

Anexo 4: Situación Ambiental de la Subcuenca Poopó

1. Factor Agua

1.1. Descripción de la subcuenca

Ubicada a una altura media de 3.686 msnm, es de forma alargada, 330 km de largo por 83 km de ancho, caracterizándose su relieve por una planicie central que presenta una depresión en su parte meridional ocupada por el Lago Poopó, que sirve de nivel de base de la subcuenca. Esta se halla delimitada al norte y este con la cordillera Oriental, al Sur con las cordillera de Chichas y al Oeste con la serranías de Andamarca, Corque, Huayllamarca.

Las características de esta sub-cuenca¹ son:

Tabla 1: Cuencas Menores, Subcuenca del Lago Poopó

Inc.	CUENCA MENOR	Área Km ²
a.	Río Caquiza	4.472,0
b.	Río Márquez	2.980,0
c.	Río Sevaruyo	1.207,0
d.	Río Tacagua	1.487,0
e.	Río Juchusuma	407,5
f.	Río Pazña	200,0
g.	Río Antequera	270,0
h.	Río Poopó	147,5
i.	Río Huanuni	787,5
j.	Río Paria	760,0
k.	Río Millupuncu	75,0
l.	Río Kota Jahuirá	372,5
m.	Río Pongo	167,5
n.	Río Caracollo	1.207,0
o.	Río Azanaques	292,5
TOTAL		26.062,0

La cuenca menor del río Caracollo, nace en la cordillera Tres Cruces con alturas entre 5.000 y 5.500 msnm aproximadamente, bajando gradualmente hasta alturas de 3.728 msnm perdiéndose luego por infiltración y evaporación, formando en épocas de lluvia zonas de inundación en las proximidades de la ciudad de Oruro por el Norte, para luego unirse al actual cauce del río Desaguadero. Sus principales afluentes son los ríos: Harauni, Carapura, Viluyo, Rodeo, Jacha Jahuirá, Beke Chunga y una infinidad de quebradas.

Las cuencas menores de los ríos Pongo, Leque Palca y Millupampa, aportan sus aguas a una misma zona, próxima a la ciudad de Oruro; se originan en la cordillera de Tres Cruces más al Sur de la anterior

¹ Según clasificación propuesta por Geobol.

cuenca. Se consideran importantes por su aptitud para el riego. Son ríos que se insumen al entrar a la planicie, razón por la que son de interés por el aporte a acuíferos subterráneos de la zona.

La cuenca menor del río Paria, nace a una altura de 4.886 msnm, con el nombre de río Kojasca hasta la localidad de Tolapalca donde toma el nombre de la población homónima, aguas abajo al pasar por la localidad de Paria cambia de nombre hasta su confluencia, en su recorrido recibe innumerables afluentes los principales son los ríos: Chaquichaqui y Grande que forman el río Iruma y el río Jacha Uma. Es importante recalcar que esta cuenca se halla situada en zonas corrientemente agrícolas. En esta zona también se ha podido apreciar la presencia de microclimas que actualmente son utilizados por los pobladores de la zona en la siembra de legumbres y algunos cereales.

Las cuencas menores de los ríos Antequera, Poopó, Huanuni, Khatari, Junchusuma, Tacagua y Azanaques, de similar comportamiento hídrico y posición geográfica, tienen su origen en las partes altas de la cordillera de los Frayles, con valles profundos que bajan gradualmente hasta su nivel de base en el lago Poopó. En su recorrido por las faldas de las montañas, atraviesan zonas de sedimentos, que son utilizados en su mayoría para la agricultura. Las cuencas menores Antequera, Poopó y Huanuni debido al poco control que se tiene de sus aguas, son utilizadas indiscriminadamente en la minería, constituyéndose en una fuente de contaminación de las aguas del lago Poopó.

La cuenca menor del río Márquez, nace en las alturas de la cordillera de los Frayles, Depto. Potosí, aproximadamente a 4.500 msnm, con el nombre de Challahuri, en la confluencia con el río Hayña Japo toma el nombre de río Photiri. En su recorrido va formando valles profundos y el aporte de varios afluentes, al unirse con el río Kakena, vuelve a cambiar de nombre con el río Molino; entrando a una planicie toma el nombre de río Márquez hasta su confluencia con el lago Poopó. En este sector recibe el importante aporte del río Mulato.

La cuenca menor del río Caquiza, nace en las serranías de Huayllamarca a una altura de 4.000 msnm, uniéndose cerca de la localidad de Jankho Khala con el río Corque para luego discurrir en la llanura donde se insume. Estos ríos se hacen importantes en tiempo de lluvias inundando la llanura y confundiendo con los rebalses del río Desaguadero.

a) El lago Poopó.

Esta situado entre 18° 21' y 19° 10' de latitud Sud, 66° 50' y 67° 24' de longitud Oeste, con una altitud de 3686 msnm². En el lago Poopó, la cuenca lacustre es muy plana; sus orillas pueden desplazarse sobre grandes distancias en función de la irregularidad de los aportes, inunda ampliamente las pampas adyacentes bajo una capa delgada de agua, lo que dificulta el acceso a la navegación. La isla de Panza, situada en el extremo de una zona de poca profundidad, de acuerdo a la época de altas y bajas aguas, puede convertirse en una península.

Se distingue una zona central de 1.500 Km² con profundidades comprendidas entre 0,8 y 2,5 metros; 1,4 como promedio, y una zona periférica, de carácter temporal que puede alcanzar 1.000 Km², con profundidades inferiores a los 0,5 metros. La pluviosidad media alcanza apenas 300 mm/año y sus parámetros morfométricos³ son:

- Superficie total 2.530 Km²
- Profundidad máxima (Zm) 2,5 m

² Jorge Quintanilla, SINOPSIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL LAGO TITICACA Y POOPÓ (BOLIVIA), Rivista di Idrobiologia, Vol. XXIV, Università Degli Studi Di Perugia, Italia, 1986; pag. 95.

³ Jorge Quintanilla, lb. Idem, pag. 96.

- Profundidad promedio (Z) 1,4 m
- Relación Z/Zm 0,56
- Volumen total en época de aguas altas: 2.569 millones m³
- Volumen total en época de aguas bajas: 1.317 millones m³
- Promedio: 2.225 millones m³

De acuerdo a su morfología, línea de borde, en época de aguas altas, puede ser clasificado entre los lagos elípticos.

Según Boulange et al, el lago tiene una longitud máxima de 90 Km desde la desembocadura del río Desaguadero hasta el río Márquez y un ancho máximo de 53 Km. D'Orbigny en 1835 midió una longitud de 110 Km y un ancho de 20 Km. Neven-Lemaire en 1906 dio una longitud de 88 Km y un ancho de 40 Km⁴.

La longitud de sus costas en período de aguas altas es de alrededor de 310 Km. En el año 1977 se registro una diferencia de superficie de 630 Km² entre el período de altas y de bajas aguas. En 1982, luego de tres años consecutivos de sequía, el nivel del lago Poopó descendió al máximo. El Lago Uru-Uru se secó completamente. En 1984 después de una intensa estación lluviosa el lago Poopó recobró su altura máxima.

b) El lago Uru-Uru.

Al sur de la ciudad de Oruro, las aguas del río Desaguadero se desbordan sobre la pampa y forman el lago Uru-Uru, que tiene una forma triangular con un vértice dirigido al Sur y un cateto mayor con orientación Este-Oeste. El área de este lago en 1980 era de 280 Km² con un ancho máximo de 23 Km, un largo de 20 Km y una profundidad inferior a 1 m., con fluctuaciones constantes y crecientes⁵, su calidad química es casi similar a la del lago Poopó.

Entre el lago Uru-Uru y el Poopó, el río Desaguadero tiene una trayectoria de 30 Km de largo, considerando que el curso total del río Desaguadero tiene una longitud de 370 Km y una pendiente de 0.03 % en esta región que hace que se desborde fácilmente formando el llamado lago Soledad, aledaño al lago Uru-Uru.

⁴ Montes de Oca, ib. idem, pag. 250.

⁵ Montes de Oca, ib. idem, pag. 252.

