



FUNDACIÓN MEDMIN  
Calle Alfredo Ascarrunz (final)  
# 2674 Sopocachi  
Tel./Fax 2426271 2426273 Casilla 2444  
[www.medmin.org](http://www.medmin.org)  
medmin@medmin.org  
LA PAZ - Bolivia



GOBIERNO MUNICIPAL DE  
POOPÓ  
PRIMERA SECCIÓN DE LA  
PROVINCIA POOPÓ  
Sub Alcaldía de Ovejuyo  
Tel./ 2-792904  
Av. 14 de Septiembre  
LA PAZ - Bolivia

**PLAN DE ACCIÓN AMBIENTAL MUNICIPAL  
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL  
MUNICIPIO DE POOPO PROVINCIA POOPÓ, ORURO-BOLIVIA**



**ESTUDIO DE AGUA, SUELO Y RESIDUOS SÓLIDOS**

PREPARADA PARA:

**GOBIERNO MUNICIPAL DE POOPÓ**

PREPARADA POR:

**FUNDACIÓN MEDMIN**

**ING. FERNANDO BALDERRAMA**

## ÍNDICE

<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>IV</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	<b>V</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>VI</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL:.....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	2
<b>3 JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>4 ALCANCE DEL ESTUDIO</b> .....	<b>4</b>
4.1 AGUA.....	4
4.2 SUELO.....	5
4.3 RESIDUOS SÓLIDOS .....	5
<b>5 MARCO TEORICO</b> .....	<b>6</b>
5.1 AGUA.....	6
5.2 SUELO.....	7
5.3 RESIDUOS SÓLIDOS .....	9
5.4 EFECTOS DE LOS ELEMENTOS INORGANICOS EN LA SALUD.....	10
<b>6 METODOLOGIA</b> .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
6.1 AGUA .....	25
6.1.1 Metodología .....	25
6.1.2 Puntos de muestreo de agua .....	25
6.1.3 Parámetros de análisis .....	25



6.1.4	<i>Materiales</i> .....	26
6.1.5	<i>Calibración de equipos</i> .....	27
6.1.6	<i>Procedimiento de muestreo</i> .....	28
6.1.7	<i>Técnica de muestreo</i> .....	29
6.2	SUELO .....	30
6.2.1	<i>Metodología</i> .....	30
6.2.2	<i>Ubicación de los puntos para muestreo de suelos</i> .....	30
6.2.3	<i>Parámetros de análisis para muestras de suelos</i> .....	30
6.2.4	<i>Materiales</i> .....	31
6.2.5	<i>Calibración de equipos</i> .....	32
6.2.6	<i>Procedimiento de muestreo</i> .....	32
6.2.7	<i>Técnica de muestreo</i> .....	33
6.3	RESIDUOS SÓLIDOS.....	33
6.3.1	<i>Materiales</i> .....	33
6.3.2	<i>Procedimiento de toma de datos</i> .....	34
<b>7</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>35</b>
7.1	ESTUDIO DE AGUA .....	35
7.1.1	<i>Descripción hidrológica de la región (municipio)</i> .....	35
7.1.2	<i>Resultados de los análisis</i> .....	35
7.1.3	<i>Análisis y evaluación de los resultados</i> .....	41
7.2	ESTUDIO DE SUELOS .....	44
7.2.1	<i>Descripción general de los suelos de la región</i> .....	44
7.2.2	<i>Resultados de los análisis</i> .....	46



7.2.3	<i>Análisis metales Pesados</i> .....	48
7.2.4	<i>Análisis y evaluación de los resultados</i> .....	50
7.3	ESTUDIO DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	56
7.3.1	<i>Situación actual de la gestión de los residuos sólidos</i> .....	57
7.3.2	<i>Resultados</i> .....	57
<b>8</b>	<b>DISCUSIONES Y CONCLUSIONES</b> .....	<b>60</b>
8.1	AGUA.....	60
8.2	SUELOS .....	61
8.3	RESIDUOS SÓLIDOS .....	61
<b>8</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>62</b>
8.1	AGUA.....	62
8.2	SUELO .....	62
8.3	RESIDUOS SÓLIDOS.....	63
<b>9</b>	<b>GLOSARIO</b> .....	<b>64</b>
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>68</b>
<b>11</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>69</b>

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 4-1 Puntos de muestreos de agua .....	4
Tabla 4-2 Puntos de muestreos suelo.....	5
Tabla 6-1 Parámetros de análisis de agua .....	26
Tabla 6-2 Calibración de los equipos .....	28
Tabla 6-3 Datos de ubicación y clima .....	28
Tabla 6-4 Parámetros para análisis de suelos .....	30
Tabla 6-5 Calibración de los equipos .....	32
Tabla 6-6 Datos de ubicación y clima .....	32
Tabla 6-7 Datos de ubicación y clima .....	34
Tabla 7-1 Parámetros físicos, químicos, biológicos .....	37
Tabla 7-2 Parámetros físicos, químicos, biológicos .....	38
Tabla 7-3 Parámetros metales pesados .....	39
Tabla 7-4 Parámetros metales pesados .....	40
Tabla 7-5 Resultados físico - químico .....	46
Tabla 7-6 Resultados físico - químico .....	47
Tabla 7-7 Metales pesados en los suelos analizados .....	49
Tabla 7-8 Metales pesados en los suelos analizados .....	49
Tabla 7-8 Características de los tipos de suelo .....	51
Tabla 7-9 Contenido de materia orgánica .....	52
Tabla 7-10 Contenido de Nitrógeno.....	52
Tabla 7-11 Contenido de Fósforo .....	53
Tabla 7-12 Contenido de Potasio .....	53
Tabla 7-13 Monitoreo de residuos sólidos.....	59



### LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO I</b>	Mapas de ubicación de los puntos de muestreo de agua, suelos y Manejo de residuos sólidos
<b>ANEXO II</b>	Resultados de laboratorio para agua y suelo Spectrolab
<b>ANEXO III</b>	Tabla monitoreo de Agua y Suelo
<b>ANEXO IV</b>	Tabla de valores permitidos para concentraciones de metales pesados en suelos

## RESUMEN EJECUTIVO

En septiembre del 2002, a través de una reunión entre el Comité de Gobiernos Municipales y la fundación MEDMIN, se llegó a la conclusión de reconocer que hoy en día los Gobiernos Municipales de las zonas rurales han descuidado la conservación y protección de nuestro medio ambiente. Una segunda conclusión se refiere a que los Gobiernos Municipales tienen las mejores intenciones de realizar acciones ambientales en sus municipios, y más específicamente realizar un Plan de Acción Ambiental Municipal, sin embargo existe una debilidad al respecto, es decir no se cuenta con una guía metodológica para la realización de dicho plan. Es así que nace la iniciativa de colaborar con los municipios en la elaboración de Planes de Acción Ambiental. Para lograr la implementación de esta iniciativa, la Fundación MEDMIN decide desarrollar un “Modelo Guía para la Elaboración de Planes de Acción Ambiental Municipal (PAAM) destinado a la Gestión Ambiental Local”.

Uno de los principales componentes dentro de un Plan de Acción Ambiental es la fase de diagnóstico a la cual se refiere el presente documento, tocando como temas: el estado actual de las aguas, suelos y manejo de residuos sólidos dentro del municipio.

Mediante una metodología estandarizada de muestreo para aguas y suelos, toma de datos acerca del manejo de los residuos sólidos, se procedió a recolectar información primaria y secundaria en todo el municipio, identificando, con la ayuda de funcionarios municipales, los puntos más importantes para los muestreos.

En una segunda fase, dentro de la etapa de diagnóstico, se han analizado e interpretado muestras de agua y suelo en sus componentes físicos, químicos y biológicos.

En los resultados se puede citar como principales puntos: aguas que se caracterizan por una posible contaminación de origen minero, otras presentan contaminación de origen doméstico, también se observa que las aguas utilizadas para consumo humano, es decir aguas de piletas, pozos, etc., tienen niveles bajos de contaminación.

Los suelos del municipio se caracterizan por ser altamente productivos y carentes de contaminación por metales.

En el caso de los residuos sólidos se observa que no están dispuestos de manera inadecuada.

Un ejemplo de recomendaciones para proteger y cuidar el Medio Ambiente es la implementación de proyectos de saneamiento básico para reducir la contaminación provocada por basura doméstica y excrementos que finalmente son dispuestos en fuentes de agua.

# 1 INTRODUCCIÓN

El Diagnóstico Ambiental para agua, suelo y residuos sólidos es parte integrante del proceso de elaboración del Plan de Acción Ambiental Municipal de Poopó.

El agua es un elemento vital para todos los seres vivos. Se contamina por acciones humanas como la eliminación de desechos de origen doméstico, comercial, hospitalario, industrial, minero, petrolero y agrícola. La conservación y protección de nuestros recursos hídricos es muy importante y el Municipio es actor con un rol central. Este trabajo será de gran apoyo a la formación de una conciencia sobre: el medio ambiente y la importancia de las aguas para todos los habitantes del Municipio.

El suelo es la principal fuente generadora de vida y recursos naturales, se contamina por acciones humanas como ser el uso indiscriminado de agroquímicos, actividades mineras, industriales etc. Existen muchas medidas para conservar los suelos, sin embargo antes de poder conservar este recurso tenemos que conocer sus problemas. Este Diagnóstico Ambiental va ayudar a comprender la situación actual de nuestros suelos.

Los residuos sólidos son todos los materiales de desecho generados a partir de nuestras actividades. Un manejo adecuado de estos residuos (Gestión de Residuos Sólidos) nos permite vivir en un ambiente más sano y seguro. Por eso, es importante conocer el manejo actual de los residuos sólidos municipales.

El objetivo de este trabajo es analizar el estado actual de las diversas **fuentes de agua, tipos de suelo y manejo actual de los residuos sólidos** con el fin de obtener resultados y conclusiones que den una idea clara del estado ambiental del municipio respecto a estos tres factores.

La elaboración del estudio de agua, suelo y residuos sólidos responde a una necesidad: tener un panorama general de la situación ambiental dentro del área de trabajo, estos datos son una de las materias primas fundamentales para la posterior elaboración del Plan de Acción Ambiental de Poopó.

En el documento el lector encontrara la metodología utilizada para muestreos de aguas y suelos. Se discutirá la problemática de la gestión de los residuos sólidos dentro del municipio. Los resultados obtenidos están resumidos en tablas de fácil comprensión e interpretación. También podrá encontrar el análisis y evaluación de los resultados y finalmente dos capítulos con conclusiones y recomendaciones respecto a estos temas.

## 2 OBJETIVOS

El objetivo principal del Diagnóstico Ambiental para el Municipio de Poopó es analizar el estado actual de las diversas **fuentes de agua, tipos de suelo y manejo actual de los residuos sólidos**.

### 2.1 OBJETIVO GENERAL:

- Establecer la situación actual del Municipio de Poopó, 1era sección de la Provincia Poopó del Departamento de Oruro, en cuanto a la calidad de las aguas, suelos y manejo de residuos sólidos, mediante estudios basados en información primaria y secundaria.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la composición físico-química de las fuentes de agua, como ser ríos, piletas y agua de mina.
- Conocer el estado de salud de los suelos, analizando la composición físico-química de los diversos tipos de suelos: agrícolas, sedimentos, suelos de mina y para expansión urbana.
- En materia de residuos sólidos el objetivo principal es conocer el estado actual del manejo de los mismos.

### 3 JUSTIFICACIÓN

En septiembre del 2002 a través de una reunión entre el Comité de Gobiernos locales y la Fundación MEDMIN, se llegó a la conclusión de reconocer que hoy en día los Gobiernos Municipales en zonas rurales, han descuidado la conservación y protección de nuestro medio ambiente.

Una segunda conclusión se refiere a que los Gobiernos Municipales tienen las mejores intenciones de realizar acciones ambientales en sus municipios, y más específicamente realizar un Plan de Acción Ambiental Municipal, sin embargo existe una debilidad al respecto, es decir, no se cuenta con una guía metodológica para la realización de dicho plan.

Es así que nace la iniciativa de colaborar con los municipios en la elaboración de Planes de Acción Ambiental. Para lograr la implementación de esta iniciativa, la Fundación MEDMIN decide desarrollar un “Modelo Guía para la Elaboración de Planes de Acción Ambiental Municipal (PAAM) destinado a la Gestión Ambiental Local”.

Dentro de esta reunión se contó con la participación de 21 gobiernos municipales y 17 instituciones de nivel central e intermedio, además participaron representantes de la Cooperación Internacional y Poder Legislativo, se seleccionaron municipios que se encuentran con problemas mineros, dentro de esta lista corta se tuvieron conversaciones con las principales entidades locales y de ellas, Poopó fue una de las secciones municipales que se interesó en la realización del Plan de Acción Ambiental Municipal y por ende se firmó un convenio interinstitucional con la Fundación MEDMIN para la realización de este Plan Ambiental.

El municipio de Poopó se sitúa en una región con gran actividad minera. Estas pueden producir impactos negativos al Medio Ambiente. Muchos de los ríos y suelos del municipio se encuentran en áreas cercanas a las actividades mineras, en otros casos sirven como receptores de desechos lo cual podría provocar problemas ambientales en el área. Esta situación particular ha contribuido a dar el impulso a la elaboración del Plan de Acción Ambiental en un trabajo entre la Fundación MEDMIN y el Municipio de Poopó.

Cabe recalcar que por la primera vez se utilizará un Modelo-Guía para la elaboración de un Plan de Acción Ambiental municipal.

## 4 ALCANCE DEL ESTUDIO

El estudio se ubica en el Municipio de Poopó; Cantones Poopó, Venta y Media y Coripata.

Previo a la salida de campo, se planificó realizar muestreo puntual, uniforme y homogéneo en el cual se considero a los cursos de agua sin variación de caudales, color, temperatura, etc., de tal manera que los resultados obtenidos en este estudio podrán ser utilizados como base para posteriores estudios más detallados.

El contexto espacial del estudio es funcional y útil para el planteamiento del Plan de Acción Ambiental Municipal de Poopó, su extrapolación a otros sectores y áreas de actividad requerirá de un análisis complementario, sin embargo es posible su ampliación.

### 4.1 AGUA

En el caso de agua se planificaron los puntos de muestreos en un trabajo conjunto entre los técnicos de la Fundación MEDMIN y las autoridades del Municipio. El concepto de base fue visitar todos los cantones y las poblaciones representativas de cada cantón.

- Cuencas con influencias de actividades mineras presentes o pasadas (puntos cercanos y alejados al área de la actividad con el fin de detectar la incidencia de dicha actividad en el recurso agua).
- Unión de dos o mas ríos (río afectado por actividad minera y el otro no)
- Ríos en entradas y salidas de poblaciones importantes.
- Aguas de consumo humano (tanques de almacenamiento, piletas, ríos)

Tabla 4-1 Puntos de muestreos de agua

CÓDIGO DE MUESTRA	CANTÓN	LUGAR VISITADO
POOW-001	Poopó	Río Callhuari
POOW-002		Cerro Cóndor Iquiña
POOW-003		Mina Machacamarquita
POOW-004		Estación de trenes Poopó
POOW-005		Puente Poopó
POOW-013	Coripata	Mina Challa Apacheta
POOW-014		Río Wilacasa
POOW-015		Río Molle Puncu Grande
POOW-017	Venta y Media	Comunidad Carajara
POOW-019		Venta y Media
POOW-020		Unión ríos Taquipalca y Huanuni
POOW-022	Poopó	Comunidad Pitcoya
POOW-023		Puñaca (Viginia)
POOW-024		Río Trenacre
POOW-025		Comunidad Callipampa
POOW-026		Mina Candelaria

## 4.2 SUELO

Los puntos de muestreos se planificaron in situ, tomando en cuenta el grado de afectación por actividades mineras u otras actividades.

En la tabla 4.2 se pueden ver los puntos de muestreo para suelo.

**Tabla 4-2 Puntos de muestreos suelo**

CÓDIGO DE MUESTRA	CANTÓN	LUGAR VISITADO
POOS-001	Poopó	Río Callhuari
POOS-002		Cerro Cóndor Iquiña
POOS-003		Mina Machacamarquita
POOS-004		Estación de trenes Poopó
POOS-013	Coripata	Mina Challa Apacheta
POOS-020	Venta y Media	Taquipalca
POOS-021	Poopó	Cayumalliri
POOS-023		Río Cachimayu
POOS-024		Tonkori

## 4.3 RESIDUOS SÓLIDOS

En el caso de los residuos sólidos se realizó el registro fotográfico de botaderos, vertederos y otros lugares de disposición final para desechos orgánicos e inorgánicos además de una encuesta por comunidad visitada.

## 5 MARCO TEÓRICO

### 5.1 AGUA

Agua es el nombre común que se aplica al estado líquido del compuesto de hidrógeno y oxígeno  $H_2O$ .

El agua pura es un líquido inodoro e insípido. Tiene un matiz azul, que sólo puede detectarse en capas de gran profundidad. A la presión atmosférica (760 mm de mercurio), el punto de congelación del agua es de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  y su punto de ebullición de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  y se expande al congelarse.

El agua es la única sustancia que existe a temperaturas ordinarias en los tres estados de la materia, o sea, sólido, líquido y gas. Como sólido o hielo se encuentra en los glaciares y los casquetes polares, así como en las superficies de agua en invierno y en cordilleras; también en forma de nieve, granizo y escarcha, y en las nubes formadas por cristales de hielo. Existe en estado líquido en las nubes de lluvia formadas por gotas de agua, y en forma de rocío en la vegetación. Además, cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre en forma de pantanos, lagos, ríos, mares y océanos. Como gas, o vapor de agua, existe en forma de niebla, vapor y nubes. El vapor atmosférico se mide en términos de humedad relativa, que es la relación de la cantidad de vapor de agua en el aire a una temperatura dada respecto a la máxima que puede contener a esa temperatura.

