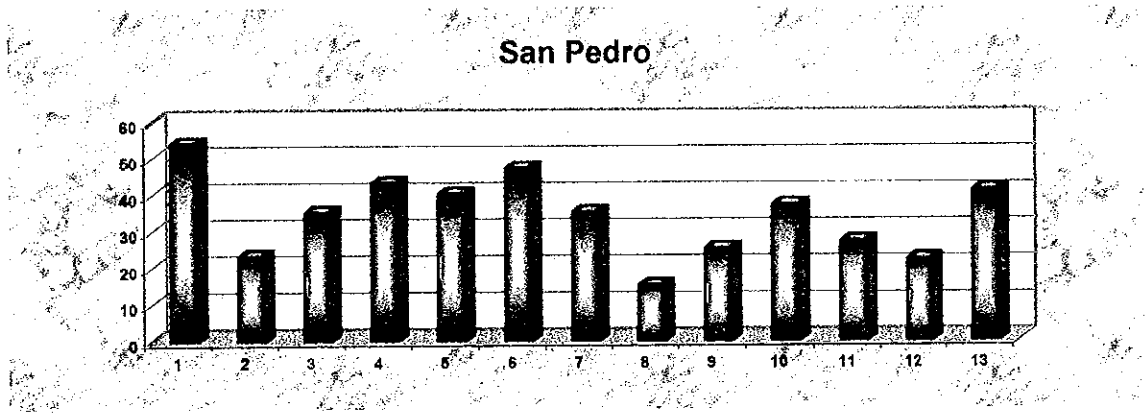
No.	Nombre	Descripción
1	**Cefaleas**	Dolores de cabeza debido a la inhalación de olores y polvos de los ingenios
2	**Gastritis**	Efectos en el aparato digestivo (acidez) debido a inhalación de polvos contaminados por desechos de ingenios.
3	**Neumoconosis**	Efectos en el aparato digestivo debido a inhalación partículas de basurales y tierras de rivera de ríos contaminados.
4	**Laringitis**	Afecc. de la garganta por la inhalación de polvos u olores de residuos de ingenios
5	**Laringitis**	Afecciones de garganta debido a inhalación de polvos de suelos de calles y viviendas con copajira.
6	**Conjuntivitis**	Afecciones oculares debido a polvos de suelos con copajira
7	**Conjuntivitis**	Afecciones oculares debido a polvos de trabajos de ingenios
8	**Dermatitis**	Afecciones dérmicas debido a contaminación por polución de actividades mineras
9	**Dermatitis**	Afecciones dérmicas debido a contaminación por basurales
10	**Dermatitis**	Afecciones dérmicas debido a contaminación por tierras de copajira
11	**Dermatitis**	Afecciones debido a la contaminación de aguas de río contaminado
12	**Dermatitis**	Afecciones dérmicas debido a contaminación de aguas negras de domicilio.
13	**Gastroenteritis**	Diarreas

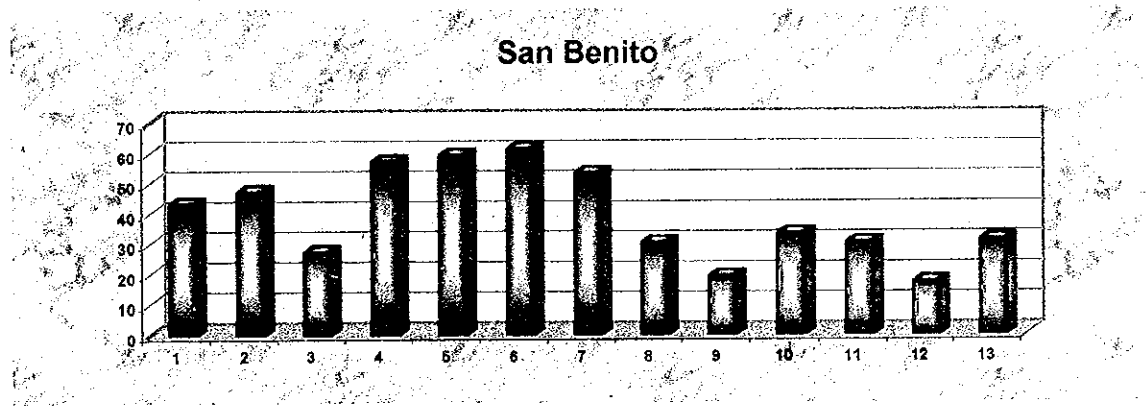
No.	Distrito	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	**San Juan**	60	45	35	65	45	45	60	21	29	38	31	25	41
2	**San Cristóbal**	40	20	20	26	35	30	45	25	14	25	11	10	33
3	**San Pedro**	54	23	35	43	40	47	35	15	25	37	27	22	41
4	**San Benito**	43	47	27	57	59	61	53	30	19	33	30	17	31
5	**Cantumarca**	10	25	20	45	-	-	55	-	20	-	10	-	35

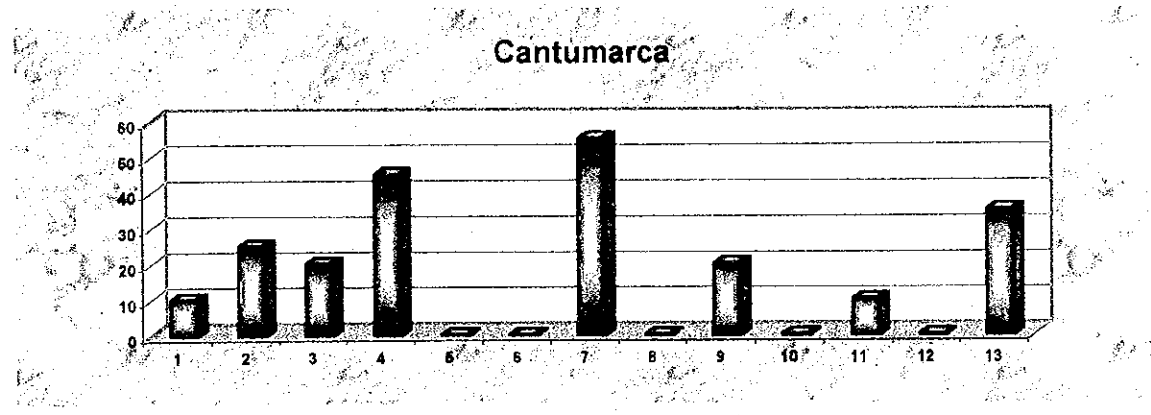
Fte: Encuestas CDR




San Cristóbal
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13


San Pedro
60
50
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13


San Benito
70
60
50
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13


Cantumarca
60
50
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13