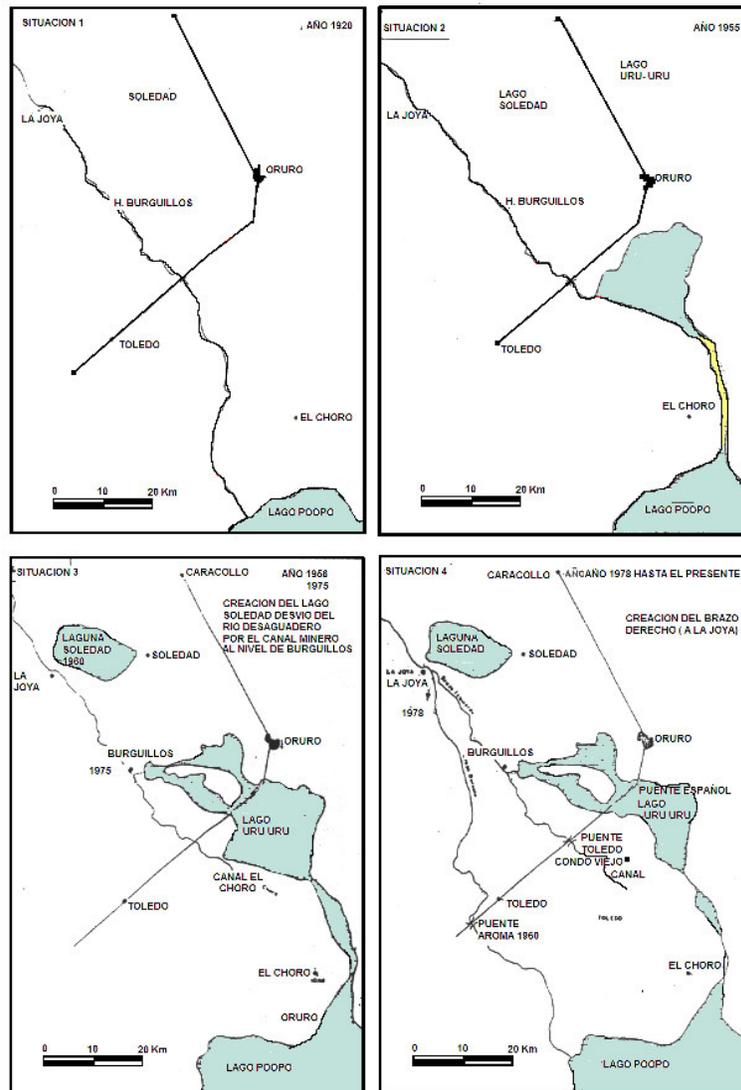


Ilustración 1: Formación Del Lago Uru Uru

La formación del lago Uru-Uru es reciente, data de 1955 y en 1975 con la ejecución de un canal de derivación, se modificó sensiblemente el aspecto de este lago. Los mapas disponibles sobre la hidrología de la región de 1920 no establecen este cuerpo de agua, existiendo solo un brazo que llega al lago Poopó, recientemente en 1978 se forma un segundo brazo, que sigue directamente al lago Poopó, de esta manera el curso del río Desaguadero, aguas abajo de Eucaliptus, a la altura de La Joya, se divide en dos brazos, por la baja pendiente, uno sigue hasta el lago Uru-Uru antes de llegar al lago Poopó; el otro, brazo derecho, se encamina directamente al lago Poopó⁶.

⁶

Comilagos, PLAN DIRECTOR GLOBAL BINACIONAL DE PROTECCIÓN - PREVENCIÓN DE INUNDACIONES Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS DEL LAGO TITICACA, RÍO DESAGUADERO, LAGO POOPÓ Y LAGO SALAR DE COIPASA (SISTEMA TDPS), Comisión de las Comunidades Económicas Europeas, 2 tomos, monografía, La Paz, 1993.

Toda la región entre La Joya y el lago Poopó, es una zona de depósito de sedimentos procedentes de aguas arriba, y consecuentemente el escenario hidrográfico es particularmente inestable y la morfología de los cauces muy poco definida. Así en tres cuartos de siglo, el Desaguadero ha divagado un ancho de más de 50 Km en una distancia aproximada de 80 Km que separa La Joya de la entrada al lago Poopó, esto implica una superficie del orden de 4.000 Km², en que se están depositando gran parte de los sedimentos aportados por el Desaguadero.

En este contexto, existen pocas referencias sobre la descripción y estudios específicos sobre este cuerpo de agua, el cual generalmente es considerado anexo al río Desaguadero.

1.2. Balance hídrico

Para el cálculo del balance hídrico se considera la ecuación general⁷:

$$P = \text{Evp.} + I + O \pm \text{Am} \pm U$$

donde:

P	Precipitación.
Evp	Evapotranspiración.
I	Infiltraciones.
O	Escurrentía superficial.
Am	Cambio de almacenamiento.
U	Flujo neto subterráneo entrante o saliente.

Para su aplicación se obtienen los siguientes resultados:

- Considerando el régimen de precipitación media, para 30 años de observación, de 272 mm, una temperatura media anual de 10,35 °C, se establece la evapotranspiración (Evp) de 239,79 mm.
- La infiltración (I) estimada por datos de Benitez, se establece en $I = 4,5\% = 12,24$ mm.
- Los aportes de aguas subterráneas (U) a la escurrentía superficial, por carencia de datos, se consideran nulas o igual a cero.
- Para determinar cambio de almacenamiento (Am) se considera el aporte del río Desaguadero que alcanza a 8,92 m³/seg aproximadamente.
- La escurrentía superficial (O) se obtiene de la fórmula del balance hídrico.
- Los resultados obtenidos, establecen la conclusión preliminar de que la precipitación se pierde en un 95.5% en forma de evapotranspiración y el 4.5% en forma de infiltración que llegaría a almacenarse en forma de aguas subterráneas de acuerdo a las condiciones del subsuelo.

Sin embargo, se establece que los datos relativos al balance hídrico del sistema son extremadamente reducidos, se supone que el lago Poopó es un medio cerrado ya que no posee efluentes. Las pérdidas de agua, que contrabalancean los aporte de los afluentes, el Desaguadero principalmente, y de las lluvias, no están aseguradas más que por la evaporación y las infiltraciones.

Quintanilla⁸ establece los siguientes criterios de balance:

⁷ GEOBOL, ESTUDIO INTEGRADO DE LOS RECURSOS NATURALES DEL DEPARTAMENTO DE ORURO, Memoria final, monografía, La Paz, 1979; pag. 137.

⁸ Jorge Quintanilla, ib. idem, pag. 112.

- **Pérdidas por evaporación:**

No existen medidas directas disponibles, tampoco es posible establecer estimaciones por balance térmico o hidrológico. considerando que las temperaturas del aire y del agua son en promedio más bajas en el lago Poopó que en el lago Titicaca y por otra parte la insolación es más grande, debido a la baja nebulosidad, y la humedad relativa más débil, el primer factor juega a favor de una disminución de la evaporación, los dos últimos, por el contrario, en favor de un aumento, se puede admitir que la evaporación del Poopó es de la misma magnitud que la del lago Titicaca, es decir 1,55 m/año, considerando una superficie media anual de 2.000 Km², el volumen de agua que se evapora es de 3.100 millones de m³. Esta consideración difiere de la expuesta por Geobol.

- **Aportes meteóricos:**

Considerando la carta de Isoyetas establecida por Bazoberry, 1968, la pluviosidad se estima en 300 mm/año; lo que representa una cantidad de agua igual a 600 millones de m³ de precipitación anual sobre el lago.

- **Pérdidas por infiltración y aportes fluviales:**

Considerando los datos disponibles, mediante un balance de aporte fluvial, evaporación menos aportes por lluvias, y un balance de concentración salina, se establece que el aporte fluvial es de 2.560 millones de m³ y el volumen de infiltraciones es de 62 millones de m³.

- **Renovación de las aguas:**

Considerando un volumen aproximado de 2.225 millones de m³, la renovación media anual de las aguas lacustres es de 142%, con un tiempo de residencia de 8,5 meses, lo que significa que la circulación del agua representa el paso de un volumen 1,5 veces superior al volumen de agua mantenido en el lago.

Estos criterios permiten establecer el equilibrio medio anual que caracteriza una renovación muy elevada de las aguas, cerca de 100 veces más alta que la del lago Titicaca⁹, donde los aportes están asegurados principalmente por los afluentes (82% del total) y las pérdidas por evaporación son predominantes (98% del total).

Desde el punto de vista de su equilibrio, los aportes meteóricos débiles, así como el volumen pequeño de las infiltraciones y la ausencia de un efluente hacen del lago Poopó una cuenca de fuerte concentración de salinidad de las aguas de origen fluvial.

⁹Jorge Quintanilla, ib. idem, pag. 116.

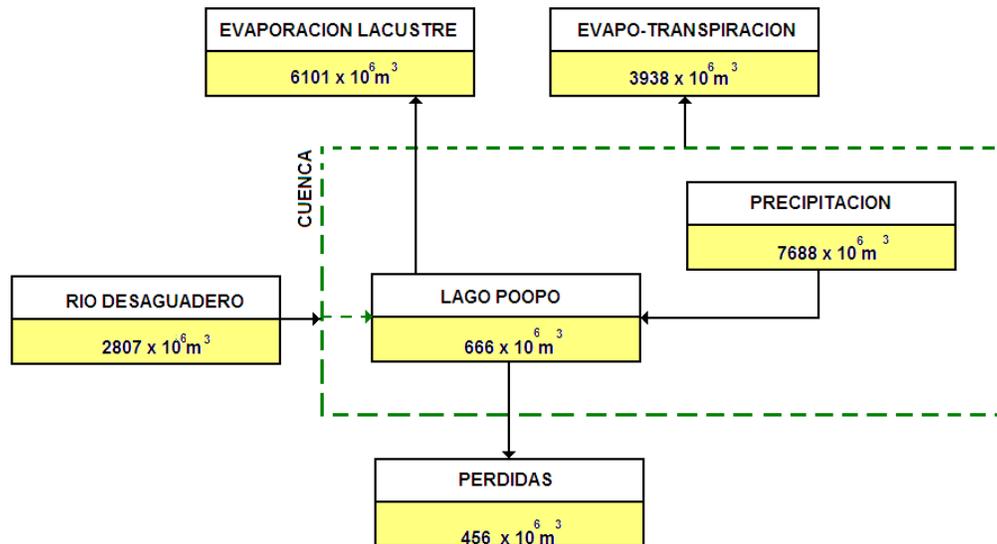


Ilustración 2: Balance Hidrico Subcuenca

1.3. Contaminación Natural

Los elementos de contaminación natural comprenden las concentraciones de: arsénico, plomo, antimonio, la salinidad y los sólidos disueltos.