El agua es el componente principal de la materia viva. Constituye del 50 al 90% de la masa de los organismos vivos. El protoplasma, que es la materia básica de las células vivas, consiste en una disolución de grasas, carbohidratos, proteínas, sales y otros compuestos químicos similares en agua. El agua actúa como disolvente transportando, combinando y descomponiendo químicamente esas sustancias. La sangre de los animales y la savia de las plantas contienen una gran cantidad de agua, que sirve para transportar los alimentos y desechar el material de desperdicio. El agua desempeña también un papel importante en la descomposición metabólica de moléculas tan esenciales como las proteínas y los carbohidratos. Este proceso, llamado hidrólisis, se produce continuamente en las células vivas.

El movimiento continuo de agua entre la Tierra y la atmósfera se conoce como ciclo hidrológico. Se produce vapor de agua por evaporación en la superficie terrestre y en las masas de agua, y por transpiración de los seres vivos. Este vapor circula por la atmósfera y precipita en forma de lluvia o nieve.

Al llegar a la superficie terrestre, el agua sigue dos trayectorias. En cantidades determinadas por la intensidad de la lluvia, así como por la porosidad, permeabilidad, grosor y humedad previa del suelo, una parte del agua se vierte directamente en los riachuelos y arroyos, de donde pasa a los océanos y a las masas de agua continentales; el resto se infiltra en el suelo. Una parte del agua infiltrada constituye la humedad del suelo, y puede evaporarse directamente o penetrar en las raíces de las plantas para ser transpirada por las hojas. La porción de agua que supera las fuerzas de cohesión y adhesión del suelo, se filtra hacia abajo y se acumula en la llamada zona de saturación para formar un depósito de agua subterránea, cuya superficie se conoce como nivel freático.

En condiciones normales, el nivel freático crece de forma intermitente según se va rellenando o recargando, y luego declina como consecuencia del drenaje continuo en desagües naturales como son los manantiales.

## 5.2 SUELO

El Suelo corresponde a cubierta externa de la mayoría de la superficie continental de la Tierra. Es un agregado de minerales no consolidados y de partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica.

Los suelos cambian mucho de un lugar a otro. La composición química y la estructura física del suelo en un lugar dado están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por la cantidad de tiempo en que ha actuado la meteorización, por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas. Las variaciones del suelo en la naturaleza son graduales, excepto las derivadas de desastres naturales. Sin embargo, el cultivo de la tierra priva al suelo de su cubierta vegetal y de mucha de su protección contra la erosión del agua y del viento, por lo que estos cambios pueden ser más rápidos. Los agricultores han tenido que desarrollar métodos para prevenir la alteración perjudicial del suelo debida al cultivo excesivo y para reconstruir suelos que ya han sido alterados con graves daños.

Los componentes primarios del suelo son:

- 1) compuestos inorgánicos, no disueltos, producidos por la meteorización y la descomposición de las rocas superficiales.
- 2) los nutrientes solubles utilizados por las plantas
- 3) distintos tipos de materia orgánica, viva o muerta y 4) gases y agua requeridos por las plantas y por los organismos subterráneos.

La naturaleza física del suelo está determinada por la proporción de partículas de varios tamaños. Las partículas inorgánicas tienen tamaños que varían entre el de los trozos distinguibles de piedra y grava hasta los de menos de 1/40.000 centímetros. Las grandes partículas del suelo, como la arena y la grava, son en su mayor parte químicamente inactivas; pero las pequeñas partículas inorgánicas, componentes principales de las arcillas finas, sirven también como depósitos de los que las raíces de las plantas extraen nutrientes. El tamaño y la naturaleza de estas partículas inorgánicas diminutas determinan en gran medida la capacidad de un suelo para almacenar agua, vital para todos los procesos de crecimiento de las plantas.

La parte orgánica del suelo está formada por restos vegetales y restos animales, junto a cantidades variables de materia orgánica amorfa llamada humus. La fracción orgánica representa entre el 2 y el 5% del suelo superficial en las regiones húmedas, pero puede ser menos del 0.5% en suelos áridos o más del 95% en suelos de turba.

El componente líquido de los suelos, denominado por los científicos solución del suelo, es sobre todo agua con varias sustancias minerales en disolución, cantidades grandes de oxígeno y dióxido de carbono disueltos. La solución del suelo es muy compleja y tiene importancia primordial al ser

el medio por el que los nutrientes son absorbidos por las raíces de las plantas. Cuando la solución del suelo carece de los elementos requeridos para el crecimiento de las plantas, el suelo es estéril.

Los principales gases contenidos en el suelo son el oxígeno, el nitrógeno y el dióxido de carbono. El primero de estos gases es importante para el metabolismo de las plantas porque su presencia es necesaria para el crecimiento de varias bacterias y de otros organismos responsables de la descomposición de la materia orgánica. La presencia de oxígeno también es vital para el crecimiento de las plantas ya que su absorción por las raíces es necesaria para sus procesos metabólicos.

Los suelos muestran gran variedad de aspectos, fertilidad y características químicas en función de los materiales minerales y orgánicos que lo forman. El color es uno de los criterios más simples para calificar las variedades de suelo. La regla general, aunque con excepciones, es que los suelos oscuros son más fértiles que los claros. La oscuridad suele ser resultado de la presencia de grandes cantidades de humus. A veces, sin embargo, los suelos oscuros o negros deben su tono a la materia mineral o a humedad excesiva; en estos casos, el color oscuro no es un indicador de fertilidad.

Los suelos rojos o castaño-rojizos suelen contener una gran proporción de óxidos de hierro (derivado de las rocas primigenias) que no han sido sometidos a humedad excesiva. Por tanto, el color rojo es, en general, un indicio de que el suelo está bien drenado, no es húmedo en exceso y es fértil. En muchos lugares del mundo, un color rojizo puede ser debido a minerales formados en épocas recientes, no disponibles químicamente para las plantas. Casi todos los suelos amarillos o amarillentos tienen escasa fertilidad. Deben su color a óxidos de hierro que han reaccionado con agua y son de este modo señal de un terreno mal drenado. Los suelos grisáceos pueden tener deficiencias de hierro u oxígeno, o un exceso de sales alcalinas, como carbonato de calcio.

La textura general de un suelo depende de las proporciones de partículas de distintos tamaños que lo constituyen. Las partículas del suelo se clasifican como arena, limo y arcilla. Las partículas de arena tienen diámetros entre 2 y 0,05 mm, las de limo entre 0,05 y 0,002 mm, y las de arcilla son menores de 0,002 mm. En general, las partículas de arena pueden verse con facilidad y son rugosas al tacto. Las partículas de limo apenas se ven sin la ayuda de un microscopio y parecen harina cuando se tocan. Las partículas de arcilla son invisibles si no se utilizan instrumentos y forman una masa viscosa cuando se mojan.

En función de las proporciones de arena, limo y arcilla, la textura de los suelos se clasifica en varios grupos definidos de manera arbitraria. Algunos son: la arcilla arenosa, la arcilla limosa, el limo arcilloso, el limo arcilloso arenoso, el fango arcilloso, el fango, el limo arenoso y la arena limosa. La textura de un suelo afecta en gran medida a su productividad. Los suelos con un porcentaje elevado de arena suelen ser incapaces de almacenar agua suficiente como para permitir el buen crecimiento de las plantas y pierden grandes cantidades de minerales nutrientes por lixiviación hacia el subsuelo. Los suelos que contienen una proporción mayor de partículas pequeñas, por ejemplo las arcillas y los limos, son depósitos excelentes de agua y encierran minerales que pueden ser utilizados con facilidad. Sin embargo, los suelos muy arcillosos tienden a contener un exceso de agua y tienen una textura viscosa que los hace resistentes al cultivo y que impide, con frecuencia, una aireación suficiente para el crecimiento normal de las plantas.

### 5.3 RESIDUOS SÓLIDOS

Los Residuos sólidos corresponden a los materiales sólidos o semisólidos sin utilidad que generan las actividades humanas y animales. Se separan en cuatro categorías: residuos agrícolas, industriales, comerciales y domésticos.

Los residuos comerciales y domésticos suelen ser materiales orgánicos, ya sean combustibles, como papel, madera y tela, o no combustibles, como metales, vidrio y cerámica.

Los residuos industriales pueden ser cenizas procedentes de combustibles sólidos, escombros de la demolición de edificios, materias químicas, pinturas y escoria, la cual puede ser residuos de actividades mineras;

Los residuos agrícolas suelen ser estiércol de animales y restos de la cosecha.

La eliminación de residuos mediante vertido controlado es el método más utilizado. El resto de los residuos se incinera y una pequeña parte se utiliza como fertilizante orgánico. La selección de un método u otro de eliminación se basa sobre todo en criterios económicos, lo que refleja circunstancias locales. En cuanto al reciclado, se prevee que para el año 2000 se reciclará la mitad de los residuos domésticos.

El vertido controlado es la manera más barata de eliminar residuos, pero depende de la existencia de emplazamientos adecuados. En general, la recogida y transporte de los residuos suponen el 75% del coste total del proceso. Este método consiste en almacenar residuos en capas en lugares excavados.

Cada capa se prensa con máquinas hasta alcanzar una altura de 3 metros; entonces se cubre con una capa de tierra y se vuelve a prensar. Es fundamental elegir el terreno adecuado para que no se produzca contaminación ni en la superficie ni en aguas subterráneas. Para ello se nivela y se cultiva el suelo encima de los residuos, se desvía el drenaje de zonas más altas, se seleccionan suelos con pocas filtraciones y se evitan zonas expuestas a inundaciones o cercanas a manantiales subterráneos. La descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos genera gases.

La elaboración de fertilizantes o abonos a partir de residuos sólidos consiste en la degradación de la materia orgánica por microorganismos aeróbicos. Primero se clasifican los residuos para separar materiales con alguna otra utilidad y los que no pueden ser degradados, y se entierra el resto para favorecer el proceso de descomposición. El humus resultante contiene de un 1 a un 3% de nitrógeno, fósforo y potasio, según los materiales utilizados. Después de tres semanas el producto está preparado para mezclarlo con aditivos, empaquetarlo y venderlo.

La práctica del reciclado de residuos sólidos es muy antigua. Los utensilios metálicos se funden y remodelan desde tiempos prehistóricos. En la actualidad los materiales reciclables se recuperan de muchas maneras, como el desfibrado, la separación magnética de metales, separación de materiales ligeros y pesados, criba y lavado. Otro método de recuperación es la reducción a pulpa. Los residuos se mezclan con agua y se convierten en una lechada pastosa al pasarlos por un triturador. Los trozos de metal y otros sólidos se extraen con dispositivos magnéticos y la pulpa se introduce en una centrifugadora. Aquí se separan los materiales más pesados, como trozos de cristal, y se

envían a sistemas de reciclado; otros materiales más ligeros se mandan a plantas de reciclado de papel y fibra, y el residuo restante se incinera o se deposita en un vertedero.

Las autoridades locales de muchos países piden a los consumidores que depositen botellas, latas, papel y cartón en contenedores separados del resto de la basura. Unos camiones especiales recogen los contenedores y envían estos materiales a las instalaciones de reciclado, reduciendo el trabajo en incineradoras y los residuos en los vertederos.

Algunas sustancias biológicas, los compuestos químicos tóxicos e inflamables y los residuos radiactivos son peligrosos. Estas sustancias pueden ser gaseosas, líquidas, semisólidas, sólidas o gaseosas y dependiendo de sus características, deben tener una disposición final adecuada en contenedores especiales para evitar cualquier peligro en el futuro.

## **5.4 EFECTOS DE LOS ELEMENTOS INORGÁNICOS EN LA SALUD**

Las sustancias que se encuentran dentro de nuestro medio ambiente, ya sean de origen natural o antropogénico, pueden llegar a ser nocivas para la salud humana y para el medio, en la medida de que se encuentren en proporciones elevadas.

Los límites permisibles para cada elemento y compuesto, dependen de la reglamentación en cada país, sin embargo estos límites son relativamente parecidos y están basados en estudios científicos, los cuales se basan en características como ser la forma de absorción, transporte y eliminación de sustancias en organismos y ecosistemas.

A continuación presentamos los posibles efectos de algunos elementos a la salud humana y al medio ambiente.

### **5.4.1.1 Bario (Ba)**

#### **Efectos del Bario sobre la salud**

De forma natural los niveles de Bario en el medio ambiente son muy bajos. Altas cantidades de Bario pueden sólo ser encontradas en suelos y en comida, como son los frutos secos, algas, pescados y ciertas plantas. La cantidad de Bario que es detectada en la comida y en agua generalmente no es suficientemente alta como para llegar a ser concerniente a la salud. La gente con un gran riesgo a la exposición del Bario con efectos adicionales sobre la salud son los que trabajan en la industria del Bario. Los mayores riesgos para la salud que ellos pueden sufrir son causados por respirar aire que contiene sulfato de Bario o Carbonato de Bario.

Los efectos sobre la salud del Bario dependen de la solubilidad de los compuestos. Compuestos del Bario que se disuelven en agua pueden ser dañinos para la salud humana. La toma de gran cantidad de Bario que es soluble puede causar parálisis y en algunos casos incluso la muerte.

Pequeñas cantidades de Bario soluble en agua puede causar en las personas dificultad al respirar, incremento de la presión sanguínea, arritmia, dolor de estómago, debilidad en los músculos, cambios en los reflejos nerviosos, inflamación del cerebro y el hígado. Daño en los riñones y el corazón.

No se ha demostrado que el Bario cause cáncer en los humanos. No hay prueba de que el Bario pueda causar infertilidad o defectos de nacimiento.

### **Efectos ambientales del Bario**

Debido a sus solubilidades estos compuestos del Bario pueden alcanzar largas distancias desde sus puntos de emisión. Cuando peces y otros organismos acuáticos absorben los compuestos del Bario, el Bario se acumulará en sus cuerpos. Los compuestos del Bario que son persistentes usualmente permanecen en la superficie del suelo, o en el sedimento de las aguas. El Bario es encontrado en la mayoría de los suelos en bajos niveles. Estos niveles pueden ser más altos en vertederos de residuos peligrosos.

#### **5.4.1.2 Boro (B)**

### **Efectos del Boro sobre la salud**

El Boro ocurre de forma natural en el medioambiente debido a que es liberado al aire, suelo y agua a través de los procesos de erosión. Este puede también aparecer en el agua subterránea en muy pequeñas cantidades. Los humanos utilizan Boro en las industrias del vidrio pero la liberación de Boro por los humanos es más pequeña que las concentraciones liberadas por procesos naturales de erosión.

Las plantas absorben Boro del suelo y a través del consumo de plantas por los animales este termina en la cadena alimentaria. El Boro ha sido encontrado en los tejidos animales pero este no parece ser que se acumule. Cuando los animales absorben grandes cantidades de Boro en un periodo de tiempo corto a través de la comida o el agua los órganos reproductivos masculinos serán afectados. Cuando los animales son expuestos al Boro durante el embarazo sus descendientes pueden sufrir defectos de nacimiento y fallos en el desarrollo. Además, los animales sufren irritación de nariz cuando respiran Boro.

### **Efectos ambientales del Boro**

Los humanos pueden ser expuestos al Boro a través de las frutas y vegetales, el agua, aire y el consumo de productos.

Comer peces o carne no incrementará la concentración de Boro en nuestros cuerpos, el Boro no se acumula en los tejidos animales. La exposición al Boro a través del aire y del agua no es muy frecuente que ocurra, pero el riesgo de exposición al polvo de Boro en el lugar de trabajo existe.

Las exposiciones al Boro pueden también ocurrir al consumir productos como cosméticos y productos para lavar.

Cuando los humanos consumen grandes cantidades de comida que contiene Boro, la concentración de Boro en sus cuerpos puede aumentar a niveles que causan problemas de salud. El Boro puede infectar el estómago, hígado, riñones y cerebro y puede eventualmente llevar a la muerte. Cuando la exposición es con pequeñas cantidades de Boro tiene lugar la irritación de la nariz, garganta y ojos.

### 5.4.1.3 Aluminio (Al)

#### Efectos del Aluminio sobre la salud

El Aluminio es uno de los metales más ampliamente usados y también uno de los más frecuentemente encontrados en los compuestos de la corteza terrestre. Debido a este hecho, el Aluminio es comúnmente conocido como un compuesto inocente. Pero todavía, cuando uno es expuesto a altas concentraciones, este puede causar problemas de salud. La forma soluble en agua del Aluminio causa efectos perjudiciales, estas partículas son llamadas iones. Son usualmente encontradas en soluciones de Aluminio combinadas con otros iones, por ejemplo cloruro de Aluminio.

La toma de Aluminio puede tener lugar a través de la comida, respirarlo y por contacto en la piel. La toma de concentraciones significantes de Aluminio puede causar un efecto serio en la salud como:

- Daño al sistema nervioso central
- Demencia
- Pérdida de la memoria
- Apatía
- Temblores severos

#### Efectos ambientales del Aluminio

Los efectos del Aluminio han atraído nuestra atención, mayormente debido a los problemas de acidificación. El Aluminio puede acumularse en las plantas y causar problemas de salud a animales que consumen esas plantas. Las concentraciones de Aluminio parecen ser muy altas en lagos acidificados. En estos lagos un número de peces y anfibios están disminuyendo debido a las reacciones de los iones de Aluminio con las proteínas de las agallas de los peces y los embriones de las ranas.

### 5.4.1.4 Magnesio (Mg)

### **Efectos del Magnesio sobre la salud**

Efectos de la exposición al Magnesio en polvo: baja toxicidad y no considerado como peligroso para la salud. Inhalación: el polvo de Magnesio puede irritar las membranas mucosas o el tracto respiratorio superior. Ojos: daños mecánicos o las partículas pueden incrustarse en el ojo. Visión directa del polvo de Magnesio ardiendo sin gafas especiales puede resultar en ceguera temporal, debido a la intensa llama blanca. Piel: Incrustación de partículas en la piel. Ingestión: Poco posible; sin embargo, la ingestión de grandes cantidades de polvo de Magnesio puede causar daños.

### **Efectos ambientales del Magnesio**

Hay muy poca información disponible acerca de los efectos ambientales de los vapores de óxido de magnesio. Si otros mamíferos inhalan vapores de óxido de magnesio, pueden sufrir efectos similares a los de los humanos.

#### **5.4.1.5 Manganeseo (Mn)**

### **Efectos del Manganeseo sobre la salud**

Los efectos del Manganeseo mayormente ocurren en el tracto respiratorio y el cerebro. Los síntomas por envenenamiento con Manganeseo son alucinaciones, olvidos y daños en los nervios. El Manganeseo puede causar parkinson, embolia de los pulmones y bronquitis.

### **Efectos ambientales del Manganeseo**

Para los animales el Manganeseo es un componente esencial sobre unas 36 enzimas que son usadas para el metabolismo de carbohidratos, proteínas y grasas.

Con animales que comen muy poco Manganeseo interfiere en el crecimiento normal, la formación de huesos y en la reproducción.

Para algunos animales la dosis letal es bastante baja, lo cual significa que tienen pocas posibilidades de supervivencia incluso a pequeñas dosis de Manganeseo cuando este excede la dosis esencial. El Manganeseo puede causar disturbancias en los pulmones, hígado y vasculares, decremento de la presión sanguínea, fallos en el desarrollo de fetos de animales y daños cerebrales.

El Manganeseo puede causar síntomas de toxicidad y deficiencia en plantas. Cuando el pH del suelo es bajo las deficiencias de Manganeseo son más comunes.

#### **5.4.1.6 Plata (Ag)**

### **Efectos de la Plata sobre la salud**

Las sales solubles de plata, especialmente el nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ), son letales en concentraciones de hasta 2 g. los compuestos de plata pueden ser absorbidos lentamente por los tejidos corporales, con la consecuente pigmentación azulada o negruzca de la piel (argiria).

*Contacto con los ojos:* puede causar graves daños en la córnea si el líquido se pone en contacto con los ojos. *Contacto con la piel:* puede causar irritación de la piel. Contacto repetido y prolongado con la piel puede causar dermatitis alérgica. *Peligros de la inhalación:* exposición a altas concentraciones del vapor puede causar mareos, dificultades para respirar, dolores de cabeza o irritación respiratoria. Concentraciones extremadamente altas pueden causar somnolencia, espasmos, confusión, inconsciencia, coma o muerte.

#### 5.4.1.7 Arsénico (As)

##### **Efectos del Arsénico sobre la salud**

El Arsénico es uno de los más tóxicos elementos que pueden ser encontrados. Debido a sus efectos tóxicos, los enlaces de Arsénico inorgánico ocurren en la tierra naturalmente en pequeñas cantidades.

La exposición al Arsénico inorgánico puede causar varios efectos sobre la salud, como es irritación del estómago e intestinos, disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos, cambios en la piel, e irritación de los pulmones. Es sugerido que la toma de significantes cantidades de Arsénico inorgánico puede intensificar las posibilidades de desarrollar cáncer, especialmente las posibilidades de desarrollo de cáncer de piel, pulmón, hígado, linfa.

A exposiciones muy altas de Arsénico inorgánico puede causar infertilidad y abortos en mujeres, puede causar perturbación de la piel, pérdida de la resistencia a infecciones, perturbación en el corazón y daño del cerebro tanto en hombres como en mujeres. Finalmente, el Arsénico inorgánico puede dañar el ADN. El Arsénico orgánico no puede causar cáncer, ni tampoco daño al ADN. Pero exposiciones a dosis elevadas puede causar ciertos efectos sobre la salud humana, como es lesión de nervios y dolores de estómago.

##### **Efectos ambientales del Arsénico**

El Arsénico puede ser encontrado de forma natural en la tierra en pequeñas concentraciones. Esto ocurre en el suelo y minerales y puede entrar en el aire, agua y tierra a través de las tormentas de polvo y las aguas de escorrentía.

Las plantas absorben Arsénico bastante fácil, así que un alto nivel de concentraciones puede estar presentes en la comida. Las concentraciones del peligroso Arsénico inorgánico que está actualmente presente en las aguas superficiales aumentan las posibilidades de alterar el material genético de los peces. Esto es mayormente causado por la acumulación de Arsénico en los organismos de las aguas dulces consumidores de plantas. Las aves comen peces que contienen eminentes cantidades de

Arsénico y morirán como resultado del envenenamiento por Arsénico como consecuencia de la descomposición de los peces en sus cuerpos.

#### **5.4.1.8 Calcio (Ca)**

##### **Efectos del Calcio sobre la salud**

Cuando hablamos del calcio algunas veces nos referimos a él con el nombre de cal. Es comúnmente encontrado en la leche y productos lácteos, pero también en frutos secos, vegetales, etc. Es un componente esencial para la preservación del esqueleto y dientes de los humanos. También asiste en funciones de los nervios y musculares. El uso de más de 2,5 gramos de calcio por día sin una necesidad médica puede llevar a cabo el desarrollo de piedras en los riñones, esclerosis y problemas en los vasos sanguíneos.

La falta de calcio es una de las causas principales de la osteoporosis. La osteoporosis es una enfermedad caracterizada por una fragilidad de los huesos producida por una menor cantidad de sus componentes minerales, lo que disminuye su densidad.

##### **Efectos ambientales del Calcio**

El fosfato de calcio es muy tóxico para los organismos acuáticos.

#### **5.4.1.9 Cadmio (Cd)**

##### **Efectos del Cadmio sobre la salud**

La toma por los humanos de Cadmio tiene lugar mayormente a través de la comida. Los alimentos que son ricos en Cadmio pueden en gran medida incrementar la concentración de Cadmio en los humanos. Ejemplos son patés, champiñones, mariscos, mejillones, cacao y algas secas.

Una exposición a niveles significativamente altas ocurren cuando la gente fuma. El humo del tabaco transporta el Cadmio a los pulmones. La sangre transportará el Cadmio al resto del cuerpo donde puede incrementar los efectos por potenciación del Cadmio que está ya presente por comer comida rico en Cadmio. El Cadmio primero es transportado hacia el hígado por la sangre. Allí es unido a proteínas para formar complejos que son transportados hacia los riñones. El Cadmio se acumula en los riñones, donde causa un daño en el mecanismo de filtración. Esto causa la excreción de proteínas esenciales y azúcares del cuerpo y el consecuente daño de los riñones. Lleva bastante tiempo antes de que el Cadmio que ha sido acumulado en los riñones sea excretado del cuerpo humano.

Otros efectos sobre la salud que pueden ser causados por el Cadmio son:

- Diarreas, dolor de estómago y vómitos severos
- Fractura de huesos

- Fallos en la reproducción y posibilidad incluso de infertilidad
- Daño al sistema nervioso central
- Daño al sistema inmune
- Desordenes psicológicos
- Posible daño en el ADN o desarrollo de cáncer.

### **Efectos ambientales del Cadmio**

El Cadmio es fuertemente adsorbido por la materia orgánica del suelo. Cuando el Cadmio está presente en el suelo este puede ser extremadamente peligroso, y la toma a través de la comida puede incrementar. Los suelos que son ácidos aumentan la toma de Cadmio por las plantas. Esto es un daño potencial para los animales que dependen de las plantas para sobrevivir. El Cadmio puede acumularse en sus cuerpos, especialmente cuando estos comen muchas plantas diferentes. Las vacas pueden tener grandes cantidades de Cadmio en sus riñones debido a esto.

Las lombrices y otros animales esenciales para el suelo son extremadamente sensibles al envenenamiento por Cadmio. Pueden morir a muy bajas concentraciones y esto tiene consecuencias en la estructura del suelo. Cuando las concentraciones de Cadmio en el suelo son altas esto puede influir en los procesos del suelo de microorganismos y amenazar a todo el ecosistema del suelo.

En ecosistemas acuáticos el Cadmio puede bioacumularse en mejillones, ostras, gambas, langostas y peces. La susceptibilidad al Cadmio puede variar ampliamente entre organismos acuáticos. Organismos de agua salada se sabe que son más resistentes al envenenamiento por Cadmio que organismos de agua dulce. Animales que comen o beben Cadmio algunas veces tienen la presión sanguínea alta, daños del hígado y daños en nervios y el cerebro.

#### **5.4.1.10 Cromo (Cr)**

### **Efectos del Cromo sobre la salud**

El Cromo III es un nutriente esencial para los humanos y la falta de este puede causar condiciones del corazón, trastornos metabólicos y diabetes. Pero la toma de mucho Cromo III puede causar efectos sobre la salud también, por ejemplo erupciones cutáneas.

El Cromo (VI) es un peligro para la salud de los humanos, mayoritariamente para la gente que trabaja en la industria del acero y textil. La gente que fuma tabaco también puede tener un alto grado de exposición al Cromo. El Cromo (VI) es conocido porque causa varios efectos sobre la salud. Cuando es un compuesto en los productos de la piel, puede causar reacciones alérgicas, como es erupciones cutáneas. Después de ser respirado el Cromo (VI) puede causar irritación de la nariz y sangrado de la nariz.

### **Efectos ambientales del Cromo**

Las mayores actividades humanas que incrementan las concentraciones de Cromo (III) son el acero, las peleterías y las industrias textiles, pintura eléctrica y otras aplicaciones industriales del Cromo (VI). Estas aplicaciones incrementarán las concentraciones del Cromo en agua. A través de la combustión del carbón el Cromo será también emitido al agua y eventualmente se disolverá.

El Cromo (III) es un elemento esencial para organismos que puede interferir en el metabolismo del azúcar y causar problemas de corazón, cuando la dosis es muy baja. El Cromo (VI) es mayoritariamente tóxico para los organismos. Este puede alterar el material genético y causar cáncer.

Los cultivos contienen sistemas para gestionar la toma de Cromo para que está sea lo suficientemente baja como para no causar cáncer. Pero cuando la cantidad de Cromo en el suelo aumenta, esto puede aumentar las concentraciones en los cultivos. La acidificación del suelo puede también influir en la captación de Cromo por los cultivos. Las plantas usualmente absorben sólo Cromo (III). Esta clase de Cromo probablemente es esencial, pero cuando las concentraciones exceden cierto valor, efectos negativos pueden ocurrir.

#### **5.4.1.11 Hierro (Fe)**

##### **Efectos del Hierro sobre la salud**

El Hierro es una parte esencial de la hemoglobina: el agente colorante rojo de la sangre que transporta el oxígeno a través de nuestros cuerpos.

Puede provocar conjuntivitis, coriorretinitis, y retinitis si contacta con los tejidos y permanece en ellos. La inhalación crónica de concentraciones excesivas de vapores o polvos de óxido de hierro puede resultar en el desarrollo de una neumoconiosis benigna, llamada sideriosis, que es observable como un cambio en los rayos X.

### **Efectos ambientales del Hierro**

El hierro (III) -O-arsenito, pentahidratado puede ser peligroso para el medio ambiente; se debe prestar especial atención a las plantas, el aire y el agua. Se recomienda encarecidamente que no se permita que el producto entre en el medio ambiente porque persiste en éste.

#### **5.4.1.12 Cobre (Cu)**

### **Efectos del Cobre sobre la salud**

Exposiciones de largo periodo al cobre pueden irritar la nariz, la boca y los ojos y causar dolor de cabeza, de estómago, mareos, vómitos y diarreas. Una toma grande de cobre puede causar daño al hígado y los riñones e incluso la muerte. Si el Cobre es cancerígeno no ha sido determinado aún.

Hay artículos científicos que indican una unión entre exposiciones de largo término a elevadas concentraciones de Cobre y una disminución de la inteligencia en adolescentes.

### **Efectos ambientales del Cobre**

Cuando el Cobre termina en el suelo este es fuertemente atado a la materia orgánica y minerales. Como resultado este no viaja muy lejos antes de ser liberado y es difícil que entre en el agua subterránea. En el agua superficial el cobre puede viajar largas distancias, tanto suspendido sobre las partículas de lodos como iones libres.

El Cobre no se rompe en el ambiente y por eso se puede acumular en plantas y animales cuando este es encontrado en suelos. En suelos ricos en Cobre sólo un número pequeño de plantas pueden vivir. Por esta razón no hay diversidad de plantas cerca de las fábricas de Cobres, debido al efecto del Cobre sobre las plantas, es una seria amenaza para la producción en las granjas. El Cobre puede seriamente influir en el proceso de ciertas tierras agrícolas, dependiendo de la acidez del suelo y la presencia de materia orgánica. A pesar de esto el estiércol que contiene Cobre es todavía usado.

El Cobre puede interrumpir la actividad en el suelo, su influencia negativa en la actividad de microorganismos y lombrices de tierra. La descomposición de la materia orgánica puede disminuir debido a esto.

Cuando los suelos de las granjas están contaminados con Cobre, los animales pueden absorber concentraciones de Cobre que dañan su salud. Principalmente las ovejas sufren un gran efecto por envenenamiento con Cobre, debido a que los efectos del Cobre se manifiestan a bajas concentraciones.

#### 5.4.1.13 Litio (Li)

##### **Efectos del Litio sobre la salud**

*Efectos de la exposición al litio:* Fuego: Inflamable. Muchas reacciones pueden causar fuego o explosión. Libera vapores (o gases) irritantes y tóxicos en un incendio. Explosión: Riesgo de incendio y explosión en contacto con sustancias combustibles y agua. Inhalación: Sensación de quemadura. Tos. Respiración trabajosa. Falta de aire. Dolor de garganta. Los síntomas pueden ser retrasados. Piel: Enrojecimiento. Quemaduras cutáneas. Dolor. Ampollas. Ojos: Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras severas y profundas. Ingestión: Calambres abdominales. Dolor abdominal. Sensación de quemadura. Náuseas. Shock o colapso. Vómitos. Debilidad. Vías de exposición: La sustancia puede ser absorbida por el cuerpo por inhalación de su aerosol y por ingestión. Riesgo de inhalación: La evaporación a 20°C es insignificante; sin embargo cuando se dispersa se puede alcanzar rápidamente una concentración peligrosa de partículas suspendidas en el aire. Efectos de la exposición a corto plazo: La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo si es ingerido. La inhalación de la sustancia puede causar edema pulmonar. Normalmente los síntomas del edema pulmonar no se manifiestan hasta después de unas horas y son agravados por el esfuerzo físico. El reposo y la observación médica son por lo tanto esenciales. Debe ser considerada la administración inmediata de un spray apropiado, por un médico o una persona autorizada por él.

##### **Efectos ambientales del Litio**

El litio metálico reacciona con el nitrógeno, el oxígeno, y el vapor de agua en el aire. Consecuentemente, la superficie del litio se recubre de una mezcla de hidróxido de litio (LiOH), carbonato de litio (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), y nitrato de litio (Li<sub>3</sub>N). El hidróxido de litio representa un peligro potencialmente significativo porque es extremadamente corrosivo. Se debe prestar especial atención a los organismos acuáticos.

#### 5.4.1.14 Sodio (Na)

##### **Efectos del Sodio sobre la salud**

El sodio es un componente de muchas comidas, por ejemplo la sal común. Es necesario para los humanos para mantener el balance de los sistemas de fluidos físicos. El sodio es también requerido para el funcionamiento de nervios y músculos. Un exceso de sodio puede dañar nuestros riñones e incrementa las posibilidades de hipertensión.

### **Efectos ambientales del Sodio**

Ecotoxicidad: Límite Medio de Tolerancia (LMT) para el pez mosquito, 125 ppm/96hr (agua dulce); Límite Medio de Tolerancia (LMT) para el pez sol (*Lepomis macrochirus*), 88 mg/48hr (agua del grifo).

Destino medioambiental: Este compuesto químico no es móvil en su forma sólida, aunque absorbe la humedad muy fácilmente. Una vez líquido, el hidróxido de sodio se filtra rápidamente en el suelo, con la posibilidad de contaminar las reservas de agua.

#### **5.4.1.15 Níquel (Ni)**

### **Efectos del Níquel sobre la salud**

La toma de altas cantidades de níquel tienen las siguientes consecuencias:

- Elevadas probabilidades de desarrollar cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata.
- Enfermedades y mareos después de la exposición al gas de níquel.
- Embolia de pulmón.
- Fallos respiratorios.
- Defectos de nacimiento.
- Asma y bronquitis crónica.
- Reacciones alérgicas como son erupciones cutáneas, mayormente de las joyas.
- Desordenes del corazón.

### **Efectos ambientales del Níquel**

No hay mucha más información disponible sobre los efectos del níquel sobre los organismos y los humanos. Sabemos que altas concentraciones de níquel en suelos arenosos puede claramente dañar a las plantas y altas concentraciones de níquel en aguas superficiales puede disminuir el rango de

crecimiento de las algas. Microorganismos pueden también sufrir una disminución del crecimiento debido a la presencia de níquel, pero ellos usualmente desarrollan resistencia al níquel.

#### 5.4.1.16 Plomo (Pb)

##### Efectos del Plomo sobre la salud

El Plomo puede causar varios efectos no deseados, como son:

- Perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia
- Incremento de la presión sanguínea
- Daño a los riñones
- Abortos y abortos sutiles
- Perturbación del sistema nervioso
- Daño al cerebro
- Disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma
- Disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños
- Perturbación en el comportamiento de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad.