Las investigaciones del PPO (1997), han permitido establecer el origen de la contaminación natural de los elementos pesados en las siguientes fuentes:

- El 85% del arsénico transportado por el agua superficial al lago Poopó tiene origen natural, en el interperismo de vulcanitas de Mioceno en la cuenca colectora del río Mauri y de vulcanitas de Mioceno tardío/Plioceno en la meseta de Los Frailes, en las cuencas colectoras de los ríos Márquez y Sevaruyo. La contribución de arsénico debido a las minas y al procesamiento de minerales, es poco significativa.
- El antimonio de origen natural no sigue el mismo patrón que el arsénico, puesto que deriva evidentemente del cinturón de rocas sedimentarias del Paleozoico que albergan mineralizaciones de oro-antimonio, y el río Márquez el principal afluente sud del lago Poopó.
- El plomo de origen natural sobrepasa a la fracción antropogénica y alcanza al 75% del aporte total, la fuente dominante son las vulcanitas y mineralizaciones asociadas de la caldera de Soledad al norte del lago Uru Uru.

Respecto de la salinización y los sólidos disueltos, la comprensión de la contaminación natural, necesariamente se relaciona a la regulación hídrica y debe ser evaluada en base de un balance de la cuenca mayor, el TDPS. Una importante contribución se establece a partir de la investigación desarrollada por Quintanilla¹⁰, considerando las siguientes bases:

- La circulación de sales disueltas a través del Poopó está regulada por los aportes fluviales (el Desaguadero es alimentado por el río Mauri y en menor proporción por el río Márquez) y las

¹⁰Jorge Quintanilla A.; SINOPSIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL LAGO TITICACA Y POOPÓ, en Rivista di Idrobiología, Università Degli Studi di Perugia, 1986.

pérdidas por infiltración y por sedimentos biogeoquímica. Se asume que el 92.5% de las aguas fluviales es recibida del Desaguadero y el 7.5% del río Márquez. Se utiliza un volumen de agua fluvial igual a $2.56 \times 10^9 \text{ m}^3$.

- Se asume que, en promedio, la composición química de las aguas que se infiltran es próxima a la de las aguas lacustres que se hallan en la parte sud-oeste del lago. En consecuencia la pérdida de sales disueltas por infiltración, tomando como volumen de agua que se infiltra es $0.062 \times 10^9 \text{ m}^3$.
- Las pérdidas de sales disueltas por sedimentación química son obtenidas por diferentes, aportes fluviales menos pérdidas por infiltración, suponiendo que las pérdidas contrabalancean el promedio los aportes.
- En base de la composición media de las aguas lacustres, tomando el volumen el lago igual a $2,225 \times 10^9 \text{ m}^3$, se deduce las diferentes reservas de sales disueltas y se determina el tiempo de residencia de las especies químicas.

De los resultados se establece las siguientes observaciones:

- Los principales aportes de salinidad y sólidos disueltos se presentan en los afluentes del lago, la salinidad por medio del río Desaguadero y de sílice por medio del río Márquez. Los aportes de salinidad del río Desaguadero, han sido fundamentados en otros trabajos académico, identificando al río Mauri como uno de los más importantes tributarios de la salinidad.
- La sílice es casi totalmente eliminada por sedimentación; una fracción importante de $\text{CO}_3^{=}$, $\text{SO}_4^{=}$, Ca^{++} , Mg^{++} sedimenta igualmente, al contrario se puede considerar que el Na^+ no sedimenta y que la concentración de K^+ es muy débil.
- Los iones Na y Cl son eliminados por infiltración. Por el contrario casi todos los aportes en sílice disuelta y en carbonatos sedimentan en el mismo medio (respectivamente 99% y 94%).
- Las sedimentaciones de Ca^{++} , Mg^{++} y $\text{SO}_4^{=}$ son igualmente importantes (respectivamente 75%, 045% de sus aportes anuales).
- Como las reservas de sales del lago son débiles, la renovación anual de los elementos disueltos es bastante elevada, especialmente para los que sedimentan en parte en el lago. Así el tiempo de residencia de Na^+ y Cl^- es de 26,5 años, el de sílice disuelta de una semana.

En consecuencia, relacionando la regulación hídrica del lago Poopó, se establecen las siguientes conclusiones sobre la salinización:

- La renovación de aguas en el Poopó, alcanza el orden de 142%, respecto del lago Titicaca que esta en el orden de 1,8%.
- El factor de concentración de salinidad en el Titicaca es de 4.9, mientras en el Poopó alcanza a 30.5. En el lago Poopó la salinidad media llega de 26 a 30 g/l (aumenta de norte a sud, de 3 g/l aproximadamente a 60 g/l; la suma de Na^+ y Cl^- representa el 75% del total. Esto hace que el lago Poopó sea un medio muy inestable, debido a la gran variación de volumen de agua, se produce también una variación en la concentración; que representa una de las limitaciones respecto de las especies o comunidades biológicas con gran capacidad de adaptación. Marín y Quintanilla (2002), señalan que el principal factor de la reducción de la fauna íctica en el lago, es la salinización del medio acuático.

Los peces pueden soportar concentraciones de sal hasta 39 g/l, agua de mar, los valores que presentan muchas regiones del lago exceden este valor. La salinidad afecta al pez en su estructura fisiológica, ya que si existe una mayor concentración de sal en el medio, hace que el pez pierda su agua corporal causando su muerte.

- Sin embargo, los valores reales que pueda presentar la concentración salina en el medio acuático, posiblemente sean menores a los pronosticados por esta investigación, en razón, como se ha demostrado existe una sedimentación química de ciertos elementos, que influyen en el equilibrio del agua.

Se concluye que las aguas del sistema fluvio lacustre del altiplano evoluciona hacia un espectro químico de cloruro de sodio.

1.4. Contaminación Antrópica

Las fuentes de contaminación antrópica de los ríos de la región pueden ser identificadas por dos causas principales;

- Contaminación derivada de las actividades minero - metalúrgicas, constituyéndose esta en la principal fuente de deterioro ambiental.
- Contaminación por efecto de asentamientos urbanos y actividades inherentes no industriales.

a) Contaminación por actividades minero-metalúrgicas.

En la región se identifican, alrededor de 300 minas en actividad, que incluyen la minería grande 6 empresas, mediana 4 empresas, y pequeña incluidas cooperativas, ubicadas predominantemente en la cordillera oriental frente al lago Poopó. Según fuentes documentales, la contaminación por efecto de esta actividad económica, corresponde a las regiones de las cuencas menores de los ríos Desaguadero, Pazña, Antequera, Poopó y Huanuni. Debiendo incluir los efectos puntuales sobre ríos menores, sobre los que se encuentran establecimientos mineros.

La figura presenta los principales centros mineros ubicados en el contexto de la zona de estudio.

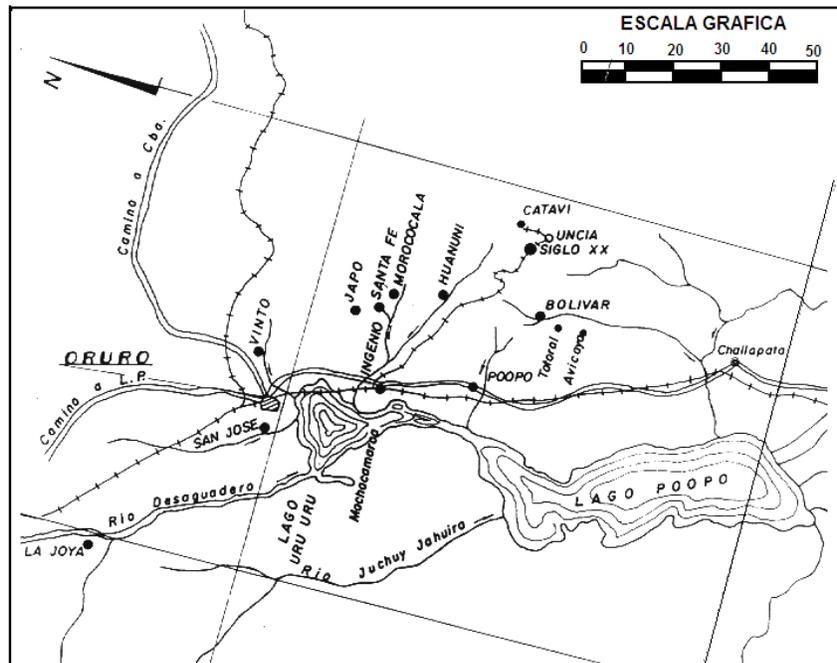


Ilustración 3: Principales Areas de Explotacion Minera¹¹

En la base explicativa de la contaminación por actividades minero-metalúrgicas se expresan la combinación de los efectos inducidos por la explotación, que provienen principalmente de los procesos físico-químicos cuyo resultado produce la solubilización de los elementos de las capas geológicas, que se liberan al contacto con el agua empleada; este proceso incide en los componentes mayores y menores de la formación existente. Si bien este es un efecto no explícitamente contemplado en las labores de explotación, su magnitud es altamente significativa para la explicación de la problemática de contaminación y debe necesariamente ser incluida como resultado de la explotación minero-metalúrgica.

Las acciones de tipo directo devienen de la naturaleza de las prácticas de explotación como de las tecnologías empleadas y deben diferenciarse a los tipos de asentamientos existentes, es decir a la explotación minera como etapa extractiva y a los ingenios asentados, cuyo proceso se deriva de operaciones físico-químicas de concentración de minerales.

La naturaleza de los minerales que se explotan en la región muestra que la mayoría de estos son de tipo sulfuroso, pues aún los yacimientos de casiterita como los de Huanuni, tienen un apreciable contenido de sulfuro de hierro. Esta particularidad de los minerales hace que por ejemplo las aguas de mina sean el principal mecanismo de contaminación ambiental en la región, localizado puntualmente en los asentamientos de tipo extractivo, que vienen cargadas en forma incidente con ácido sulfúrico y sulfatos, con un pH que oscila alrededor de 3. Los desechos mineros, consistentes en desmontes, portando cantidades variables de compuestos, al ser depositados en forma libre y abierta en las márgenes de los ríos, se someten a procesos de lixiviación, siendo uno de los factores de mayor incidencia en las cargas contaminantes, al mismo tiempo que su control es prácticamente inviable, por la carencia de sistemas planificados con este propósito.