El Plomo puede entrar en el feto a través de la placenta de la madre. Debido a esto puede causar serios daños al sistema nervioso y al cerebro de los niños por nacer.

##### Efectos ambientales del Plomo

El Plomo se acumula en los cuerpos de los organismos acuáticos y organismos del suelo. Estos experimentarán efectos en su salud por envenenamiento por Plomo. Los efectos sobre la salud de los crustáceos pueden tener lugar incluso cuando sólo hay pequeñas concentraciones de Plomo presente. Las funciones en el fitoplancton pueden ser perturbadas cuando interfiere con el Plomo. El fitoplancton es una fuente importante de producción de oxígeno en mares y muchos grandes animales marinos lo comen. Este es el porqué nosotros ahora empezamos a preguntarnos si la contaminación por Plomo puede influir en los balances globales.

Las funciones del suelo son perturbadas por la intervención del Plomo, especialmente cerca de las autopistas y tierras de cultivos, donde concentraciones extremas pueden estar presentes. Los organismos del suelo también sufren envenenamiento por Plomo.

#### 5.4.1.17 Antimonio (Sb)

##### **Efectos del Antimonio sobre la salud**

La exposición a cantidades relativamente altas de antimonio ( $9 \text{ mg/m}^3$  de aire) durante un largo periodo de tiempo puede provocar irritación de los ojos, piel y pulmones.

La exposición continúa se pueden producir efectos más graves, tales como enfermedades pulmonares, problemas de corazón, diarrea, vómitos severos y úlceras estomacales.

No se sabe si el antimonio puede provocar cáncer o fallos reproductores.

El antimonio es usado como medicina para infecciones parasitarias, pero las personas que toman demasiada medicina o que son especialmente sensibles a ella experimentan efectos en su salud. Estos efectos sobre la salud nos han hecho estar más alerta acerca de los peligros de la exposición al antimonio.

##### **Efectos ambientales del Antimonio**

Las pruebas de laboratorio con ratas, conejos y conejillos de indias nos han mostrado que niveles relativamente altos de antimonio pueden matar a pequeños animales. Las ratas pueden experimentar daños pulmonares, cardíacos, hepáticos y renales previos a la muerte.

#### 5.4.1.18 Estaño (Sn)

##### **Efectos del Estaño sobre la salud**

Los efectos agudos son:

- Irritaciones de ojos y piel
- Dolores de cabeza
- Dolores de estómago
- Vómitos y mareos
- Sudoración severa
- Falta de aliento
- Problemas para orinar

Los efectos a largo plazo son:

- Depresiones
- Daños hepáticos
- Disfunción del sistema inmunitario
- Daños cromosómicos
- Escasez de glóbulos rojos
- Daños cerebrales (provocando ira, trastornos del sueño, olvidos y dolores de cabeza)
- 

### **Efectos ambientales del Estaño**

Se sabe que los estaños orgánicos alteran el crecimiento, la reproducción, los sistemas enzimáticos y los esquemas de alimentación de los organismos acuáticos. La exposición tiene lugar principalmente en la capa superior del agua, ya que es ahí donde los compuestos orgánicos del estaño se acumulan.

#### **5.4.1.19 Zinc (Zn)**

### **Efectos del Zinc sobre la salud**

El Zinc es un elemento traza que es esencial para la salud humana. Cuando la gente absorbe demasiado poco Zinc estos pueden experimentar una pérdida del apetito, disminución de la sensibilidad, el sabor y el olor. Pequeñas llagas, y erupciones cutáneas. La acumulación del Zinc puede incluso producir defectos de nacimiento.

Incluso los humanos pueden manejar proporcionalmente largas cantidades de Zinc, demasiada cantidad de Zinc puede también causar problemas de salud eminentes, como es úlcera de estómago, irritación de la piel, vómitos, náuseas y anemia. Niveles alto de Zinc pueden dañar el páncreas y disturbar el metabolismo de las proteínas, y causar arterioesclerosis. Exposiciones al clorato de Zinc intensivas pueden causar desordenes respiratorios.

### **Efectos ambientales del Zinc**

Algunos peces pueden acumular Zinc en sus cuerpos, cuando viven en cursos de aguas contaminadas con Zinc, cuando el Zinc entra en los cuerpos de estos peces este es capaz de biomagnificarse en la cadena alimentaria.



Grandes cantidades de Zinc pueden ser encontradas en los suelos. Cuando los suelos son granjas y están contaminados con Zinc, los animales absorben concentraciones que son dañias para su salud. El Zinc soluble en agua que está localizado en el suelo puede contaminar el agua subterránea.

El Zinc no sólo puede ser una amenaza para el ganado, pero también para las plantas. Las plantas a menudo tienen una toma de Zinc que sus sistemas no puede manejar, debido a la acumulación de Zinc en el suelo. En suelos ricos en Zinc sólo un número limitado de plantas tiene la capacidad de sobrevivir. Esta es la razón por la cuál no hay mucha diversidad de plantas cerca de factorías de Zinc. Debido a que los efectos del Zinc sobre, las plantas es una amenaza sería para la producción de las granjas. A pesar de esto estiércol que contiene zinc es todavía aplicado.

Finalmente, el Zinc puede interrumpir la actividad en los suelos, con influencias negativas en la actividad de microorganismos y lombrices. La descomposición de la materia orgánica posiblemente sea más lenta debido a esto.

## 6 METODOLOGÍA

### 6.1 AGUA

#### 6.1.1 Metodología

La metodología fue: recolección de información primaria y secundaria mediante las siguientes actividades:

- Obtención de información secundaria, consistente en hojas cartográficas y mapas del municipio de Poopó, con la finalidad de identificar la zona de estudio.
- Reuniones con el equipo de consultores de MEDMIN para determinar de manera inicial los puntos de muestreo.
- Determinación de los parámetros a medir en el muestreo de aguas.
- Preparación del material necesario durante el muestreo.
- Comprobación y calibración de los equipos de campo.
- Reuniones de coordinación con las autoridades del Municipio con el fin de consensuar los puntos de muestreo, siempre considerando que dichas autoridades conocen de manera precisa los posibles lugares de muestreo y pueden recomendar visitar dichos puntos, cambiar los puntos determinados inicialmente o finalmente recomendar otros puntos estratégicos.
- Obtención de muestras en los lugares determinados.
- Envío de muestras al laboratorio
- Recepción e interpretación de los resultados obtenidos

#### 6.1.2 Puntos de muestreo de agua

Los puntos de muestreo se detallan en los mapas del ANEXO I

#### 6.1.3 Parámetros de análisis

Para el análisis de muestras dentro del Municipio, se han utilizado diferentes parámetros de medición los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 6-1 Parámetros de análisis de agua

<b>PARÁMETROS FÍSICOS</b>	<b>UNIDADES</b>
pH	[ ]
Temperatura	[°C]
Conductividad	[mS]
Sólidos disueltos	[ppm]
Color	
Turbidez	
<b>PARÁMETROS QUÍMICOS</b>	<b>UNIDADES</b>
Nitratos	[mg/L]
Cloruros	[mg/L]
Sulfatos	[mg/L]
Cianuro libre	[mg/L]
<b>PARÁMETROS MICRO BIOLÓGICOS</b>	<b>UNIDADES</b>
Coliformes fecales	NMP/100ml
<b>PARÁMETROS METALES PESADOS</b>	<b>UNIDADES</b>
Bario (Ba)	[mg/L]
Boro (B)	[mg/L]
Aluminio (Al)	[mg/L]
Magnesio (Mg)	[mg/L]
Manganeso (Mn)	[mg/L]
Plata (Ag)	[mg/L]
Arsénico (As)	[mg/L]
Calcio (Ca)	[mg/L]
Cadmio (Cd)	[mg/L]
Cromo (Cr)	[mg/L]
Hierro (Fe)	[mg/L]
Cobre (Cu)	[mg/L]
Litio (Li)	[mg/L]
Sodio (Na)	[mg/L]
Níquel (Ni)	[mg/L]
Plomo (Pb)	[mg/L]
Antimonio (Sb)	[mg/L]
Estaño (Sn)	[mg/L]
Zinc (Zn)	[mg/L]

#### 6.1.4 Materiales

Los materiales utilizados durante el proceso de toma de muestras se detallan a continuación:

- Frascos de plástico, capacidad 1 litro, para muestras de metales pesados
- Frascos de plástico, capacidad 250 ml, esterilizados para muestras bacteriológicas
- Frascos de vidrio, capacidad 1 litro, para muestras de aceites y grasas
- Frascos de plástico, capacidad 125 ml, para muestras de cianuros
- Etiquetas para frascos de muestra
- Vasos de plástico
- Guantes de goma
- Botas de goma
- Planillas de registro para muestras de agua
- Un pHmetro de campo con termómetro incorporado
- Solución buffer de calibración para el pHmetro
- Un medidor de conductividad y sólidos disueltos de campo con termómetro incorporado
- Solución buffer para la calibración del medidor de conductividad y sólidos disueltos
- Agua destilada
- Cascos
- Un equipo de georeferenciación (GPS)
- Una cámara fotográfica con todos sus accesorios

### **6.1.5 Calibración de equipos**

La calibración de los equipos depende del tipo y marca de equipo a utilizar, para realizar este procedimiento, se estudiaron los manuales de cada uno de los equipos y se procedió a la calibración de cada uno, es importante mencionar que los equipos fueron calibrados varias veces durante el transcurso del proceso de toma de muestras.

La calibración se resume en la siguiente tabla:

Tabla 6-2 Calibración de los equipos

EQUIPO	CALIBRACIÓN
pHmetro	Uso de solución buffer con un pH estándar de 7.1, calibración acuerdo a los procedimientos específicos del equipo.
Medidor de conductividad y sólidos disueltos	Uso de solución buffer con conductividad estándar de estándar de 4100 mS, calibración acuerdo a los procedimientos específicos del equipo. Uso de solución buffer con sólidos disueltos en medida estándar de 2800 ppm, calibración acuerdo a los procedimientos específicos del equipo.
Equipo de georeferenciación (GPS)	Calibración de compás: automática de acuerdo a los procedimientos del equipo. Calibración de altura realizada en la Estación de Trenes de La Paz, de acuerdo a los procedimientos específicos del equipo.

### 6.1.6 Procedimiento de muestreo

Para la obtención de datos se procedió de la siguiente manera:

- Una vez en el punto escogido, se procedió al llenado de la planilla de muestreo, colocando todos los datos de ubicación geográfica y clima, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 6-3 Datos de ubicación y clima

CÓDIGO:	RESPONSABLE:	COORDENADAS:
Fecha:	Departamento:	ALTURA msnm:
Hora:	Municipio:	
	Provincia:	
	Cantón:	
Topografía:	Lugar :	Tiempo:
Temperatura ambiente:	Vegetación circundante:	Viento:
	Observaciones:	

- Una vez llenados los datos iniciales, el técnico procedió a colocarse el equipo para muestreo: colocado de guantes de goma, casco y botas de agua en caso de ser necesario.
- Se procedió inicialmente a llenar el frasco con el agua a analizar, se enjuaga tres veces con dicha agua y finalmente la cuarta se cierra el frasco herméticamente, se seca y se coloca la etiqueta con los datos de fecha, hora, y código de muestra. En el caso de muestreo de ríos y lagunas, los técnicos tuvieron cuidado de tomar la muestra del centro del cuerpo de agua

- Finalmente el frasco se guarda en un contenedor con refrigerante que puede ser hielo o gelatina congelada, esto para asegurar la duración de la muestra.
- Para la medición del pH y conductividad, se toma una muestra del mismo punto, utilizando el procedimiento de llenado de frascos, con la única diferencia que en este caso se utiliza un vaso plástico limpio, dentro de este vaso se mide el pH, conductividad y sólidos disueltos, se procede a anotar los datos y finalmente se lava los equipos con agua destilada.
- Registro fotográfico del punto de muestreo, en caso de muestreo de ríos, la fotografía fue sacada en dirección de la corriente, esto para tener una idea de la posible área de impacto del río.
- Todos los datos se registraron en planillas de muestreo para agua. (ANEXO III)
- Las muestras fueron enviadas en contenedores sellados con su respectiva cadena de custodia, ficha técnica y solicitud de análisis específico.

### **6.1.7 Técnica de muestreo**

La técnica aplicada para el muestreo de aguas fue “puntual, uniforme y homogéneo en el cual se considero a los cursos de agua sin variación de caudales, color, temperatura, etc.”, se tomo en puntos estratégicos, como ser:

- Cuencas con influencias de actividades mineras presentes o pasadas (puntos cercanos y alejados al área de la actividad minera con el fin de detectar la incidencia de dicha actividad en el recurso agua)
- Unión de dos o mas ríos (río afectado por actividad minera y el otro no)
- Ríos en entradas y salidas de poblaciones importantes.
- Aguas de consumo humano (tanques de almacenamiento, piletas, ríos)

## 6.2 SUELO

### 6.2.1 Metodología

La metodología fue: recolección de información primaria y secundaria mediante las siguientes actividades:

- Selección de los parámetros a medir en el muestreo de suelos.
- Preparación del material necesario durante el muestreo.
- Comprobación y calibración de los equipos de campo.
- Obtención de muestras en lugares determinados *in situ*, de acuerdo a la observación de los técnicos ambientales y funcionarios municipales.
- Envío de muestras al laboratorio
- Recepción e interpretación de los resultados obtenidos

### 6.2.2 Ubicación de los puntos para muestreo de suelos

Los puntos de muestreo se detallan en los mapas del ANEXO I

### 6.2.3 Parámetros de análisis para muestras de suelos

Para el análisis de muestras de suelos dentro del Municipio, se han utilizado diferentes parámetros de medición los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 6-4 Parámetros para análisis de suelos

PARÁMETROS FÍSICOS	UNIDADES
pH	[ ]
Temperatura	[°C]
Sólidos disueltos	[ppm]
Color	
Arena	[%]
Limo	[%]
Arcilla	[%]
Clasificación Textural	
PARÁMETROS QUÍMICOS	UNIDADES
Materia orgánica	[%]
Nitrógeno N	[%]
Fósforo P	[mg/kg]
Potasio K	[meq/100]

PARÁMETROS METALES PESADOS	UNIDADES
Cromo (Cr)	ppm
Níquel (Ni)	ppm
Cobre (Cu)	ppm
Zinc (Zn)	ppm
Molibdeno (Mo)	ppm
Plata (Ag)	ppm
Cadmio (Cd)	ppm
Antimonio (Sb)	ppm
Plomo (Pb)	ppm

#### 6.2.4 Materiales

Los materiales utilizados durante el proceso de toma de muestras de suelos se detallan a continuación:

- Bolsas ziploc
- Bolsas negras de nylon
- Etiquetas para bolsas de muestra
- Vasos de plástico
- Palitos de helado
- Pala
- Planillas de registro para muestras de suelos
- Un pHmetro de campo con termómetro incorporado
- Solución buffer de calibración para el pHmetro
- Un medidor de conductividad y sólidos disueltos de campo con termómetro incorporado
- Solución buffer para la calibración del medidor de conductividad y sólidos disueltos
- Agua destilada
- Detergente neutro
- Cepillo grande
- Cascos
- Un equipo de georeferenciación (GPS)
- Una cámara fotográfica con todos sus accesorios

### 6.2.5 Calibración de equipos

La calibración de los equipos depende del tipo y marca a utilizar, para realizar este procedimiento, se estudiaron los manuales de cada equipo y se procedió a la calibración, es importante mencionar que el procedimiento de calibración se realizó varias veces durante el transcurso del proceso de toma de muestras.

La calibración se resume en la siguiente tabla:

**Tabla 6-5 Calibración de los equipos**

EQUIPO	CALIBRACIÓN
pHmetro	Uso de solución buffer con un pH estándar de 7.1, calibración acuerdo a los procedimientos específicos del equipo.
Medidor de conductividad y sólidos disueltos	Uso de solución buffer con conductividad estándar de estándar de 4100 mS, calibración acuerdo a los procedimientos específicos del equipo. Uso de solución buffer con sólidos disueltos en medida estándar de estándar de 2800 ppm, calibración acuerdo a los procedimientos específicos del equipo.
Equipo de georeferenciación (GPS)	Calibración de compás: automática de acuerdo a los procedimientos del equipo. Calibración de altura realizada en la Estación de Trenes de La Paz, de acuerdo a los procedimientos específicos del equipo.