¹¹

Aramayo, 1992.

Tabla 2: Análisis de agua de la mina de los principales centros mineros de la región¹²

Contaminante	Unidades	Mina Bolívar	Mina Huanuni	Mina Santa Fe	Mina San José
pH		2.5	2.5	3.0	1.0
Hierro total	mg/l	0.13	3.24	2.59	7.04
Magnesio	mg/l	62.00	38.00	57.00	220.00
Calcio	mg/l	78.00	11.00	58.00	142.00
Plomo	mg/l	1.00	0.35	0.30	53.00
Manganeso	mg/l	2.00	6.00	2.00	12.00
Cobre	mg/l	0.20	8.30	0.30	25.00
Zinc	mg/l	235.00	139.00	74.00	98.00
Cromo	mg/l	0.40	1.50	1.20	6.90
Arsénico	mg/l				40.00
Cadmio	mg/l	1.10	3.60	0.60	2.40
Sulfatos	g/l	1.01	2.32	1.53	7.44

En forma general el agua orienta los asentamiento mineros, por los requerimientos de este insumo para la explotación, sin embargo no existen criterios básicos sobre una gestión adecuada de este recurso, la reutilización de aguas residuales se aplican a los procesos metalúrgicos, incorporando efectos adicionales, que en el resultado final imposibilita o dificulta lo que en una práctica racional debería constituir el tratamiento de estos efluentes.

La contaminación de los ingenios o plantas metalúrgicas deviene de su naturaleza y el empleo de reactivos químicos en operaciones de concentración. Como es bastante conocido el tratamiento de los minerales sulfurosos tanto en forma individual como en agrupaciones de ellos, se efectúa por flotación, principalmente, en cuyo proceso los reactivos tienen el propósito de modificar las propiedades de interfase de sólidos/líquidos y permitir la flotación selectiva de los minerales de interés en la explotación, esto implica el uso de una diversidad de reactivos químicos: cal, ácido sulfúrico, cianuro de sodio, sulfato de cobre, xantatos y ditiofosfatos, además de productos orgánicos, diversidad de compuestos orgánicos como aceites y otros, cuyo efecto toxicológico afecta directamente al hombre y a los animales. En este caso, particularmente de los ingenios cuyo asentamiento se hace extensivo a la cordillera Oriental, la problemática de contaminación es resultado de la falta de eliminación de contaminantes que son expulsados o vertidos en la concentración resultante de su utilización en los procesos.

Este es el contexto del origen de la contaminación, cuyos efectos no se sitúan exclusivamente a la operación de estos centros, sino tienen efectos residuales que subsisten más allá del período de explotación a que son sometidos, y al mismo tiempo la contaminación en la región por su vertido a las corrientes de agua.

La posibilidad de establecer metodologías y tecnologías de tratamiento adecuadas radica en controlar e interrumpir los procesos adversos que se hallan involucrados en la naturaleza de los minerales explotados y en las prácticas existentes, esto implica por ejemplo reducir el grado de oxidación de los minerales, cuyo resultado es la formación de ácido sulfúrico, y controlar los tenores de vertidos en los ingenios existentes.

¹² COPLA, PIIQ-UTO; PROYECTO DE RECURSOS NATURALES Y PRESERVACIÓN ECOLÓGICA, Oruro, 1994.

1.5 Descripción situacional por ríos

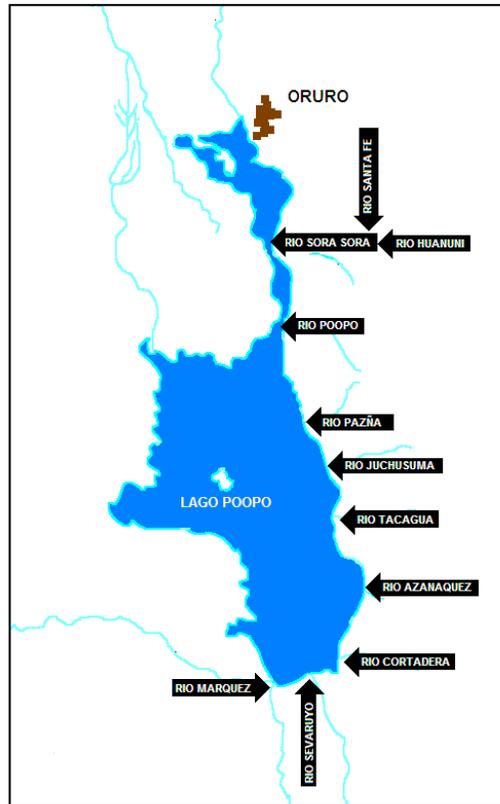


Ilustración 4: Ubicación Esquemática de los Ríos de la Subcuenca del Lago Poopó

Para la evaluación de ríos principales, se ha realizado la selección de la información existente, la que comprende los siguientes ríos: Huanuni, Sora Sora, Poopó, Pazña, Juchusuma, Tacagua, Azanaques, Cortadera, Sevaruyo, y Márquez.

a) Río Huanuni

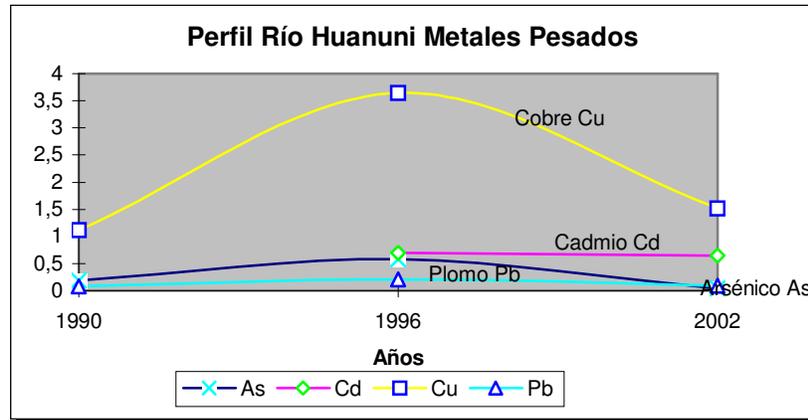
El río Huanuni nace cerca de la población de Siglo XX, provincia Bustillos del Departamento de Potosí, escurre a lo largo de 55 Km hasta desembocar en el río San Juan de Sora Sora, donde confluyen además las aguas del río Santa Fe; su principal tributario es el río Ventamedia. El río pasa por el centro minero de Huanuni, donde se vierten las aguas de mina y del ingenio, pasando por la población, donde recibe las aguas residuales urbanas de carácter doméstico, y finalmente por la zona baja, donde operan las cooperativas mineras.

El comportamiento de las aguas del río Huanuni, que se puede generalizar a otros ríos afectados por la contaminación minera, considerando la información pertinente para tres años, 1990, 1996 y 2002, mediante los perfiles correspondientes de los cuales se observa:

- En los tres años considerados se puede observar que el comportamiento del PH tiene un carácter creciente, es decir se incrementa desde valores ácidos, pH de 3, en 1990, a valores de pH bajos, pH de 3.8 en 1996 y a pH moderadamente ácidos, pH 6, en 2002; esta reducción de los niveles del pH responde a tres momentos diferentes en el comportamiento

de la producción minera, la primera respecto de la reducción de la explotación minera, en la fase propiamente estatal de la explotación, la segunda en la transferencia de la empresa a operaciones de riesgo compartido y la última respecto de la operación de la explotación bajo las nuevas condiciones del centro minero.

Figura: Comportamiento río Huanuni



- Si bien existe un mejoramiento relativo sobre la calidad del agua respecto del PH, el comportamiento de aniones, principalmente de los sulfato muestra un comportamiento creciente en el último período este se debe esencialmente a las condiciones de operación de la explotación minera, los niveles de referencia, para 1996, responden a la contaminación activa de operaciones mineras que no corresponden a la empresa, que son propias de las cooperativas mineras de la zona.
- En el comportamiento de los metales, se observa un declinamiento en las concentraciones, particularmente en el período 1996 a 2002, esta declinación corresponde a las modificaciones que se presentan en el pH de las aguas, las mismas que presentan condiciones para la deposición de los metales pesados.

De los antecedentes se establece que (CACC, 2003) el cadmio, cobre y hierro, se encuentra con valores sobre el límite de la norma, se establece la clase D. El perfil de concentraciones observa un comportamiento creciente en la contaminación, donde los valores son bajos en los puntos precedentes a las actividades mineras y la población, con una calidad similar a muchos cuerpos de agua de la región.

A partir del ingenio Santa Elena y del vertido de aguas de mina, la calidad se deteriora al extremo, con características de contaminación minera, por otra parte, los vertidos de aguas servidas de la población producen una contaminación orgánica severa, que complejiza el agua del río, produciendo una degradación de su calidad. Las fuentes de contaminación tienen origen en las actividades mineras y urbanas de la población.

Aguas arriba las características físico química del agua presentan niveles moderados de contaminantes, propios de la contaminación natural por la mineralogía de la zona, estas condiciones se deterioran en su paso por la población y las instalaciones mineras de la empresa y las cooperativas, incrementando su caudal.

Por las observaciones se puede establecer dos segmentos del río donde se presenta variación de la calidad del agua, una parte afectada por la contaminación natural y otra por la contaminación antrópica.

El perfil de caudales presenta una tendencia creciente, debido a los importantes aportes primero de las actividades mineras y urbanas a través del vertido de sus aguas residuales y luego por la confluencia del río Venta y Media, que permite un incremento considerable del caudal.

El río Huanuni vierte sus aguas al San Juan de Sora Sora, nace en las vertientes de la población de Bombo, en ese sector el terreno es abrupto, poco habitado y con un aprovechamiento extensivo de la ganadería, las aguas solo tienen uso para la toma del ganado, mostrando que la calidad de las aguas tiene un pH de 7,9 a 8,3 ligeramente alcalino, mientras que la calidad para la aptitud de riego es S1 bajo contenido de sodio y C1 bajo contenido de sales, que son aguas muy recomendables para el riego, pero el caudal es casi insuficiente ($0,53 \text{ m}^3/\text{s}$ a $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$), solo apto para pequeñas áreas.

Mientras aguas debajo de la población de Huanuni, las aguas se contaminan con los residuos que vierte la mina y aguas abajo aún realizan el lavado de esos concentrados con la misma agua, es así que el pH oscila entre 3,5 a 3,9 muy ácido, el caudal medido fue de $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$ a $0,32 \text{ m}^3/\text{s}$, mostrando que esta agua tienen un contenido bajo en sodio S1 y alto contenido en sales C3, que no es apto para el riego, más al contrario existe un alto riesgo de contaminación hacia las tierras de cultivo, por la degradación de la cobertura vegetal, con efectos nocivos para la flora y fauna acuática.

Las aguas del río Huanuni presentan niveles elevados de concentración de cadmio $1,79 \text{ mg/l}$, arsénico $0,135 \text{ mg/l}$, plomo $0,095 \text{ mg/l}$ y zinc con 53660 mg/l , esta concentración está por encima de los límites permisibles. Aún así la población que habita en las riberas, continúa con la labor agrícola y ganadera, el peligro está en la contaminación de las aguas subterráneas y el arrastre de los sedimentos por parte del viento a otros sectores.

El agua del río Huanuni presenta características severas de contaminación minera y urbana, esto se refleja en la comparación de los valores recomendados por la OMS y los resultados analíticos obtenidos, lo que determina que en la mayor parte del curso del río el agua no es apta para consumo de la población presentando problemas de potabilidad.

b) Río San Juan de Sora Sora

En el río San Juan de Sora Sora, confluyen las aguas que bajan por el río Santa Fe, que pasan por el centro minero del mismo nombre y Morococala, otro centro minero de la región, además del río Huanuni, cuyas características han sido descritas en el inciso anterior.

De los antecedentes se establece que el cadmio, el plomo, los sólidos disueltos, sulfatos, cobre y hierro, se hallan fuera de la norma, y el río corresponde a la clase D.

Del perfil de concentraciones, se establece que existe una contaminación combinada de carácter antrópico, por la acción aguas arriba de la actividad minera y las poblaciones urbanas, que vierten sus aguas residuales al río, siendo estas las principales fuentes de contaminación.

El perfil de caudales muestra un incremento en la zona analizada, debido a aportes de agua por la actividad que se desarrolla en sus riveras, comprende la parte terminal de descarga de la actividad minera de Santa Fe, Morococala y Huanuni.

El río arrastra grandes cantidades de piedra de río y arena gruesa, provocando una erosión hídrica en las riberas. El caudal varía de $0,75 \text{ m}^3/\text{s}$ a $1,38 \text{ m}^3/\text{s}$, el pH de 3,5 muy ácido, no apto para el consumo, la calidad del agua es S1 que significa bajo contenido de sodio y C3 alto contenido de sales, que no es apto para el riego. Estas aguas son una fuente de contaminación del lago Uru Uru y por ende del Poopó.

Los elementos que sobrepasan los límites permisibles son el cadmio con 0,622 mg/l, el plomo con 0,063 mg/l, el zinc con 20,73 mg/l y el cromo VI que se encuentra en el tope del límite. Estos resultados confirman el alto riesgo de estas aguas.

Por la naturaleza de la contaminación, principalmente por las cargas contaminantes metálicas, expresadas en un pH ácido, el agua de este río no es potable y constituye una fuente de riesgo a la salud de la población, esto se expresa en el cuadro siguiente de comparación con los valores recomendados por la OMS.

c) Río Poopó

El río Poopó, que nace en las partes altas de la cordillera de los Frayles, que atraviesa valles profundos, para pasar por la localidad de Villa Poopó, para verter sus aguas al lago Poopó, donde se ubican importantes actividades de empresas mineras y cooperativistas.

De los antecedentes se establece que el cadmio, el plomo, los sólidos disueltos, cloruros, sodio y hierro, presentan concentraciones fuera de la norma. El río Poopó, corresponde a la clase D.

El comportamiento de la DQO presenta un sentido decreciente, en tanto los valores de oxígeno disuelto y cadmio presentan ligeras variaciones, se identifican como fuentes de contaminación las actividades mineras emplazadas en esta región, que se expresa en un incremento extremo en la salinidad, dividiendo por la influencia de los asentamiento mineros el río en dos segmentos, el primero aguas arriba, con una salinidad moderada, apto para riego, aguas abajo, con una alta salinidad, aguas no aptas para riego. Una fuente adicional de contaminación natural son las aguas termales subterráneas que afectan el régimen térmico del río.

El río presenta un comportamiento decreciente de caudal, por los usos tanto en la población como en las actividades mineras y el régimen hídrico, sus aguas son permanentes, en los bordes del río hay presencia de sedimentos color ladrillo, también existen algas, esta agua, es utilizada como abrevadero de animales domésticos. Los suelos que circundan al río presentan una textura arenosa, por la aptitud de uso que presentan estos suelos siembran cultivos de cebada y papa, existen también pastos nativos, que son aprovechados por el ganado, específicamente los ovinos, vacunos y camélidos.

Para la evaluación química de la calidad del agua del río Poopó con fines de riego se considera aspectos como ser: El pH que varía de 9.5 – 8.5, es considerada como alcalina. El valor de la conductividad eléctrica es de 300 micro-siemens /cm. Esta conductividad (C2) es considerada media, de buena a tolerante e indica que se encuentra dentro del rango permisible para el uso de aguas con fines de riego. Aguas debajo conductividad eléctrica de 8180 micro-siemens/cm (C4) no es apropiado para riego bajo condiciones ordinarias, en caso de siembra se debe seleccionar cultivos altamente tolerantes a sales.

De acuerdo con el valor de la Relación de Adsorción de Sodio (0,89 me/l) y con la clasificación propuesta por Riverside, las aguas arriba del Río Poopó corresponden a una clase de calidad S1. Las aguas de esta clase son consideradas como bajas en Sodio y pueden ser usadas para regar la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. Aguas debajo de este río presentan una relación de adsorción de sodio de 39.80 me/l, esta agua es inadecuada para riego excepto cuando su salinidad es baja o media.

En términos de contaminación ambiental en el río Poopó, la presencia de parámetros como el arsénico que varía de 0,008 – 0,005 mg/l no sobrepasa el límite permisible de 0,1 mg/l; el elemento cianuro (0,002 mg/l) presenta valores por debajo de los límites de las normas, el contenido de cloruros aguas arriba contiene 27.65mg/l esta presenta casi al nivel de la norma, aguas abajo el río contiene 2618 mg/l este parámetro se encuentra fuera de los límites permisibles. Eaton (1944) indica que el boro es un

micronutriente esencial para el crecimiento normal de los cultivos, el río Poopó contiene 0,56 mg/l de boro aguas arriba y se encuentra dentro del límite de tolerancia de 1,0 mg/l y aguas debajo de 5,2 mg/l, el cual presenta toxicidad de las aguas del río.

El río presenta condiciones de contaminación que determinan que sus aguas no sean aptas para consumo humano; aguas arriba presenta variaciones de contaminación orgánica por efecto de las actividades agropecuarias, aspecto que requiere una evaluación sobre la necesidad de tratamientos y potabilización de sus aguas.

d) Río Pazña

El río Pazña comprende la parte final de la cuenca menor del río Antequera, que se origina en proximidades de la población de Crucero, provincia Poopó, en su recorrido pasa junto a la población de Pazña donde toma su nombre, escurriendo 27 Km hasta echar sus aguas en las proximidades del lago Poopó. En su recorrido pasa por importantes distritos mineros del Cañadón Antequera, conformada por un grupo importante de empresas mineras.

De los antecedentes se establece que las concentraciones de cadmio y sulfatos se encuentran fuera de la norma, su clasificación corresponde a la clase D.

El río Pazña se forma de la confluencia de los ríos Antequera, retenido por una laguna ácida, afectado por contaminación minera severa. y del río Urmiri, caracterizado por una alta salinidad, en consecuencia tiene características derivadas de la hidroquímica por la mezcla de estos, el perfil de concentración muestra una variación ligera en la demanda química de oxígeno y en el oxígeno disuelto, esos parámetros expresan la variación de la salinidad final que tiene un ligero incremento en el perfil del río y una ligera recuperación del pH que varía de 5.5 a 5.8.

El perfil de caudal, muestra una ligera variación de decremento en el curso del río que pasa de 0.4 m³/seg. a 0.336 m³/seg., este comportamiento se debe a mermas por infiltración en la zona de descarga orientada a la planicie que forma el lago Poopó.

En el río Pazña, sus aguas son permanentes, con presencia de sulfuros de hierro, sales calcáreas y desechos de basura en los bordes del río, presenta abundante cantidad de piedra en el fondo del río, utilizan también estas aguas para toma de los animales domésticos. Existe contaminación antrópica por las minas de cañadón Antequera (Totoral, Avicaya y Bolívar). Y no así contaminación natural del río.