### 6.2.6 Procedimiento de muestreo

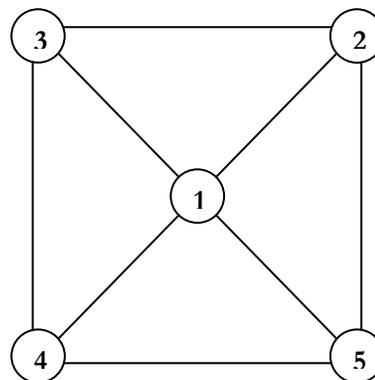
Para la obtención de datos se procedió de la siguiente manera:

- Una vez en el punto escogido, se procedió al llenado de la planilla, colocando todos los datos de ubicación geográfica y clima en el área, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 6-6 Datos de ubicación y clima**

CÓDIGO:	RESPONSABLE:	COORDENADAS:
Fecha:	Departamento:	ALTURA msnm:
Hora:	Municipio:	
	Provincia:	
	Cantón:	
Topografía:	Lugar :	Tiempo:
Temperatura ambiente:	Vegetación circundante:	Viento:
	Observaciones:	

- Se procedió a marcar los cinco puntos compuestos a dos metros de distancia. Cada muestra tenía un volumen de  $0.015 \text{ m}^3$  (ver Ilustración 1, entre el punto 1 y los otros hay una distancia de dos metros), es decir, una excavación de 20cm de diámetro por 30cm de profundidad, la muestra de cada punto se mezcló en una bolsa negra limpia, una vez mezclado, se tomó una parte de la muestra, equivalente a un kilo aproximadamente, y se colocó en la bolsa ziploc con su respectiva etiqueta con datos de hora, fecha y código de muestra.
- Finalmente la bolsa se guarda en un contenedor con refrigerante que puede ser hielo o gelatina congelada, esto para asegurar la duración de la muestra.
- Para la medición del pH, y sólidos disueltos, se toma parte de la muestra de suelo y se coloca en un vaso plástico limpio, se mide la cuarta parte del volumen del vaso con la muestra, a continuación se coloca agua destilada hasta que se llene en un 50 – 60 % de su capacidad, a continuación se bate el contenido durante un minuto con un palito de helado limpio, a continuación se procede a la medición del pH y conductividad anotando los datos y finalmente se lava los equipos con agua destilada y la pala con detergente neutro y se enjuaga.
- Registro fotográfico del punto de muestreo para poder observar las características del lugar escogido.
- Todos los datos se registraron en planillas de muestreo para suelos. (ANEXO III)



### 6.2.7 Técnica de muestreo

La técnica aplicada para el muestreo de suelos fue “puntual”, es decir en puntos estratégicos, como ser en áreas de cultivos o cercanas a actividades mineras; la muestra tomada fue compuesta, es decir que se tomó varias muestras en un punto, estas fueron mezcladas y del conjunto se tomó la muestra final.

## 6.3 RESIDUOS SÓLIDOS

Aplicando la técnica de encuestas a autoridades municipales, información secundaria y observaciones *in situ* se obtuvo información acerca del manejo de los residuos, es decir: conocer la existencia de botaderos, rellenos sanitarios o vertederos y la composición de los residuos sólidos (plásticos, metales o papel).

### 6.3.1 Materiales

Los materiales utilizados en la toma de datos sobre residuos sólidos se detallan a continuación:

- Planillas de registro para datos de residuos sólidos
- Un equipo de georeferenciación (GPS)
- Una cámara fotográfica con todos sus accesorios

### 6.3.2 Procedimiento de toma de datos

Para obtener resultados de la generación de residuos sólidos en el Municipio de Poopó, se ha realizado una encuesta por comunidad visitada en el Municipio y se ha establecido una sola pregunta: Cuál es la deposición de basura hecha por los habitantes.

- Una vez en el punto escogido, se procedió al llenado de la planilla, colocando todos los datos de ubicación geográfica y clima en el área, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 6-7 Datos de ubicación y clima**

CÓDIGO:	RESPONSABLE:	COORDENADAS:
Fecha: Hora:	Departamento: Municipio: Provincia: Cantón: Lugar :	ALTURA msnm:
Topografía:	Vegetación circundante:	Tiempo:
Temperatura ambiente:	Observaciones:	Viento:
Tipo de residuos	Disposición final	

- También se ha observado *in situ* (material fotográfico) las áreas de disposición final de residuos sólidos.
- Todos los datos se registraron en planillas. (ANEXO III)

## 7 RESULTADOS

### 7.1 ESTUDIO DE AGUA

#### 7.1.1 Descripción hidrológica de la región (municipio)

Según observaciones realizadas en el Municipio, las fuentes de agua son relativamente abundantes, concentrándose principalmente en el cantón de Poopó, y siendo menores en Coripata y Venta y Media a causa de la existencia de algunos ríos y vertientes no permanentes que van escaseando los caudales para la producción agropecuaria y el consumo familiar principalmente en época seca.

La hidrografía del municipio Poopó pertenece a la cuenca Cerrada, lacustre o del Altiplano distribuido de la siguiente manera:

- Sub cuenca Poopó, la cual es alimentada por los ríos Poopó y Huaycollo.
- Sub cuenca Irancani, cuyo principal río es el río Irancani.
- Sub cuenca Huanuni, cuyos principales afluentes son el río Venta y Media, río grande, río Wila Kullu, río Juntata, río Asankiri, río Cebadamayu y el río Charamayu.

#### 7.1.2 Resultados de los análisis

Se diversificaron tres tipos de aguas:

- Aguas de consumo humano (proveniente de ríos, pozos, etc.)
- Aguas de ríos
- Aguas que salen de minas (efluentes mineros).

Para las aguas de consumo humano se analizó el contenido bacteriológico (*colis fecales*), las características químicas (Nitratos, Cloruros, Sulfatos, Carbonatos, Bicarbonatos) y los datos medidos *in situ*.

Para aguas de ríos, se hizo un análisis químico, se tomaron datos *in situ* y donde parecía que el río tenía función de baño, se hizo un análisis bacteriológico.

Para las aguas de descarga de las minas se hizo un análisis de los metales pesados. Todos los resultados se encuentran en el ANEXO II.





Los resultados de los análisis realizados en campo y los análisis de laboratorio muestran los siguientes cuadros:

### ANÁLISIS: FÍSICO, QUÍMICO, BIOLÓGICO

Tabla 7-1 Parámetros físicos, químicos, biológicos

LUGAR DE MUESTREO						Río Callhuari	Cerro Cóndor Iquiña	Mina Machaca marquita	Estación de trenes Poopó	Puente Poopó	Mina Challa Apacheta	Río Wilacasa	Río Molle Puncu Grande
PARÁMETRO	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE				POOW 001	POOW 002	POOW 003	POOW 004	POOW 005	POOW 013	POOW 014	POOW 015
		Clase A	Clase B	Clase C	Clase D								
Temperatura	[°C]					23.3	19.2	16.9	13.0	13.2	17.6	17.2	13.1
pH	[ ]	6.0 – 8.5	6.0 – 6.9	6.8 – 8.5	6.0 – 9.0	----	----	----	----	----	3.0	3.6	6.9
Conductividad	[mS]					----	----	----	----	----	----	----	----
Sólidos disueltos	[ppm]	1000	1000	15000	15000	----	----	----	----	----	----	----	----
Color						Cristalino	Cristalino	Am - Ver	Cristalino	Cristalino	Am	Cristalino	Ver
Turbidez						Ninguna	Leve	Leve	Leve	Ninguna	Leve	Ninguna	Ninguna
Col. Fecales	UFC/100ml	50	1000	5000	50000	0	----	0	----	22	0	----	0
Nitratos NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	20.0	50.0	50.0	50.0	<0,5	3.9	2.4	5.6	0.6	0.8	2.9	<0,5
Cloruros Cl <sup>-</sup>	mg/L	250	300	400	500	12	5170	2816	3662	2433	209	112	13
Cianuro Libre CN <sub>L</sub>	mg/L	0.02	0.1	0.2	0.2	----	----	----	<0,002	----	----	----	----

Am = Amarillento

Nar = Naranja

Ver = Verduco



## ANÁLISIS: FÍSICO, QUÍMICO, BIOLÓGICO

Tabla 7-2 Parámetros físicos, químicos, biológicos

LUGAR DE MUESTREO		Comunid ad Carajara	Venta y Media	Unión ríos Taquipalc a y Huanuni	Comunid ad Pitcoya	Puñaca (Viginia)	Río Trenacre	Comunid ad Callipamp a	Mina Candelari a				
PARÁMETRO	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE				POOW 017	POOW 019	POOW 020	POOW 022	POOW 023	POOW 024	POOW 025	POOW 026
		Clase A	Clase B	Clase C	Clase D								
Temperatura	[°C]					16.2	16.1	18.5	17.0	14.8	16.5	18.0	20.9
pH	[ ]	6.0 – 8.5	6.0 – 6.9	6.8 – 8.5	6.0 – 9.0	7.7	8.1	6.9	9.7	11.5	3.6	4.9	7.3
Conductividad	[mS]					----	----	----	----	----	----	----	----
Sólidos disueltos	[ppt]	1000	1000	15000	15000	----	----	----	----	----	----	----	----
Color						Cristalino	Cristalino	Negro	Ver	Ver	Ver - Nar	Nar	Cristalino
Turbidez						Ninguna	Ninguna	Alta	Leve	Alta	Ninguna	Ninguna	Ninguno
Col. Fecales	NMP/100ml	50	1000	5000	50000	0	0	----	0	----	0	----	----
Nitratos NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	20.0	50.0	50.0	50.0	0.6	<0,5	1.1	1.0	25.5	11.1	2.2	0.7
Cloruros Cl <sup>-</sup>	mg/L	250	300	400	500	15	17	166	8	101	2302	31	776
Cianuro Libre CN <sub>L</sub>	mg/L	0.02	0.1	0.2	0.2	----	----	----	----	----	----	----	<0,002

Am = Amarillento

Nar = Naranja

Ver = Verduco

Crist. = Cristalino



## ANÁLISIS: METALES PESADOS

Tabla 7-3 Parámetros metales pesados

LUGAR DE MUESTREO		Río Callhuari	Cerro Cóndor Iquiña	Mina Machaca marquita	Estación de trenes Poopó	Puente Poopó	Mina Challa Apacheta	Río Wilacasa	Río Molle Puncu Grande				
ELEMENTO	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE				POOW 001	POOW 002	POOW 003	POOW 004	POOW 005	POOW 013	POOW 014	POOW 015
		Clase A	Clase B	Clase C	Clase D								
Bario (Ba)	[mg/L]	1.0	1.0	2.0	5.0	-0.02	0.34	0.2	0.08	0.16	-0.02	0.04	0.06
Boro (B)	[mg/L]	1.0	1.0	1.0	1.0	0.34	11.2	5.88	6.48	5.28	0.505	0.395	0.362
Aluminio (Al)	[mg/L]	0.2	0.5	1.0	1.0	-0.1	-0.1	-0.1	21.9	-0.1	79.8	10.4	-0.1
Magnesio (Mg)	[mg/L]	100	100	150	150	5.8	27.6	21.8	46.6	18	189	23.6	12.6
Manganeso (Mn)	[mg/L]	0.5	1.0	1.0	1.0	0.02	0.45	0.59	7.37	0.04	84.9	4.83	-0.01
Plata (Ag)	[mg/L]	0.05	0.05	0.05	0.05	-0.005	-0.005	-0.005	0.075	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005
Arsénico (As)	[mg/L]	0.05	0.05	0.05	0.1	-0.03	-0.03	-0.03	2.1	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
Calcio (Ca)	[mg/L]	200	300	300	400	15.5	120	69.2	168	60.4	180	38	22.6
Cadmio (Cd)	[mg/L]	0.005	0.005	0.005	0.005	-0.002	-0.002	0.044	0.886	0.026	0.852	0.082	-0.002
Cromo (Cr)	[mg/L]	0.05	0.05	0.05	0.05	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.06	-0.02	-0.02
Hierro (Fe)	[mg/L]	0.3	0.3	1.0	1.0	0.02	0.02	-0.01	166	0.06	565	1.6	0.04
Cobre (Cu)	[mg/L]	0.05	1.0	1.0	1.0	0.006	0.018	0.002	1.180	0.016	1.76	0.316	0.01
Litio (Li)	[mg/L]	2.5	2.5	2.5	5.0	-0.05	26.5	11.3	14.7	9.98	0.7	0.2	-0.05
Sodio (Na)	[mg/L]	200	200	200	200	0.012	3.28	1.58	2.19	1.35	0.129	0.0182	0.0119
Níquel (Ni)	[mg/L]	0.05	0.05	0.5	0.5	-0.005	-0.005	0.01	0.135	-0.005	0.585	0.115	-0.005
Plomo (Pb)	[mg/L]	0.05	0.05	0.05	0.1	-10	-10	-10	1.17	-10	-10	20	-10
Antimonio (Sb)	[mg/L]	0.01	0.01	0.01	0.01	-0.01	0.03	0.02	-0.01	0.03	-0.01	-0.01	0.05
Estaño (Sn)	[mg/L]	2.0	2.0	2.0	2.0	-10	20	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Zinc (Zn)	[mg/L]	0.2	0.2	5.0	5.0	0.015	0.025	5.15	179	0.725	378	13.8	0.09



Tabla 7-4 Parámetros metales pesados

LUGAR DE MUESTREO		Comunidad Carajara	Venta y Media	Unión ríos Taquipalca y Huanuni	Comunidad Pitcoya	Puñaca (Vignia)	Río Trenacre	Comunidad Callipampa	Mina Candelaria				
ELEMENTO	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE				POOW 017	POOW 019	POOW 020	POOW 022	POOW 023	POOW 024	POOW 025	POOW 026
		Clase A	Clase B	Clase C	Clase D								
Bario (Ba)	[mg/L]	1.0	1.0	2.0	5.0	0.04	0.04	0.04	-0.02	0.08	0.04	0.04	0.08
Boro (B)	[mg/L]	1.0	1.0	1.0	1.0	0.445	0.603	0.726	0.283	<b>3.23</b>	<b>4.97</b>	0.359	<b>3.82</b>
Aluminio (Al)	[mg/L]	0.2	0.5	1.0	1.0	-0.1	-0.1	<b>88.8</b>	-0.1	-0.1	0.2	<b>12.5</b>	<b>7.3</b>
Magnesio (Mg)	[mg/L]	100	100	150	150	17.3	15.5	<b>62.2</b>	7.3	35.1	21.9	9.4	23.6
Manganeso (Mn)	[mg/L]	0.5	1.0	1.0	1.0	-0.01	-0.01	<b>27.7</b>	-0.01	0.02	0.18	0.94	2.37
Plata (Ag)	[mg/L]	0.05	0.05	0.05	0.05	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005
Arsénico (As)	[mg/L]	0.05	0.05	0.05	0.1	-0.03	-0.03	0.09	-0.03	0.18	0.21	-0.03	-0.03
Calcio (Ca)	[mg/L]	200	300	300	400	33.8	35.3	107	17.6	28.5	38.1	20	80.6
Cadmio (Cd)	[mg/L]	0.005	0.005	0.005	0.005	-0.002	-0.002	<b>0.88</b>	-0.002	-0.002	-0.002	0.088	<b>0.43</b>
Cromo (Cr)	[mg/L]	0.05	0.05	0.05	0.05	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
Hierro (Fe)	[mg/L]	0.3	0.3	1.0	1.0	0.03	0.03	<b>179</b>	0.11	0.09	0.2	0.29	0.11
Cobre (Cu)	[mg/L]	0.05	1.0	1.0	1.0	<b>0.01</b>	0.012	<b>4.51</b>	0.012	0.014	0.016	0.164	0.052
Litio (Li)	[mg/L]	2.5	2.5	2.5	5.0	-0.05	-0.05	0.65	-0.05	0.35	<b>3.75</b>	0.2	<b>4.7</b>
Sodio (Na)	[mg/L]	200	200	200	200	0.0183	0.0249	0.0541	0.0095	0.0251	1.38	0.0118	0.405
Níquel (Ni)	[mg/L]	0.05	0.05	0.5	0.5	-0.005	-0.005	0.685	-0.005	-0.005	0.01	0.04	0.07
Plomo (Pb)	[mg/L]	0.05	0.05	0.05	0.1	-10	-10	40	-10	-10	-10	20	20
Antimonio (Sb)	[mg/L]	0.01	0.01	0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.02	0.02	-0.01	-0.01
Estaño (Sn)	[mg/L]	2.0	2.0	2.0	2.0	-10	-10	-10	-10	30	20	-10	-10
Zinc (Zn)	[mg/L]	0.2	0.2	5.0	5.0	0.05	0.065	<b>46.6</b>	0.05	0.04	0.055	<b>10.2</b>	<b>56.3</b>

### **7.1.3 Análisis y evaluación de los resultados**

Para el proceso de análisis y evaluación se describirá los resultados por punto de muestreo, tocando las características que no se encuentren dentro de los límites permisibles que se citan en el anexo A-I del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

#### **Río Challhuari (POOW-001)**

La temperatura del agua al momento de la toma de muestra fue de 23.3° C. El color cristalino y la inexistencia de turbidez indican, aparentemente, aguas bien conservadas y esto se confirma con la inexistencia de coniformes fecales, es decir con un valor de 0 colonias formadoras. En esta muestra se hicieron análisis físicos, químicos y biológicos, sin considerar metales pesados a causa de que esta agua no esta en contacto directo con actividades mineras, finalmente se encontró que estas aguas están en condiciones óptimas para el consumo humano.

#### **Cerro Cóndor Iquiña (POOW-002)**

En este caso, las aguas se encuentran en un buen estado de conservación. La temperatura del agua al momento de la toma era de 19.2° C. No se encontró contaminación bacteriológica y las concentraciones de los nitratos (3.9 mg/L) están en los límites permisibles por el reglamento, en cuanto a cloruros (5170 mg/L), estos superan en mas de diez veces los límites permisibles para la clase D. Las concentraciones de los nitratos (<0.5 mg/L; “<” implica por debajo del límite de determinación de Spectrolab). En cuanto al análisis de metales pesados, solo se observa un elemento que supera los límites permisibles, este elemento es el Boro (B) con 11.2 ppm, siendo el límite máximo 1.0 ppm valor, de acuerdo al Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

#### **Mina Machamarkita (POOW-003)**

En este caso, las aguas muestran una temperatura al momento de la toma de 16.9° C. En cuanto al análisis de metales pesados, se observa un valor ligeramente elevado de Zinc (5.15 ppm, el límite máximo permisible es de 5.0 ppm para la clase D), y niveles altos de Cadmio y Boro (B), los cuales presentan concentraciones de 5.88 ppm y 0.044 ppm respectivamente, el límite permisible de la clase D del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica indica valores de 1.0 ppm y 0.05ppm respectivamente. Otro valor importante es la concentración de cloruros, los cuales superan en mas de seis veces los límites máximos (cloruros 2816 ppm, límite máximo clase D 500 ppm).

#### **Estación Poopó (POOW-004)**

En este caso, podemos observar que la temperatura del agua al momento de la toma era de 13.0° C. Las concentraciones de nitratos (3.6 mg/L) están en los límites permisibles, sin embargo la concentración de cloruros (3662 mg/L) se encuentra en niveles extremadamente altos, los límites permisibles dan un valor máximo para cloruros de 500 ppm para la clase D, y en esta muestra el valor es superado en más de 7 veces. En cuanto al análisis de metales pesados, se observa niveles altos de B, Al, Mn, y Cd, Ni, Pb y finalmente de Zn, los cuales superan los límites establecidos por el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, esta característica de existencia elevada de metales, sin duda, se produce a causa de que la estación de trenes es el centro receptor de todos los productos extraídos por la actividad minera.

#### **Río Puente Poopó (POOW-005)**

Respecto al puente sobre el río Poopó, podemos observar que la temperatura del agua al momento de la toma era de 13.2° C. Las concentraciones de los nitratos (0.6 mg/L) están en los límites permisibles, sin embargo la concentración de cloruros (2433 mg/L) se encuentra en niveles extremadamente altos, los límites permisibles dan un valor máximo para cloruros de 500 ppm dentro de la clase D, y en esta muestra el valor es superado en más de 4 veces. En cuanto al análisis de metales pesados, se observa niveles altos de B, y Li, los cuales superan los límites establecidos por el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, con 5.28 ppm y 9.98 ppm respectivamente, siendo los límites permisibles 1.0 ppm y 5.0 ppm respectivamente. El origen de estos elementos son las descargas mineras que funcionan o funcionaron aguas arriba de este río

#### **Mina Challa Apacheta (POOW-013)**

El pH de esta agua es extremadamente ácido (pH=3.0), es probable que los sulfuros de la mina combinados con los procesos de concentración de mineral hayan provocado este grado elevado de acidez. Las aguas muestran una temperatura de 17.6° C. En cuanto al análisis de metales pesados, se observa un valor ligeramente elevado de Zinc (378 ppm, el límite máximo permisible es de 5.0 ppm para la clase D), y niveles altos de Cobre y Magnesio, los cuales presentan concentraciones de 1.76 ppm y 189 ppm respectivamente, el límite permisible de la clase D del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica indica valores de 1.0 ppm y 150 ppm respectivamente. Otro valor importante es la concentración de hierro, el cual superan en más de 500 veces los límites máximos (hierro 566 ppm, límite máximo clase D 1.0 ppm).

#### **Río Wilacasa (POOW-014)**

El pH de esta agua es ácido con un valor de pH=3.6. Las aguas muestran una temperatura al momento de la toma de 17.2° C. En cuanto al análisis de metales pesados, se observa un valor elevado de Aluminio (378 ppm, el límite máximo permisible es de 1.0 ppm para la clase D), y niveles altos de manganeso y hierro, los cuales presentan concentraciones de 14.83 ppm y 1.86 ppm respectivamente, el límite permisible de la clase D del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica indica valores de 1.0 ppm y 1.0 ppm respectivamente.

#### **Río Mollepuncu Grande (POOW-015)**

En este caso, las aguas del río se encuentran en un buen estado de conservación. La temperatura del agua al momento de la toma era de 13.9° C. El pH de 6.9 entra en los límites permisibles de la Ley. No se encontró contaminación bacteriológica y las concentraciones de los nitratos (0.5 mg/L) y cloruros (13 mg/L) están en los límites permisibles por el reglamento. En cuanto al análisis de metales pesados, no se observa ningún valor, que supere los límites para clase A del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

#### **Carajara (POOW-017)**

En este caso, las aguas muestreadas se encuentran en un buen estado de conservación. La temperatura del agua al momento de la toma era de 16.2° C. El pH de 7.7 entra en los límites permisibles de la Ley. No se encontró contaminación bacteriológica y las concentraciones de los nitratos (0.5 mg/L) y cloruros (13 mg/L) están en los límites permisibles por el reglamento. En cuanto al análisis de metales pesados, no se observa ningún valor, dentro de los elementos analizados, que supere los límites para clase A del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

#### **Plaza Venta y media (POOW-019)**

Podemos observar que la temperatura del agua al momento de la toma era de 16.1° C. El pH es de 8.1, es decir agua ligeramente básico, sin embargo entra en los límites permisibles de la Ley. No se encontró contaminación bacteriológica. En cuanto al análisis de metales pesados, no se observa ningún valor, dentro de los elementos analizados, que supere los límites para clase A del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

#### **Unión de Ríos Taquipalca – Huanuni (POOW-020)**

En este caso, podemos observar que la temperatura del agua al momento de la toma era de 18.5° C. Las concentraciones de los nitratos (1.1 mg/L) están en los límites permisibles al igual que la concentración de cloruros (166 mg/L). En cuanto al análisis de metales pesados tenemos niveles altos de B, Al, Mn, y Cd, Ni, Pb y finalmente de Zn, los cuales superan los límites establecidos por el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, esta característica de existencia elevada de metales, sin duda, se produce a causa de que la estación de trenes es el centro receptor de todos los productos extraídos de la actividad minera.

#### **Pitcoya (POOW-022)**

Podemos observar que la temperatura del agua al momento de la toma era de 16.1° C. El pH de 8.1, es decir agua ligeramente básica, sin embargo entra en los límites permisibles de la Ley. No se encontró contaminación bacteriológica. En cuanto al análisis de metales pesados, no se observa ningún valor, dentro de los elementos analizados, que supere los límites para clase A del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

#### **.Puñaca (Viginia) (POOW-023)**

El color del agua es verdoso y presenta turbidez baja, esto a causa de la gran cantidad de materia orgánica. La temperatura del agua era de 14.3° C y tenía un pH de 11.5, es decir fuera de los límites

de la ley para, esto puede deberse a la gran cantidad de sales disueltas en la viginia. En cuanto al análisis de metales pesados, no se observa ningún valor, dentro de los elementos analizados, que supere los límites para clase A del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

#### **Río Trenacre (POOW-024)**

El análisis muestra que el pH de este lugar es muy bajo (acido con un valor de 3.6), esto es a causa del estancamiento de las aguas, además se observa como efluente de un área cercana de actividad minera. Respecto a los metales pesados se observa niveles altos de Li y B, probablemente de origen Minero, los valores de estos dos elementos, 4.97 ppm y 3.95 pm, superan los limites permisibles que están en valores de 1.5 ppm y 2.5 ppm para la clase de aguas A.

#### **Callipampa (POOW-025)**

El análisis muestra que el pH de este lugar es muy bajo (acido con un valor de 4.9). Respecto a los metales pesados se observa niveles altos de aluminio y Zinc, probablemente de origen Minero, los valores de estos dos elementos, 12.5 ppm y 10.2 pm, superan los limites permisibles que están en valores de 1.0 ppm y 5.0 ppm para la clase de aguas B.

#### **Mina Candelaria (POOW-026)**

El pH de esta agua es casi neutro (pH=7.3) Las aguas muestran una temperatura al momento de la toma de 20.3° C. En cuanto al análisis de metales pesados, se observa un valor ligeramente elevado de Litio (4.7 ppm, el limite máximo permisible es de 5.0 ppm para la clase D), y niveles altos de Cadmio y zinc, los cuales presentan concentraciones de 10.43 ppm y 56.3 ppm respectivamente, el limite permisible de la clase D del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica indica valores de 0.005 ppm y 5.0 ppm respectivamente.

## **7.2 ESTUDIO DE SUELOS**

### **7.2.1 Descripción general de los suelos de la región**

Los suelos del Municipio, según el Mapa de Cobertura y Uso Actual de Suelos; corresponde a tierras eriales, con características para la agricultura, con escasa cobertura de especies vegetales nativas.

Para el municipio de Poopó, se toma como referencia el estudio de CIASER-GEOBOL (1996), debido a que en la zona no se realizaron estudios de clasificación de suelos, la clasificación fue establecida tomando en cuenta la aptitud ecológica:

- **Altoandino:** complejo de Tierras Challa, clasificación taxonómica Orthents, Ochrepts, Ustalfs, Ustolls, Hemist, Aquents; clase de Capacidad de uso IV – VIII t.e.s.c.; Vh.c. Suelos muy poco a moderadamente profundos, en pendientes inclinadas a muy escarpadas, con piedras y afloramientos rocosos, negros, gris muy oscuro, pardo rojizos, franco arenosos a franco arcillosos, muy escasa a bien drenados; bajas a altos contenidos en nutrientes; fuertemente ácidos a neutros.
- **Altiplano:** tierras cuya clasificación taxonómica es Orthents, Ochrepts, Ustalfs; clase de capacidad de uso VI – VIII s.t.e.; son suelos muy poco profundos, franco arenosos con grava y piedra neutros, con cierto predominio de afloramientos rocosos, pardo grisáceos, pardo amarillentos, con bajos contenidos de nutrientes, fuertemente alcalinos.
- **Cabecera de Valles:** cuya clasificación taxonómica es Ustalfs, Orthents, Ochrepts, Ustolls; clase de capacidad de uso II, III, IV, VI, VII s. e. c. Son suelos con pendientes moderadamente inclinados a muy escarpados, poco profundos a muy profundos, franco arenosos a arcillosos, fuertemente ácidos a moderadamente alcalinos.
- **Valle:** cuya clasificación taxonómica pertenece a Fluvents, Ochrepts, Ustalfs, Orthents, Orthids y Argids; clase de capacidad de uso II, III, IV, V, VI s. e.c. Suelos en pendientes suavemente inclinadas a muy pendientes, profundos a muy profundos, franco arcilloso, neutro a fuertemente alcalinos; moderadamente pobres en nutriente.

En general los suelos son de tipo franco arcilloso, con alto contenido de materia orgánica en forma de turberas (partes altas) o con hojarasca (partes intermedias y bajas), en general existen afloramientos rocosos en todas la superficie del suelo.

La capa arable oscila entre los 10 a 30 cm de profundidad, observando también en los terrenos de alta pendiente, el contenido de materia orgánica es alto por las altas precipitaciones y temperatura, el pH va de neutro a alcalino.

## 7.2.2 Resultados de los análisis

Tabla 7-5 Resultados físico - químico

LUGAR DE MUESTREO		Río Challhuari	Cerro Cóndor Iquiña	Mina Machamarkita	Estación Poopó	Mina Challa Apacheta
	Unidad	POOS-01	POOS-02	POOS-03	POOS-04	POOS-13
pH	[]	7,3	7,0	7,1	1,9	5,8
Temperatura	° C	24.0	22.5	25.0	20	18.1
Materia orgánica	[%]	4,06	3.88	3.81	12.54	6,57
Nitrógeno N	[%]	0,12	0,11	0,03	0,18	0,20
Fósforo P	[mg/kg]	8,70	4,91	4,06	3,14	14,5
Potasio K	[meq/100]	0,27	0,33	0,53	0,04	0,76
Arena	[%]	56,2	92.9	92.4	41.1	52.8
Limo	[%]	36,3	6.9	6.2	52.8	38.7
Arcilla	[%]	7,5	0.3	1.4	6.1	8.5
Clasificación Textural		Franco Arenoso	Arena	Arena	Limo Franco	Franco Arenoso

Tabla 7-6 Resultados físico - químico

LUGAR DE MUESTREO		Taquipalca	Cayumalliri	Río Cachimayu	Tonkori
	Unidad	POOS-20	POOS-21	POOS-23	POOS-24
pH	[ ]	7.1	7.3	9.2	5.7
Temperatura	° C	18.3	16.3	21.3	17.3
Materia orgánica	[%]	11,78	6.14	5.11	5,83
Nitrógeno N	[%]	0,17	0,10	0,12	0,11
Fósforo P	[mg/kg]	48,95	16,82	9,63	32,47
Potasio K	[meq/100]	0,97	0,91	2,89	0,66
Arena	[%]	24,9	49.4	54.2	59,8
Limo	[%]	52,7	33.9	29.8	32.0
Arcilla	[%]	22,4	16.7	16.0	8.2
Clasificación Textural		Franco Limoso	Franco	Franco Arenoso	Franco Arenoso

### **7.2.3 Análisis metales Pesados**

En los reglamentos a la ley de Medio Ambiente de Bolivia, no se encuentran límites permisibles para contaminación de suelos. Es por este motivo que en este estudio se han utilizados parámetros de comparación extranjeros. Los valores de los límites que están en las siguientes tablas, han sido encontrados en el reglamento contra el deterioro del suelo de la ley de Medio Ambiente Suiza.

Este reglamento cita tres valores para los límites permisibles en la siguiente clasificación: valores indicativos, valores de alerta, valores de saneamiento. Todavía la lista de este reglamento se encuentra en proceso de elaboración por tanto solo se encuentran los elementos más importantes.

El valor indicativo muestra la concentración de un elemento que puede tener el suelo sin causar efectos negativos a la composición física-química del mismo. Los elementos que están en esta lista son Cobre (Cu), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Zinc (Zn) y Cromo (Cr).

Los valores de alerta indican concentraciones límites de metales que un suelo puede contener y todavía puede sanarse sin procedimientos antropogénicos. Estos valores están dados para Cobre (Cu) y Plomo (Pb).

El valor de saneamiento indica la concentración máxima que un suelo puede tolerar. Una concentración mas elevada vuelve el suelo inutilizable y es necesario un saneamiento por procesos antropogénicos. Estos límites han sido fijados para Cobre (Cu), Plomo (Pb) y Zinc (Zn).

Tabla 7-7 Metales pesados en los suelos analizados

LUGARES DE MUESTREO					Río Challhuari	Cerro Cóndor Iquiña	Mina Machamar kita	Estación Poopó	Mina Challa Apacheta
ELEMENTO	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE			POOS-01	POOS-02	POOS-03	POOS-04	POOS-13
		Valor indicativo	Valor de alerta	Valor de resaneam.					
Cromo (Cr)	ppm	50	----	----	15,50	22,50	24,10	8,40	13,60
Níquel (Ni)	ppm	50	----	----	17,00	29,10	28,40	8,20	8,60
Cobre (Cu)	ppm	40	150	1000	22,30	32,00	30,70	175,00	128,00
Zinc (Zn)	ppm	150		2000	151,00	268,00	410,00	2470,00	1560,00
Molibdeno (Mo)	ppm	----	----	----	1,16	0,91	0,73	1,16	1,46
Plata (Ag)	ppm	----	----	----	0,42	0,34	0,74	13,30	17,50
Cadmio (Cd)	ppm	----	----	----	1,09	4,84	2,37	18,00	9,18
Antimonio (Sb)	ppm	----	----	----	3,85	4,07	10,40	> 500	20,30
Plomo (Pb)	ppm	50	200	2000	26,80	36,80	75,40	2000,00	590,00

Tabla 7-8 Metales pesados en los suelos analizados

LUGARES DE MUESTREO					Taquipalca	Cayumalliri	Río Cachimayu	Tonkori
ELEMENTO	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE			POOS-20	POOS-21	POOS-23	POOS-24
		Valor indicativo	Valor de alerta	Valor de resaneam.				
Cromo (Cr)	ppm	50	----	----	18,20	18,60	14,60	2,80
Níquel (Ni)	ppm	50	----	----	22,60	19,90	17,00	11,40
Cobre (Cu)	ppm	40	150	1000	38,20	23,40	22,30	10,20
Zinc (Zn)	ppm	150		2000	130,00	88,90	194,00	71,00
Molibdeno (Mo)	ppm	----	----	----	0,99	0,59	0,77	0,35
Plata (Ag)	ppm	----	----	----	0,51	0,21	0,71	0,07
Cadmio (Cd)	ppm	----	----	----	0,65	0,16	0,51	0,22
Antimonio (Sb)	ppm	----	----	----	5,58	2,59	8,58	0,55
Plomo (Pb)	ppm	50	200	2000	46,40	29,80	106,00	18,20

## 7.2.4 Análisis y evaluación de los resultados

La sustentabilidad, en el contexto de la producción agrícola-ganadera, implica preservar y/o mejorar la capacidad productiva del sistema desde el punto de vista agronómico, económico y ambiental y la calidad de los recursos renovables y no renovables incluidos en el sistema productivo (suelo, agua, aire, biodiversidad, otros). Entre estos recursos, se destaca el suelo como recurso finito no renovable.

La calidad del suelo se ha definido en términos de sus propiedades químicas, físicas y biológicas. Entre estas propiedades, la materia orgánica (MO) es considerada como el más importante indicador de la calidad de suelo. La importancia de la MO radica en su relación con numerosas propiedades del suelo:

**Físicas:** Densidad, capacidad de retención de agua, agregación y estabilidad de agregados, color y temperatura

**Químicas:** Reserva de nutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S) y otros, pH, capacidad de intercambio catiónica, capacidad tampón, formación de quelatos.

**Biológicas:** Biomasa microbiana, actividad microbiana (respiración), fracciones hábiles de nutriente.

La MO es reserva de numerosos nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. La MO contiene aproximadamente un 58% de carbono (C) y presenta una relación C/N/P/S estimada en 140:10:1.3:1.3.

A partir de esta información, se estima que cada 1% de materia orgánica en 20 cm de suelo con densidad de 1.1 ton/m<sup>3</sup>, contiene 22000 kg/ha de materia orgánica, 12000 - 13000 kg/ha de C, 1000 -1200 kg/ha de N, 90 -120 kg/ha de P, y 90 -120 kg/ha de S.

Dados los contenidos de nutrientes en la MO, la misma actúa como fuente y destino de los nutrientes en el sistema. Es así que en situaciones de balance de nutrientes negativos, cuando la exportación de nutrientes en productos de cosecha (granos y forrajes) es superior al aporte vía abonos orgánicos y fertilizantes, los niveles de MO disminuyen aportando los nutrientes necesarios para los cultivos.