Los límites de parámetros físico – químicos de clasificación que presenta el río Pazña son: pH que varía de 5.5 a 5.8 considerado como ácido, una conductividad eléctrica de 1470 a 1560 micro-siemens /cm, clasificado como (C3) alto contenido de sales, no puede usarse en suelos con deficiente drenaje y se necesita prácticas especiales de control de salinidad y en cultivos con buena tolerancia a las sales. Los suelos que circundan el río Pazña presentan un drenaje moderado, entonces, la utilización de las aguas de este río se debe utilizar para riego no frecuentes. La Relación de Adsorción de Sodio varía de 2.29 a 2.98 meq/l clasificado a una clase de calidad S1. Las aguas de esta clase son consideradas como bajas en Sodio y pueden ser usadas para regar la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

En términos de contaminación ambiental, el río contiene, arsénico de 0,005 a 0,003 mg/l, el contenido de cloruros varía de 376.6 a 404, mg/l, 0,50 a 0,67 mg/l de boro y el contenido de bicarbonatos de 24.4 mg/l son aguas que son buenas para riego y se encuentra dentro del límite de tolerancia.

Por la naturaleza de la contaminación de las aguas del río Pazña, estas no son aptas para consumo humano teniendo contenidos elevados de metales pesados, sólidos disueltos y salinidad, como factores limitantes de su aplicación en uso doméstico.

e) Río Juchusuma

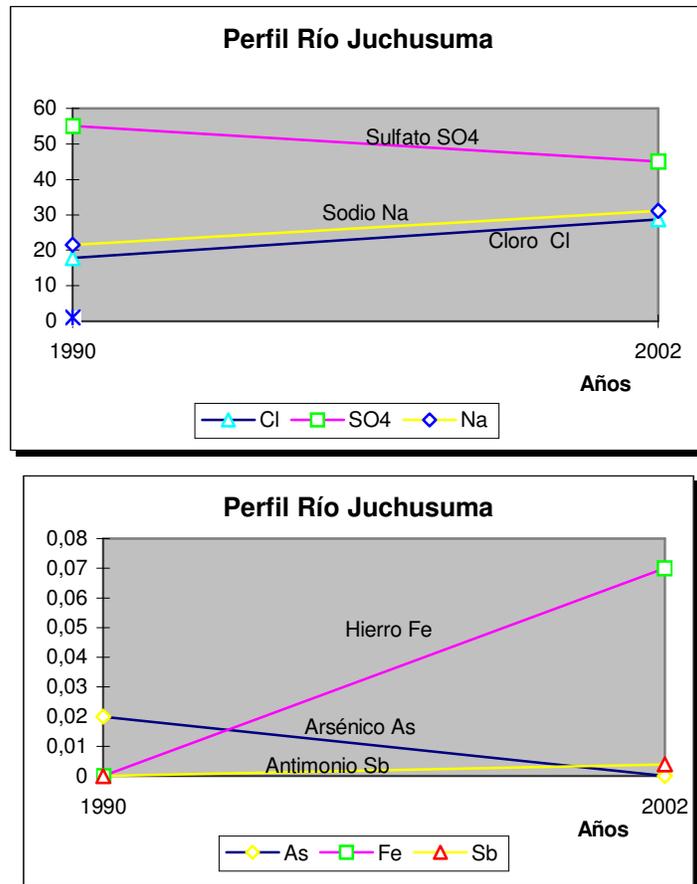


Ilustración 5: Comportamiento Río Juchusuma para Diferentes Períodos

El río Juchusuma nace en proximidades de la población Ventilla, provincia Avaroa, tiene una longitud de 28 Km y desemboca en el lago Poopó, recibe como afluente por la margen derecha al río Peñas. Este río en su recorrido comprende varias poblaciones dispersas de vocación agropecuaria, sin ningún establecimiento minero o población importante.

El perfil comprende los años 1990 y 2002, figura, con los siguientes elementos de evaluación:

- En los años considerados el pH tiene un incremento a valores alcalino, este comportamiento se explica por el contenido de cloruros, es decir un proceso de salinización que es corroborado por la concentración de sodio, sin embargo en este período se observa un descenso en los valores de sulfatos reportados en 1990, estas variaciones explican el incremento del pH en el comportamiento hidroquímico del cuerpo de agua.
- Respecto de los cationes, se observa un incremento del hierro, que puede deberse a las características geológicas de la zona, al mismo tiempo que un decremento en las

concentraciones de arsénico, explicable por las mismas variaciones señaladas para los sulfatos, existe un incremento ligero en la concentración de antimonio que es explicable solo por procesos de contaminación natural en la región.

Los antecedentes establecen que la concentración de cadmio presenta valores fuera de norma y corresponde a la clase D.

El perfil de concentraciones presenta una variación en la concentración de la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno, en tanto se mantiene con ligeras variaciones las concentraciones de cadmio y de oxígeno disuelto, este comportamiento presenta una importante contaminación de cargas orgánica combinadas con variaciones moderadas ligeramente crecientes de salinidad, acompañadas por variaciones de pH en el rango alcalino. La contaminación es un factor combinado de dos fuentes, por una parte la contaminación antrópica derivada de actividades agropecuarias y poblaciones dispersas, por otra la contaminación natural de salinidad y elementos mineralizados. El agua sin embargo presenta un nivel moderado de salinidad que la hace apta para uso en riego.

El perfil de caudales, presenta un sentido creciente moderado, en su primer tramo, y un crecimiento pronunciado, tramo medio, para estabilizarse en el último segmento, antes de su vertido en el lago Poopó. Esta gradiente de caudales corresponde a la gradiente de salinidad del curso de río y se origina en aportes de fuentes secundarias con cargas de salinidad.

Las aguas del río Juchusuma son permanentes, en época de lluvias arrastra abundante piedra, en las orillas existe bastante algas y sales, estas aguas son usadas también como abrevaderos para los animales domésticos aguas arriba no existe contaminación, pero aguas abajo si existe contaminación antrópica por uso doméstico.

Los parámetros físico – químicos del río Juchusuma son: pH que varía de 8.7 a 9.1 considerado como alcalino, una conductividad eléctrica que varía de 339 a 709 micro-siemens/cm, clasificado como (C2), la Relación de Adsorción de Sodio varía de 0.82 a 1.43 meq/l clasificado a una clase de calidad S1. La clasificación de estas aguas para riego según Riverside determina una clase de tipo C2S1 estas aguas son consideradas como de salinidad media y pueden ser usadas siempre y cuando haya un grado moderado de lavado, en casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad, se pueden cultivar plantas moderadamente tolerantes a las sales.

El contenido de cloruros varía de 27.5 a 58.62, mg/l, de 0.29 a 0.77 mg/l de boro y el contenido de bicarbonatos 122.0 a 158.3 mg/l son aguas que son buenas para riego y se encuentra dentro el límite de tolerancia.

Aplicando la norma de la OMS se observa que el agua del río Juchusuma, presenta problemas de potabilidad respecto de la presencia de cadmio, coliformes fecales, arsénico y un pH alcalino, por lo que necesariamente para su consumo debe ser tratada por métodos fisicoquímicos.

f) Río Tacagua

Este río nace con el nombre de río Crucero en la cordillera de los Frailes, Provincia Pagador, comprende una longitud de 70 Km hasta desembocar en el lago Poopó, en su recorrido forma el embalse o represa de Tacagua cuyas aguas son utilizadas en la agricultura y ganadería de la zona, a partir de este se constituye en río intermitente hasta el lago Poopó; sus afluentes por la margen derecha son los ríos Huancani y Tayuma, mientras que por la margen izquierda recibe al río Wila Wila.

No presenta parámetros críticos, de acuerdo a la normativa, corresponde a la clase B.

El perfil de concentraciones presenta una inflexión en la DQO en la parte central del río, que se explica por la conductividad que expresa la presencia de salinidad media, debido a contaminación natural, por acumulación en el embalse. El origen de esta contaminación puede deberse a fenómenos de erutriación. El perfil de caudales presenta una inflexión en el punto medio, el cual representa una reducción de caudal, que explica la concentración elevada de la DQO, ocasionada por el uso de agua en microriego.

El río comienza desde la represa Tacagua, la salida de las aguas esta casi regulada, constituye el sistema de irrigación más importante del Departamento. Para esta zona se ha calculado una transpiración potencial superior a 1,297 mm., esto nos da un coeficiente de 0,25 considerado como “muy deficiente”, es decir que en el año se tiene un déficit de 982,3 mm.

La represa ha formado en el lugar un lago, que tiene una capacidad de almacenamiento de 34 millones de m³, pero se disponen de 31 millones de m³ de agua para el riego, con una salida máxima de 750 m³/s, cantidad que se obtendría con una lamina de aproximadamente 2 metros sobre la cresta que tiene una longitud de 46 metros.

Casi toda la planicie que circunscribe al río tiene riego, las aguas son ampliamente utilizadas para irrigar los cultivos de hortalizas, tubérculos, gramíneas y leguminosas, para los forrajes cultivados alfalfa y cebada hasta aguas abajo del puente Tacagua.

La clasificación del agua para el riego, lo sitúa como adecuado S1 C2 es decir bajo contenido de sodio y contenido medio de sales.

De los valores recomendados por la OMS, se establece valores ligeramente superiores en los parámetros relacionados a algunos metales, como el arsénico, plomo, magnesio, la presencia de colifecales, por el uso de abrevadero y un pH ligeramente alcalino.

Estos factores sin embargo no presentan niveles críticos que limiten severamente el uso de esta agua para consumo humano, a pesar de estos niveles es recomendable aplicar un tratamiento básico de desinfección y filtrado para su utilización. Las demandas de la población son limitadas por el número de habitantes.

g) Río Azanaques

Tiene origen en la cordillera de los Frayles, es un río con valles profundos que bajan gradualmente hasta su nivel en el lago Poopó. Este río pasa por comunidades dispersas de campesinos en áreas agropecuarias.