Esta situación se observa frecuentemente cuando se comienza a cultivar un área nueva con disminuciones importantes de MO en los primeros años que liberan cantidades importantes de nutrientes. (**Fuente:** [http://www.esiap.org/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/](http://www.esiap.org/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/))

Para el análisis de las texturas se utilizará la clasificación del triángulo de textura<sup>1</sup> y las características básicas de cada una de estas.

**Tabla 7-9 Características de los tipos de suelo**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Arena	Son suelos sueltos de baja capacidad de retención de humedad, pobres en elementos nutritivos, su productividad en general es baja.
Arena francoso	Son suelos con baja capacidad de retención de humedad y reducido contenido de nutrientes.
Franco arenoso	Sus características agrícolas en general son adecuadas para toda clase de plantas y muy productivos si se los maneja correctamente.
Franco	Estos terrenos son los más adecuados para la agricultura, presentan buena capacidad de retención de humedad y condiciones físicas favorables e ideales, la presencia de nutrientes en general es muy buena.
Franco limoso	Son suelos algo semejantes al franco, pero comienzan a manifestar características físicas poco deseables, en especial cuando la arena se reduce mucho, son fértiles.
Franco arcilloso	Con un manejo adecuado, estos suelos son altamente productivos, en general se consideran como suelos de muy buena calidad.
Franco arcilloso arenoso	Agrícolamente son suelos excelentes y con manejo adecuado se transforman en altamente productivos. Pueden presentar pequeños problemas cuando el contenido de arena se reduce al mínimo y la arcilla alcanza su valor máximo.
Franco arcilloso limoso	En general se los considera suelos excelentes para uso agrícola, su manejo puede presentar problemas cuando el contenido de arena es bajo y el de arcilla es alto.
Limo	Estos suelos pueden presentar problemas físicos si se observa un predominio de partículas semifinas, que con el riego tiende a la formación de costras superficiales. Son suelos de elevada fertilidad y requieren un manejo adecuado del agua de riego.
Arcilla	Son suelos muy fértiles, su manejo resulta difícil por el elevado contenido de arcilla.
Arcillo arenoso	Son suelos de buena calidad, sus características pueden mejorarse haciendo un manejo adecuado del agua de riego y con labores culturales oportunas.
Arcillo limoso	Son suelos muy fértiles, la presencia de arcilla y limo finos pueden hacer difícil el manejo de estos suelos debido a la formación de costras superficiales o a la poca estabilidad estructural.

<sup>1</sup> Manual Práctico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio, Jorge Villarroel A. Cochabamba, Bolivia.

La interpretación de materia orgánica en los suelos por el método de Walkley y Black<sup>2</sup> se resume en el siguiente cuadro:

**Tabla 7-10 Contenido de materia orgánica**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>CONTENIDO DE MO (%)</b>
Muy bajo	0.0 – 1.0
Bajo	1.1 – 2.0
Moderado	2.1 – 4.0
Alto	4.1 – 8.0
Muy alto	> 8.0

Respecto al contenido de Nitrógeno en el suelo, nos basamos en el método Kjeldahl<sup>2</sup>, resumido en el siguiente cuadro:

**Tabla 7-11 Contenido de Nitrógeno**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>CONTENIDO DE N (%)</b>
Muy bajo	< 0.05
Bajo	0.05 – 0.15
Moderado	0.05 – 0.20
Alto	0.20 – 0.30
Muy alto	> 0.30

---

<sup>2</sup> y <sup>2</sup> Manual Práctico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio, Jorge Villarroel A. Cochabamba, Bolivia.

Respecto al Fósforo, la interpretación la realizamos en base al método de Olsen<sup>3</sup> y se resume de la siguiente manera:

**Tabla 7-12 Contenido de Fósforo**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>CONTENIDO DE P (ppm)</b>
Muy bajo	<0 – 5
Bajo	6 – 15
Moderado	16 – 25
Alto	26 – 45
Muy alto	> 45

Para el Potasio, resumimos los niveles en el suelo mediante el siguiente cuadro<sup>4</sup>:

**Tabla 7-13 Contenido de Potasio**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>CONTENIDO DE K (meq/100 gr de suelo)</b>
Muy bajo	< 0.25
Bajo	0.26 – 0.50
Moderado	0.51 – 0.75
Alto	0.76 – 1.00
Muy alto	> 1.00

---

<sup>3</sup> Manual Práctico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio, Jorge Villarroel A. Cochabamba, Bolivia.

<sup>4</sup> Método descrito por Freitas et al, tomado del Manual Práctico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio, Jorge Villarroel A. Cochabamba, Bolivia.

### **Río Challhuari (POOW-01)**

Se observa un suelo Franco-Arenoso, es decir con buenas características para cultivos, con un pH casi neutro (pH en pasta de 7.3) y con una temperatura de 24° C. La Materia Orgánica es el 4.06% (nivel alto). Este suelo contiene un nivel moderado de Nitrógeno (N) (0.12%), 8.70 ppm de Fósforo (es decir niveles bajos) y un nivel bajo de Potasio (K): 0.27 meq/100.

En relación a los metales pesados se puede ver que los elementos que tienen referencia de límite permisible no superan los valores propuestos por la norma.

### **Cerro Cóndor Iquiña (POOW-02)**

Se tiene un suelo arenoso, es decir con baja retención de humedad y pobre en elementos nutritivos, tiene un pH neutro (pH en pasta de 7.0) y con una temperatura de 22.5° C. La Materia Orgánica es de 3.38%, es decir un contenido moderado. Este suelo contiene 0.11% de Nitrógeno (N), por tanto se encuentra con contenidos bajos de este elemento, 4.91 ppm de Fósforo (contenidos muy bajos) y niveles bajos de Potasio (K): 0.33 meq/100.

Respecto a los metales, se encontró un nivel de Zinc (Zn) (268.0 ppm) que supera el valor indicativo de los límites permisibles de 150 ppm. El próximo nivel (valor de resaneamiento) se encuentra a 2000 ppm, en otras palabras el nivel de Zinc (Zn) se encuentra dentro de un nivel mas bajo en valor de resaneamiento.

### **Mina Machamarkita (POOW-03)**

Se tiene un suelo arenoso, es decir con baja retención de humedad y pobre en elementos nutritivos, tiene un pH casi neutro (pH en pasta de 7.1) y con una temperatura de 25.0° C. La Materia Orgánica es de 3.81%, es decir un contenido moderado. Este suelo contiene 0.03% de Nitrógeno (N), por tanto se encuentra con contenidos muy bajos de este elemento, 4.06 ppm de Fósforo (contenidos muy bajos) y niveles bajos de Potasio (K): 0.53 meq/100.

Respecto a los metales, se encontró un nivel de Zinc (Zn) (410 ppm) que supera el valor indicativo de los límites permisibles de 150 ppm. El próximo nivel (valor de resaneamiento) se encuentra con un valor de 2000 ppm, en otras palabras el nivel de Zinc (Zn) se encuentra dentro de un nivel mas bajo en valor de resaneamiento.

**Estación Poopó (POOW-04)**

Se observa un suelo Franco – Limoso, es decir fértil pero con malas características físicas, tiene un pH extremadamente ácido (pH en pasta de 1.9) y con una temperatura de 20° C. La Materia Orgánica es el 12.54% (nivel muy alto). Este suelo contiene un nivel moderado de Nitrógeno (N) (0.18%), 3.14 ppm de Fósforo (es decir niveles muy bajos) y un nivel muy bajo de Potasio (K): 0.04 meq/100.

Respecto a los metales pesados se encontró niveles extremadamente altos de Zinc (Zn) (151.0 ppm) y Plomo (Pb) que supera los valores de resaneamiento de suelos (valor limite 2000 ppm).

**Mina Challa Apacheta (POOW-13)**

Se tiene un suelo Franco – Arenoso, es decir con buenas características para cultivo siempre y cuando se maneje de forma adecuada, tiene un pH ácido (pH en pasta de 5.8) y con una temperatura de 18.1° C. La Materia Orgánica es de 6.57%, es decir un contenido alto. Este suelo contiene 0.20% de Nitrógeno (N), por tanto se encuentra con contenidos muy bajos de este elemento, 14.5 ppm de Fósforo (contenidos bajos) y niveles bajos de Potasio (K): 0.76 meq/100.

Respecto a los metales pesados se encontró niveles extremadamente altos de Zinc (Zn) (1560 ppm) y Plomo (Pb) (590 ppm) que supera los valores indicativos (150 ppm y 50 ppm respectivamente).

**Taquipalca (POOW-20)**

Se observa un suelo Franco – Limoso, características agrícolas en general son adecuadas para toda clase de plantas, el pH es neutro (pH en pasta de 7.1) y con una temperatura de 18.3° C. La Materia Orgánica es de 11.78%, es decir un contenido muy alto. Este suelo contiene 0.17% de Nitrógeno (N) (nivel moderado), 48.95 ppm de Fósforo, es decir niveles muy altos y un contenido alto de Potasio: 0.97 meq/100 de Potasio (K).

En relación a los metales pesados se puede ver que los elementos que tienen referencia de límite permisible no superan los valores propuestos por la norma.

**Cayumalliri (POOW-21)**

Se tiene un suelo Franco, es decir con buenas características para cultivos, ideal para agricultura, tiene un pH ligeramente básico (pH en pasta de 7.3) y con una temperatura de 16.3° C. La Materia Orgánica es el 6.14%, es decir un contenido alto. Este suelo contiene 0.10% de Nitrógeno (N), por tanto se encuentra con contenidos moderados de este elemento, 16.82 ppm de Fósforo (niveles medios) y niveles altos de Potasio (K): 0.91 meq/100.

En relación a los metales pesados se puede ver que los elementos que tienen referencia de límite permisible no superan los valores propuestos por la norma.

### **Río Cachimayu (POOW-23)**

Se observa un suelo Franco-Arenoso, es decir con buenas características para cultivos, con un pH básico (pH en pasta de 9.2) y con una temperatura de 21.3° C. La Materia Orgánica es de 5.11% (nivel alto). Este suelo contiene un nivel moderado de Nitrógeno (N) (0.12%), 9.63 ppm de Fósforo (es decir niveles bajos) y un nivel muy alto de Potasio (K): 2.89 meq/100.

Respecto a los metales pesados se encontró niveles altos de Zinc (Zn) (194 ppm) y Plomo (Pb) (106 ppm) que supera los valores indicativos (150 ppm y 50 ppm respectivamente).

### **Toncori (POOW-25)**

En este caso tenemos un suelo Franco-Arenoso, es decir con buenas características para cultivos, con un pH ácido (pH en pasta de 5.7) y con una temperatura de 17.3° C. La Materia Orgánica es de 5.83% (nivel alto). Este suelo contiene un nivel moderado de Nitrógeno (N) (0.11%), 32.47 ppm de Fósforo (es decir niveles altos) y un nivel moderado de Potasio (K): 0.66 meq/100.

En relación a los metales pesados se puede ver que los elementos que tienen referencia de límite permisible no superan los valores propuestos por la norma.

## **7.3 ESTUDIO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

### **7.3.1 Situación actual de la gestión de los residuos sólidos**

En nuestro país, hasta la década del noventa, el manejo de los residuos sólidos se realizaba en forma empírica. Los municipios de las ciudades capitales se responsabilizaban de realizar tan solo el barrido de vías y recolección de residuos sólidos con coberturas bajas, lo cual ocasionó la generación de basurales que se constituían en focos de infección. Agravándose aún más con el hecho de que estos residuos recolectados eran transportados a áreas sin ninguna preparación denominados 'botaderos', lo que provocaba deterioro ambiental y afecciones a la salud humana.

La generación de residuos sólidos ha ido en aumento, por factores como el incremento sustancial de la población en centros urbanos, incremento de la capacidad de consumo de los habitantes, desarrollo de nuevas tecnologías y otros.

Por consiguiente, los problemas de manejo de residuos sólidos se fueron agravando, por lo que se generó conciencia ambiental, decisión política y técnica, con el fin de elaborar proyectos de aseo urbano para las ciudades capitales de Bolivia. Esta iniciativa se llevo adelante mediante el proyecto Gestión Ambiental de Residuos Sólidos-GARSU, dirigido por el Fondo Nacional de Desarrollo Regional-FNDR y apoyos internacionales como el Banco Interamericano de Desarrollo -BID, Agencia de Cooperación Internacional del Japón-JICA y la Cooperación Técnica Alemana-GTZ.

Es posible afirmar que existen avances significativos, ya que se cuenta con un marco normativo y legal, La Ley del Medio Ambiente y su Reglamento, así como la Norma Boliviana en Residuos Sólidos, los cuales representan un importante avance en materia de gestión ambiental en residuos sólidos.

El proyecto GARSU también ha trabajado en ciudades intermedias, adaptando y reduciendo en tamaño el modelo utilizado en ciudades capitales, con lo que dio oportunidad a sus Gobiernos Municipales la oportunidad de cumplir con lo que la ley señala.

Para la planificación y diseño de los servicios en manejo de residuos sólidos, es importante determinar la caracterización de éstos. Los estudios fueron realizados, en todas las ciudades principales de Bolivia, para los residuos domiciliarios. La generación per-cápita en ciudades pequeñas oscila entre 0.3 a 0.4 kg/hab-día.

Con la ayuda de encuestas, información secundaria y observaciones in situ se podrá dar un cuadro general del manejo de los residuos. Se dará a conocer la existencia de botaderos, rellenos sanitarios o vertederos y se caracterizara la composición de los residuos sólidos (plásticos, metales o papel).

### **7.3.2 Resultados**

En el caso de los residuos sólidos, se ha observado el uso de lugares no adecuados para la disposición final y la inexistencia de una gestión de residuos sólidos.

Esto se muestra claramente en el hecho de que los residuos sólidos se encuentran acumulados en plazas, parques, calles, quebradas, ríos y otros.

Esta inadecuada disposición de residuos representa posibles focos de infección por la presencia de vectores, los mismos pueden afectar a la población más vulnerable, mujeres, niños y ancianos y al medio ambiente.

La composición de residuos se caracteriza por la presencia de:

- Botellas pett
- Bolsas plásticas
- Pilas de radios, de linternas, de relojes, etc.

Para cuantificar la cantidad de generación de residuos, podríamos referirnos a la producción per cápita en ciudades pequeñas, que oscila entre 0.3 a 0.4 kg/hab/día y de estas cantidades el 43 % son residuos no putrescibles, es decir, materia inorgánica no degradable, (Fuente: Informe Sistema Nacional de Capacitación en Saneamiento Básico-SNCSB-La Paz-Bolivia-2000).

Para nuestras proyecciones tomaremos el valor de 0.3 kg/hab/día, y 43 % inorgánicas del total generado.

También, tomamos en cuenta la cantidad de habitantes de cada uno de los municipios, (Fuente Censo-2001):

La cantidad estimada de residuos sólidos será:

Q basura:  $0.3 \text{ kg/Hab/día} * 0.43 * 6193 \text{ Hab.} * 365 \text{ días/año} = 291597 \text{ kg/año} = 291.5 \text{ tn/año}$ .

Esta cantidad (291.5 tn/año) es de suma importancia ya que supone residuos que no se encuentran almacenados en los lugares de disposición final adecuados, de hecho éstos se encuentran esparcidos en áreas próximas a las fuentes generadoras, que por acciones de los vientos, de las aguas, vienen ocasionando impactos negativos a los factores ambientales circundantes.

A continuación, presentamos un resumen de los lugares visitados, población y tipos de residuos sólidos municipales y su gestión:

**Tabla 7-14 Monitoreo de residuos sólidos**

CÓDIGO	FECHA Y HORA	CANTÓN Y LUGAR	TIPO DE RESIDUO DISPOSICIÓN FINAL	OBSERVACIONES
			DESCRIPCIÓN	
POO-001	2 -dic- 05 10:30	POOPÓ Comunidad Poopó	Residuos no degradables en grandes cantidades, depositados en las afueras de la comunidad, diseminados por el viento.	Presencia de vectores (moscas, roedores). Ganado porcino alimentándose de desechos.
POO-002	2-dic-05 14:45	POOPÓ Comunidad Jucumari	Baja cantidad de residuos sólidos inorgánicos, reutilizan sus envases. Tienen basureros, practican el reciclaje y re-utilización de residuos.	Comunidad modelo, de los residuos orgánicos elaboran compost para cultivos y carpas solares. Practican la separación de residuos sólidos en el lugar de origen. A simple vista no se ve desechos inorgánicos por ningún lugar.
POO-003	2-dic-05 15:55	POOPÓ Pitcoya	Desechos inorgánicos domésticos plásticos en general, y baterías doble AA (todo lado), estos están abandonados en todas partes: calles, plaza y alrededores de la comunidad.	Presencia de vectores (moscas principalmente)
POO-004	4-dic-05 11:25	CORIPATA Challa Apacheta	Predominancia de residuos inorgánicos. Residuos minero -metalúrgicos	
POO-005	5-dic-05 13:40	VENTA Y MEDIA Plaza Venta y Media	Residuos inorgánicos (plásticos, bolsas y botellas) vertidos directamente al río Venta y Media.	No existe ningún tipo de tratamiento ni separación de residuos en el lugar de origen.
POO-006	5-dic-05 17:00	VENTA Y MEDIA Río Taquipalca	Residuos inorgánicos (plásticos, bolsas, botellas y hasta chatarra. vertidos directamente al río Venta y Media.	Basura diseminada, presencia de vectores moscas y olor muy fuerte a materia orgánica en descomposición.
POO-007	5-dic-05 17:05	VENTA Y MEDIA Río Huanuni	Residuos inorgánicos (plásticos, bolsas, pañales, botellas y hasta chatarra.	Basura diseminada, presencia de vectores moscas y olor muy fuerte a materia orgánica en descomposición.
POO-008	7-dic-05 7:50	POOPÓ Quesuquesuni	Principalmente inorgánicos, (botellas, baterías, bolsas, gomas, etc.)	Por acción del viento los residuos regresan a la comunidad. En el botadero presencia de moscas.
POO-009	7-dic-05 8:10	POOPÓ Cachimayu	Residuos inorgánicos (plásticos, bolsas y botellas)	Por acción del viento los residuos regresan a la comunidad. En el botadero presencia de moscas.