Los antecedentes establecen que los valores de concentraciones de cadmio y boro se encuentran fuera de la norma, y el río corresponde a la clase C. El perfil de concentración establece un comportamiento poco variables para el oxígeno disuelto, el cadmio y el boro, en los puntos de evaluación. La contaminación tiene origen en fuentes naturales, respecto de la mineralización, y la salinización ligeramente creciente en el curso del río; las cargas orgánicas responden a fuentes de contaminación antropogénica por la actividad de los poblados y actividades agropecuarias, el pH varia de neutro a ligeramente ácido, de 7.1 a 6.0.

El perfil de caudales presenta un decremento en el curso del río, debido a los usos que se realizan, captaciones de riego y otros, el río dispone de agua permanente, aguas arriba y aguas abajo son temporales, en el lecho del río presenta piedras pequeñas, las aguas de este río también son utilizadas como abrevaderos para los animales domésticos y para riego.

Los límites de parámetros físico – químicos de clasificación de aguas que presenta el río Huaylluma son: pH de 7.1 considerado como neutro aguas arriba y un pH de 6,0 considerado ácidos aguas abajo, una conductividad eléctrica de 189.9 a 211 micro-siemens /cm, clasificado como (C2) media, de buena a tolerante e indica que se encuentra dentro del rango permisible para el uso de aguas con fines de riego y a usarse en plantas con moderada tolerancia.

La Relación de Adsorción de Sodio (1.06 a 0.47 meq/l) clasificado a una clase de calidad S1. Las aguas de esta clase son consideradas como bajas en Sodio y pueden ser usadas para regar la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

El contenido de cloruros 10.0 a 18.2 mg/l , bicarbonatos 50.8 a 245.0 mg/l y boro de 0.25 mg/l estas aguas son buenas para riego y se encuentra dentro el limite de tolerancia.

Respecto de la potabilidad el agua del río presenta dificultades con relación a la presencia de coliformes fecales, arsénico, cadmio, hierro, magnesio, nitratos, plomo, que requiere de un tratamiento avanzado para su habilitación con fines de consumo humano, sin embargo a falta de fuentes de abastecimiento, se usa para el suministro de comunidades dispersas y para el abrevaje de animales.

h) Río Cortadera

El río Cortadera nace en la cordillera de los Frailes, provincia Pagador, comprende una longitud de 38 Km hasta echar sus aguas en el lago Poopó, recibe como afluente por la margen derecha al río Paria. Este río tiene carácter agropecuario por el uso de sus aguas.

De los antecedentes se establece que la concentración de cadmio, sodio y boro exceden los límites y se encuentran fuera de la norma, su clasificación corresponde a la clase D.

El perfil de concentraciones del río Cortadera, presenta una variación creciente de oxígeno disuelto, en el curso del río, con valores estables de concentraciones de cadmio y de la demanda bioquímica de oxígeno, estos dos parámetros presentan diferentes fuentes de contaminación, la primera por efecto de la contaminación natural, relacionada a la presencia del cadmio, salinidad y boro, la segunda debido a las actividades urbanas que se desarrollan en su curso y promueven la contaminación orgánica del río. La salinidad tiene un sentido decreciente en el curso del río debido a las variaciones del caudal y al cambio del régimen hidroquímico que ocasiona estas variaciones.

El perfil de caudales presenta dos segmentos pronunciados aguas arriba existe una caída en el caudal debido a pérdidas por infiltraciones, canalizaciones y usos del agua de carácter urbano, en el segundo segmento se presenta una recuperación del caudal por aportes de fuentes menores. El agua del río tiene carácter permanente y vierte sus aguas en el lago Poopó , con presencia de espuma y algas en el lecho del río, la presencia de sales es abundante en los bordes especialmente en los sectores con poca pendiente, el agua es utilizado como abrevaderos de animales domésticos, existe contaminación antrópica por el uso domestico.

Los parámetros físico – químicos del río Cortadera manifiestan lo siguiente: pH que varia de 8.2 a 8,5 considerado como alcalino, una conductividad eléctrica de 1891 a 1780 micro-siemens/cm, clasificado como (C3), la Relación de Adsorción de Sodio (16 a 13,11 me/l) clasificado en la clase de calidad S2. La clasificación de estas aguas para riego según Riverside determina una clase de tipo C3S2, consideradas con contenido medio de sodio y alto contenido de sales, no apta para riego.

El contenido de cloruros es de 388,5 a 385.0 mg/l, y bicarbonatos de 274,5 a 256,2 mg/l , aguas que no son recomendables para el riego. El boro se encuentra fuera del limite de parámetros de clasificación con un valor que varia de 11,2 mg/l.

Aplicando los valores de referencia de la OMS, las aguas presentan una contaminación compleja que integra la presencia de coliformes, metales, como el cadmio, hierro, magnesio, dureza total, calcio y plomo, que afectan su calidad y establecen que esta no sea apta para el consumo humano.

i) Río Sevaruyo

Este río nace en proximidades de la población Jatun Kholu, provincia Quijarro del Departamento de Potosí, comprende una longitud de 66 Km hasta desembocar en el lago Poopó, recibe como afluentes por la margen derecha al río Mallkha y al río Chaño Chaño, mientras que por la margen izquierda recibe las aguas del río Sora Sora. Este río recibe en su trayecto diferentes nombres y la confluencia de diferentes vertientes. Este río es utilizado en su recorrido para actividades pecuarias principalmente.

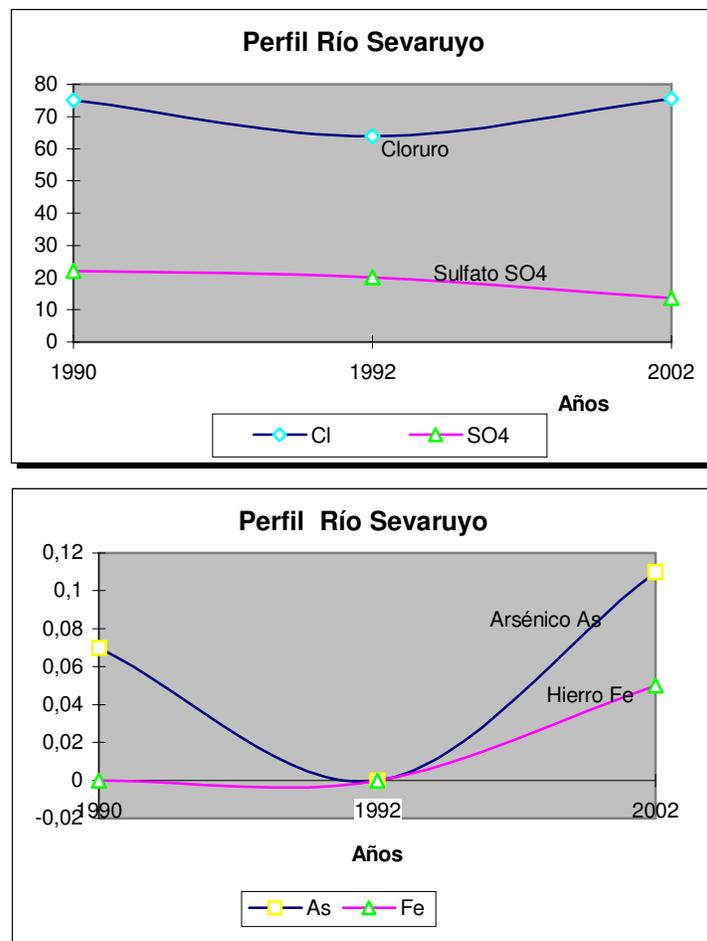


Ilustración 6: Comportamiento Río Sevaruyo

El análisis comprende los años 1990, 1992 y 2002, figura, que se explican en:

- El comportamiento del pH muestra una inflexión de los valores normales alrededor de 8 a 6.7 en el año 1992, este comportamiento es similar para la concentración de cloruros, los sulfatos presentan un inflexión decreciente en los tres años analizados.

- Los cationes presentan valores que muestran una inflexión en el año 1992, explicable por el nivel de precipitación pluvial existente ese año, que tiene un efecto de dilución sobre las concentraciones, el comportamiento comparativo entre los años 1990 y 2002 del arsénico y el hierro es creciente, esto es explicable solamente por efecto de la contaminación natural existente en la zona debido a la naturaleza geoquímica del área de esta subcuenca.

Según los antecedentes, la concentración de arsénico y boro presenta valores fuera de norma, sin considerar estos parámetros corresponde a la clase D.

El perfil de concentraciones presenta para la DBO una deflexión en la parte central del curso del río en que se reduce la concentración, en forma antagónica para el oxígeno disuelto, se presenta una inflexión en la parte central del curso, con un incremento posterior. Las concentraciones de arsénico se mantienen constantes a lo largo del río. El cuerpo de agua se caracteriza por una elevada salinidad que va decreciendo, produciendo una inflexión moderada en la parte central del curso y una reducción gradual del pH de valores alcalinos a neutros. Por su contenido medio de salinidad el agua del río es apta para riego. Las fuentes que ocasionan la contaminación biológica corresponden a fuentes antrópicas consistentes en las actividades agropecuarias y de los poblados, la salinidad es causada por fuentes de contaminación natural.

El perfil de caudales, permite establecer un comportamiento de deflexión en la parte central, donde se reduce el caudal y luego se recupera levemente, debido al uso que se realiza del agua para actividades agropecuarias y variaciones del régimen hídrico. El río dispone de aguas permanentes, en las orillas existe bastante presencia de sales, arena y algas, es utilizado también como abrevaderos de los animales domésticos, existe contaminación antrópica por el uso doméstico.