## 8 DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

### 8.1 AGUA

La contaminación se da principalmente por:

- Falta de cuidado en los procesos de evacuación de desechos líquidos y sólidos de la población. Esta contaminación se puede reducir con la construcción de rellenos sanitarios, sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas.
- Falta de cuidado en los procesos de concentración y de evacuación de desechos líquidos. Esta contaminación se puede reducir con la construcción y utilización de diques y la aplicación de procesos más eficientes en la producción minera.

En general se pueden hacer las siguientes constataciones:

- Un 30% de las aguas estudiadas, presentan niveles bajos de metales como ser: Aluminio (Al), Magnesio (Mg), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Níquel (Ni), Co y Zinc (Zn), estas aguas están, con mucha probabilidad, contaminadas por causas naturales que se dan en la zona, sin embargo cabe recalcar que todos los valores encontrados se hallan dentro de los parámetros permisibles de la Ley de Medio Ambiente.
- En cuanto a niveles altos de elementos, observamos que el 37% de las muestras presentan niveles elevados de Boro (B) y Aluminio (Al), los cuales superan los límites permisibles.
- El 25% de las muestras tiene niveles elevados de Cadmio (Cd) y Hierro (Fe) fuera de los límites permisibles.
- Finalmente se observa que el 45% de las muestras tiene niveles elevados de Zinc (Zn), los cuales se encuentran fuera de los límites permisibles de acuerdo a ley.
- En lo que se refiere a contaminación por microorganismos, se observa que en el 100% de las muestras tomadas para el análisis de *coliformes fecales*, muestran que los niveles son muy bajos o nulos, lo que indica que en este parámetro, las aguas analizadas están en buen estado, cabe aclarar que este parámetro es solo uno de los varios analizados y que por lo tanto no quiere decir que todas las aguas analizadas estén en condiciones de ser usadas para el consumo humano.
- Las aguas del Municipio de Poopo en un 55%, tienen un pH generalmente neutro, sin exceder los límites permisibles, los rangos varían de 6.9 a 8.1. El restante 45% se encuentra rangos de acidez de pH 3.0 a 4.9 y alcalinidad de pH 9.7 a 11.5.

- El 37% de las muestras presentan niveles elevados de cloruros, en rangos que varían desde los 2302 mg/L hasta 5170, siendo que el límite permisible es de 250 mg/l para aguas clase A y 500 mg/L para la clase D.

## 8.2 SUELOS

- Los suelos del Municipio, de acuerdo al resultado de los análisis, se caracterizan por las altas concentraciones de Zinc (Zn), las cuales superan el valor indicativo hasta en 15 veces como es el caso de la Estación de trenes de Poopó y la mina Challa Apacheta.
- El 45% de las muestras corresponden a suelos franco – arenosos y el restante se divide entre suelos franco – limosos y suelos arenosos, lo que denota que son pocos los suelos aptos para todo tipo de plantas y adecuados para cultivos agrícolas.
- El pH se caracteriza por ser neutro en un rango que varía desde los 7.0 a 7.3 (67% de las muestras), el 33% de muestras restante tiene un pH ácido que varía de 1.9 a 5.8.
- Las muestras presentan niveles moderados de materia orgánica, esto indica que existen pocos suelos con una buena aptitud para producción agrícola (aproximadamente el 50%).
- Los niveles de Nitrógeno se encuentran en un rango de moderado a alto, siendo la característica general el nivel moderado.
- Respecto al Fósforo, tenemos que el 75% de las muestras presentan niveles bajos de dicho elemento y el restante (25% de las muestras) con un valor alto, por tanto se observa que los bajos niveles de Fósforo son característicos de estos suelos.
- Finalmente analizando los contenidos de Potasio, se observa que estos niveles varían de moderado a muy alto, de manera general se ve que las muestras tienen niveles moderado de este nutriente.

## 8.3 RESIDUOS SÓLIDOS

- Una gran mayoría de los encuestados (95 %) respondieron que el municipio no cuentan con un sistema de manejo de residuos sólidos.
- La generación estimada es de 291.5 tn/año de residuos sólidos no degradables, la mayor parte de estos, se encuentran esparcidas en áreas circundantes a las comunidades generadoras.

## 8 RECOMENDACIONES

### 8.1 AGUA

De acuerdo con lo observado en los análisis de laboratorio, podemos observar que en algunos casos surge la necesidad de realizar estudios más profundos, esto para poder determinar con mayor precisión las fuentes y grados de contaminación mostrados anteriormente y además ampliar la información existente en el tema.

Las aguas de consumo se encuentran en un buen estado, no obstante, es recomendable realizar proyectos para la potabilización del agua del municipio, pues esto asegura que las aguas de consumo humano no cuentan con microorganismos, es una forma de precautelar la salud de la población.

También se recomienda la implementación de proyectos de saneamiento básico para reducir la contaminación provocada por basura domestica y excrementos que van a dar a las fuentes de agua.

Otro punto importante es el de la adecuación de las actividades mineras del municipio, es decir que estas cuenten con todas las medidas de seguridad ambiental, como ser procesos de extracción, concentración y disposición final que se encuentren dentro de todos las normas dictadas por las leyes bolivianas.

Finalmente se observa que de acuerdo a los resultados de los análisis, las aguas del municipio se encuentran en un estado regular de conservación, es deseable que se enfoque el trabajo en lo referente a la actividad minera pues es esta la principal fuente de contaminación en el municipio.

### 8.2 SUELO

Los suelos se caracterizan por tener un grado mínimo de contaminación natural, sin embargo resaltan los elementos Zinc (Zn) y Plomo (Pb), los cuales se encuentran en concentraciones elevadas, esto tiene como origen a la actividad minera, es recomendable ampliar los estudios para determinar de manera mas puntual la fuentes de contaminación.

Al igual que en el anterior punto, se recomienda la adecuación de las actividades mineras del municipio, esto considerando que lo procesos mineros no solo afectan al área circundante, sino que por medio de vientos y aguas pueden llegar a afectar áreas que se encuentran a muchos kilómetros del lugar de trabajo minero.

### 8.3 RESIDUOS SÓLIDOS

El municipio debe encarar un plan de Gestión de Residuos sólidos.

Como recomendaciones para reducir la cantidad de residuos domésticos e industriales se puede invitar a la población del Municipio a hacer uso de las **3 Rs** (REDUCE, REHÚSA Y RECICLA):

- Las 3Rs son acciones prácticas y sencillas, que al aplicarlas adecuadamente y a largo plazo, reducen la cantidad y toxicidad de los residuos que producimos a diario.
- Son las actividades más básicas para implementar en cualquier ambiente que quieras mejorar, donde hayan residuos.
- Estas actividades se pueden desarrollar en cualquier comunidad sin requerir estudios técnicos. Los beneficios de estas prácticas llegarán a todos los sectores de una comunidad mejorando así su calidad de vida.

#### REDUCE:

Esta es la acción más importante de las 3 Rs, porque evita la generación excesiva de residuos.

#### REHÚSA:

Ocurre muchas veces que lo que para uno es basura, para otro es un recurso. Algunos materiales o productos, pueden ser reutilizados para su función original o para otros usos.

#### RECICLA:

El reciclaje consiste en el aprovechamiento de los residuos para fabricar nuevos productos (Reciclaje Artesanal) y, al igual que la reducción y el rehúso, es preferible que se inicie desde el lugar de generación.

También es importante recomendar el acopio de ciertos residuos en lugares apropiados, residuos como botellas pett, pilas y papeles, pueden ser comercializados a empresas que se dedican al reciclaje y rehúso de estos materiales.

## 9 GLOSARIO

**AGUA.-** Es el compuesto más abundante e importante para la existencia de la vida en el planeta Tierra. Constituye entre el 65 y 90% del peso del cuerpo de los organismos vivientes y forma las 4/5 partes de la superficie terrestre constituyendo la hidrosfera, se encuentra bajo tres estados: líquido, sólido y gaseoso.

**AGUA POTABLE.-** se conoce también como agua para consumo humano, es decir para preparar los alimentos y bebidas. Las principales características del agua potable son: sabor agradable, límpida o muy transparente, inodora, libre de organismos patógenos, libre de exceso de sales disueltas, especialmente de calcio y sodio, contiene aire en disolución.

**BASURA.-** termino genérico empleado para designar a los residuos originados fundamentalmente por las actividades domiciliarias.

**BIODEGRADABLE.-** aquellas sustancias susceptibles de ser desintegradas o transformadas por microorganismos descomponedores cuyos productos son devueltos a la naturaleza como metabolitos, reutilizables por los organismos productores o plantas verdes. Este proceso natural reduce la contaminación ambiental.

**BIODIVERSIDAD.-** También entendida como diversidad biológica. Es el sistema de interacciones entre la variedad de las formas de vida, en sus diferentes niveles de organización y posibles combinaciones entre organismos. Incluye a todas las especies de plantas, animales y microorganismos así como toda la gama de variaciones genéticas dentro de cada especie en cualquier ecosistema.

**BIOMASA.-** Se define así a la cantidad de materia viviente producida o existente en n ecosistema, en otras palabras, es el peso total del cuerpo de todos los organismos vivientes en un hábitat particular.

**BOTADERO.-** Sitio de acumulación de residuos sólidos que no cumple con las disposiciones vigentes o crea riesgos para la salud y seguridad humana o para el ambiente en general.

**CICLO DEL AGUA.-** Sucesión de estados físicos de las aguas naturales: evaporación, condensación, precipitación pluvial, escorrentía superficial, infiltración subterránea, depósito en cuerpos superficiales y nuevamente evaporación.

**CLASIFICACIÓN DEL AGUA.-** establecimiento del nivel de calidad existente o el nivel a ser alcanzado o mantenido en un cuerpo de agua.

A los efectos de la normativa ambiental boliviana, la clasificación general de los cuerpos de agua en relación con su aptitud de uso, obedece a los siguientes lineamientos:

**CLASE A.-** Aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable para el consumo sin ningún tratamiento previo, con simple desinfección bacteriológica, en casos necesarios, verificados por laboratorio.

CLASE B.- aguas de utilidad general que, para consumo humano, requieren tratamiento físico y desinfección bacteriológica.

CLASE C.- aguas de utilidad general que, para consumo humano, requieren tratamiento físico – químico completo y desinfección bacteriológica

CLASE D.- aguas de calidad mínima que para consumo humano, en los casos extremos de necesidad publica, requieren un proceso inicial de presedimentación ya que pueden tener una elevada turbiedad por elevado contenido de sólidos en suspensión, y luego tratamiento físico – químico completo y desinfección bacteriológica especial contra huevos y parásitos intestinales.

**CLIMA.**- Conjunto de condiciones atmosféricas que se dan en un lugar determinado a lo largo del tiempo. El clima va determinado por una serie de factores como ser la radiación solar, temperatura, luz, humedad relativa y precipitaciones, estos factores se presentan de forma individual y en combinación unos con otros.

**CONCIENCIA AMBIENTAL.**- Es el nivel de conocimientos elementales que tiene la población respecto del ambiente, y que puede manifestarse en cierto grado de preocupación, interés, cuidado o temores frente a la problemática ambiental contemporánea.

**CONSERVACIÓN.**- Se entiende así a toda práctica orientada a proteger los recursos, particularmente a aquellos naturales renovables que por la causa de n mal manejo están a l borde de la extinción. Conservación, sin embargo, no significa la prohibición total del uso, sino, por el contrario el uso racional de los recursos de manera que se obtenga un beneficio para toda la población y al mismo tiempo se les proteja de modo que se puedan renovar espontáneamente.

**CONTAMINACIÓN.**- Es la acción de un determinado agente, cuya consecuencia general es la de deteriorar o ensuciar, introduciendo elementos que resultan nocivos al medio, afectando negativamente el equilibrio de la naturaleza o de los grupos sociales.

**CONTAMINANTE.**- Cualquier agente físico, químico o biológico que produce una alteración en el medio en que es liberado, provocando una distorsión del equilibrio natural del mismo, bien porque es un elemento extraño o porque se halla en niveles anormalmente altos.

**CUENCA.**- Zona geográfica que contribuye con la escorrentía de las aguas pluviales hacia un cauce natural.

**CUERPO DE AGUA.**- Arroyos, ríos, lagos y acuíferos, que conforman el sistema hidrográfico de una zona geográfica.

**CHATARRA.**- Son los fragmentos, piezas y partes de material de n equipo, maquinaria o vehículo que se encuentran abandonados en áreas publicas.

**DECIBEL.-** Unidad practica de medición del nivel de ruido, conocido como dB. Esta unidad es igual a 20 veces el logaritmo decimal del cociente de la presión de sonido ejercida por un sonido medio.

**DISPOSICIÓN FINAL.-** Acción de depositar permanentemente los residuos en un lugar.

**ECOLOGÍA.-** Ciencia que estudia las relaciones reciprocas entre el medio y los organismos y de los organismos entre si.

**ECOSISTEMA.-** Unidad estructural de organización y funcionamiento de la vida. Consiste en la comunidad biótica (plantas y animales) que habitan en una determinada área geográfica y todas las condiciones abióticas (suelo, clima, humedad, temperatura, etc.) que lo caracterizan.

**EFLUENTE.-** Fluido residual que puede contener sustancias peligrosas.

**EROSIÓN.-** Conjunto de fenómenos de desgaste que se producen en forma continua en la superficie terrestre por la acción conjunta del agua, hielo y de la atmósfera.

**EXTINCIÓN.-** Es la desaparición gradual o total de alguna especie de animal o vegetal por causas naturales o sociales.

**FAUNA.-** Conjunto de animales que pueblan o viven en una zona o región determinada.

**FLORA.-** conjunto de organismos vegetales que viven o pueblan una determinada región o zona.

**GESTIÓN AMBIENTAL.-** Se trata del conjunto de decisiones y actividades concomitantes, que se orientan al logro de un desarrollo sostenible, a través de procesos de ordenamiento del ambiente.

**GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.-** Es el conjunto de actividades como ser la generación, barrido, almacenamiento, recolección, transferencia, transporte, tratamiento y disposición final de residuos, de acuerdo con sus características, para l protección de la salud humana, los recursos naturales y el medio ambiente.

**INCINERACIÓN.-** combustión controlada y completa de residuos sólidos.

**LIMITE PERMISIBLE.-** concentración máxima o mínima permitida, según corresponda, de un elemento, compuesto o microorganismo en el agua para preservar la salud y bienestar humanos y el equilibrio ecológico, en concordancia con las clases establecidas.

**MEDIO AMBIENTE.-** Concepto muy amplio, que puede considerarse como la suma del medio físico, el medio natural y el medio socio cultural en el que nos desenvolvemos.

**METALES PESADOS.-** Elementos químicos, del grupo de los metales, que se caracterizan por poseer una densidad superior a 4.5 gr/cm<sup>3</sup> y masa atómica alta.

**PLAGUICIDA.-** Concepto genérico que se usa para designar a todos aquellos compuestos, naturales o sintéticos, empleados por el hombre para combatir los agentes responsables de las plagas y enfermedades causadas por agentes diversos.

**PRODUCCIÓN LIMPIA.-** Es aquella en cuyos procesos se emplean tecnologías apropiadas, con procedimientos industriales ecológicamente compatibles, con el uso racional de los recursos naturales y sin producir emisiones toxicas incontroladas.

**RECICLAJE.-** Proceso que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo productivo o de consumo, ya sea el mismo en el que fue generado u otro diferente.

**RECURSOS NATURALES.-** Todos aquellos bienes que pueden ser obtenidos de la naturaleza y que como tales, o tras sufrir un proceso de transformación, sirven para satisfacer las necesidades humanas.

**RELLENO SANITARIO.-** Obra de ingeniería para la disposición final segura de residuos sólidos en sitios adecuados y bajo condiciones controladas, para evitar daños al medio ambiente la salud.

**SUELO.-** Es la capa mas externa de la corteza terrestre, formada a partir de la alteración producida sobre las rocas superficiales expuestas a la acción de una serie de agentes físico – químicos.

**VECTOR.-** Cualquier material u organismo que pueda servir como vehículo transmisor de enfermedades a humanos o animales.

## 10 BIBLIOGRAFÍA

1. Reglamentos a la Ley de Medio Ambiente, Decreto Supremo 24176. Bolivia.
2. Modelo Guía para la Elaboración de Planes de Acción Ambiental Municipal, Fundación MEDMIN, Bolivia.
3. Manual practico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio, Jorge Villarroel. Cochabamba, Bolivia.
4. Enciclopedia Encarta, Microsoft Inc.
5. Protocolo de monitoreo de calidad de agua, Dirección General de Asuntos Ambientales. Perú.

### INTERNET:

6. [http://www.eseap.org/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/9E4440F53262118E03256DB8006C21FD](http://www.eseap.org/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/9E4440F53262118E03256DB8006C21FD). (14.02.06)
7. [http://www.eseap.org/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/](http://www.eseap.org/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/) (14.02.06)

## 11 ANEXOS

- ANEXO I** Mapas de ubicación de los puntos de muestreo de agua, suelos y Manejo de residuos sólidos
- ANEXO II** Resultados de laboratorio para agua y suelo Spectrolab
- ANEXO III** Tabla monitoreo de Agua y Suelo
- ANEXO IV** Tabla de valores permitidos para concentraciones de metales pesados en suelos