Los parámetros físico – químicos del río Sevaruyo son: pH que varía de 8.0, 7.4 a 7.8 considerado como alcalino, una conductividad eléctrica de 402, 393 a 447 micro-siemens/cm, clasificado como (C2), la Relación de Adsorción de Sodio 2.57, 1.86 a 2.29 meq/l clasificado a una clase de calidad S1. La clasificación de estas aguas para riego según Riverside determina una clase de tipo C2S1 estas aguas son consideradas con medio contenido de sales y bajo contenido de sodio apta para riego. El contenido de cloruros 75.06 a 84.0 mg/l, y bicarbonatos 67.1 a 79.3 mg/l, aguas que no son buenas para riego. El boro se encuentra fuera del límite de parámetros de clasificación con un valor que varía de 2.11 a 2.20 mg/l. En términos de contaminación ambiental, el río contiene, arsénico que varía de 0,11 a 0,02 mg/l.

Respecto de la potabilidad, el cuerpo de agua presenta valores sobre la norma de referencia relativa a los parámetros de coliformes fecales y arsénico, por ello requiere de un tratamiento de desinfección y remoción de contaminantes, para ser apta al consumo humano.

j) Río Márquez

Este río se origina en la parte sud de la cordillera de los Frailes, provincia Quijarro del departamento de Potosí, comprende una longitud de 103 Km hasta echar sus aguas al lago Poopó, recibe como afluentes por la margen derecha a los ríos Coroma, Molino, Puitoco, Jalsuri, Thia Jahuira, Tambo Mayo y por la margen derecha a la Quebrada Vilaque. En la confluencia con el lago Poopó, recibe el importante aporte del río Mulato. Es el más importante aporte después del río Desaguadero a la cuenca del lago Poopó. En su recorrido por diferentes poblaciones dispersas este río es utilizado en actividades agropecuarias.

En base de los antecedentes, se establece que la concentración de Boro tiene valores elevados y se encuentra fuera de norma, exceptuando este valor, el río comprende la clase C.

La contaminación mayor se plantea aguas arriba, en la que se presenta un mayor DBO5 y existe una deflexión del oxígeno disuelto en el perfil del río, por lo expuesto se puede establecer que la fuente de

contaminación principalmente de salinidad es de carácter natural.

Del perfil de caudales del río se observa una deflexión en el caudal en la parte central, debido al régimen hídrico del río, el cual dispone de un caudal significativo de carácter permanente.

Es el más importante del sector sur, vierte sus aguas al lago Poopó, su origen se encuentra en las vertientes, ubicadas en las laderas de la cordillera de los Frailes del Departamento de Potosí, sus aguas tienen el curso de sur a norte.

En algunos trayectos, el río presenta en los bordes áreas con mucho afloramiento de sales, esta condición hace de que la calidad de las aguas tengan un alto contenido de sal y bajo contenido de sodio S1 C3, no es apto para el riego; casi gran parte de la longitud del lecho es arenoso y con alta infiltración. Respecto al contenido de metales solubles solo el arsénico sobrepasa los límites permisibles con 0,017 mg/l. Mientras los elementos complementarios como bicarbonatos, carbonatos, sulfato, fosfato total, DBO, DQO, nitrato y dureza total, se encuentran dentro los límites permisibles. Su caudal no es muy significativo, de 3,56 m³/s en junio, aún así llega a sustentar en la época de estiaje a todo el rebaño de la zona.

De las recomendaciones de la OMS, se observa que el río presenta niveles significativos de concentraciones de arsénico, que limitan su potabilidad, además de problemas de dureza, debido entre otros factores a la salinidad presente, con presencia de hierro y magnesio sobre los niveles recomendados, y contaminación biológica por la presencia de poblaciones. Por estos factores el agua de este río no es recomendable para uso en el consumo humano, presentando riesgos sobre la salud.

k) Contaminación del Lago Poopo.

Bajo estas características, el lago Poopo, se encuentra sometido a procesos de contaminación combinados, por una parte una contaminación de origen natural, que deviene de su propia naturaleza, por otra la contaminación por aguas residuales de actividades minero-metalúrgicas, ubicadas en la zona.

La contaminación de origen natural proviene de la concentración de compuestos que son, por procesos naturales, transportados por medio de los afluentes hacia el lago. En efecto, el río Desaguadero, principal afluente, deposita sus aguas en el lago Uru Uru, antecámara del lago Poopo, y es portador de una importante cantidad de sales disueltas, esta aportación corresponde principalmente a cloruros (el principal cloruro de sodio, sal común), sulfatos y sílice. Por otra parte, otro afluente importante, el río Márquez al sud de lago, aporta contenidos importantes de sílice, y proporcionalmente menor concentración de los otros contaminantes.

Estos compuestos depositados finalmente al lago, se someten a diferentes procesos, pérdidas por infiltración y precipitación, y una permanencia en forma disuelta, que corresponde a un tiempo de residencia de 16,5 años para los sulfatos, 26.6 años para los cloruros, y para la sílice de una semana¹³, en consecuencia siendo elevada la tasa de renovación de las aguas y con tiempos de residencia moderados, y la concentración depositada de contaminantes salinos corresponden a tiempos de residencia elevados, el proceso natural corresponde a la concentración salina, principalmente de sal común, lo que hace que el lago Poopo sea un medio inestable, debido a las fuertes variación del volumen de aguas, que se refleja en variaciones importantes en la concentración de la salinidad, lo que hace, desde el punto de vista biológico que este medio lacustre sea específico para el desarrollo de especies de mayor capacidad de adaptación, por ejemplo frente al lago Titicaca.

Esto explica por ejemplo, que originalmente no se han desarrollado especies autoctonas, ubicándose la mayor parte de estas en el lago Titicaca (W. Terrazas, 1.970), siendo la principal especie en explotación,

¹³

Jorge Quintanilla, lb. idem, Università Degli Studi Di Perugia, Italia, 1986.

el Pejerrey (*Basilichthys bonariensis*) una especie adaptada, de origen argentino que a partir de 1.956 se siembra en forma experimental, con valoraciones polémicas sobre sus resultados, iniciándose en la década del 70 su explotación. Además de esta especie, la actividad piscícola se orienta a especies nativas tradicionales, principalmente el carachi, boga, suche y umanto, que data de las culturas originarias relacionadas al lago, como los urus y muratos. La pesca se organiza, actualmente, en torno de cooperativas de pescadores artesanales, ubicadas en tres sectores: Poopo, Oeste y el Choro, con un número que fluctúan los últimos años. La actividad piscícola se desarrolla entre los meses de enero y agosto (Izko, 1.987), con un rendimiento también variable, estimada en 800 TM (JUNAC, 1.987), equivalente al 21% de la producción nacional.

El consumo nacional, de producción interna, asciende alrededor de los 3.800 TM (H. Zeballos, 1.988), siendo La Paz, con 1.288 TM el principal consumidor, seguido por Santa Cruz y Cochabamba, con 498 TM y 368 TM respectivamente, esta tendencia de consumo orienta también la comercialización de la producción del lago Poopo, del cual el 70% se destina a la ciudad de La Paz, un 20% a Cochabamba y apenas un 10% es consumido en la región (JUNAC, 1.987), el consumo por los productores sobre el total de su producto de pesca alcanza alrededor del 3% (Izko, 1.987), supuesto que este se orienta más a especies nativas no comerciales, lo que significa que la producción tiene una incidencia directa sobre el sistema agroalimentario nacional en forma favorable, considerando la diferencia de precios respecto de otras fuentes proteicas, resulta ser un alimento indispensable para la dieta alimentaria de los sectores económicamente más deprimidos (Dandler, 1.987), principalmente en el área del altiplano, donde, conjuntamente el lago Titicaca, son las únicas fuentes de producción, esta es la importancia principal de este recurso natural. Socialmente la actividad pesquera importa un conjunto social de alrededor mil personas, 795 pescadores y 185 comercializadores (JUNAC, 1.987), que referido al nivel de ocupación regional actual, es una fuente importante de empleo.

Un estudio realizado en 1990-1991 demostró que aproximadamente 500 pescadores trabajaban en el lago, pescando aproximadamente 720 toneladas de pejerrey, 1990, por un valor total de 184.000 \$us, según Fisheries Development Limited¹⁴.

Los últimos dos años, 1994-1995, la producción piscícola en el lago ha cesado, causando efectos socioeconómicos significativos, principalmente sobre la población cultural de pescadores, que constituye la comunidad Murato, que se ha visto obligada a cambiar de actividad económica.

Esto puede deberse a dos causas: "el colapso en el suministro de alimentos debido a la sequía de los últimos años, y a la contaminación con metales pesados provenientes de las áreas mineras", según Fisheries Development Limited (Ob. cit).

El lago también beneficia a la agropecuaria con la inundación de tierras agrícolas y ganaderas, en épocas de aguas altas o lluvias (Izko, 1.987).

Según Orsag¹⁵, sobre el estado de los suelos en la región establece:

- Debido a las condiciones geoquímicas, geomorfológicas, climáticas, hidrológicas e hidroquímicas, los suelos del área circunlacustre del lago Poopo, presentan una contaminación natural elevada, debido a la acumulación de sales, situación que corre el riesgo de agravarse con el tiempo.

¹⁴ Secretaría Nacional de Medio Ambiente, Ministerio de Minería y Metalurgia, Sistemas Ambientales de Suecia, EVALUACION AMBIENTAL DE LOS SECTORES MINERO E INDUSTRIAL (MANUFACTURERO), Informe Final, Monografía, 2 tomos, La Paz, 1993.

¹⁵ PIIQ-UTO-COPLA, lb. Idem, Oruro, 1994.

- Los estudios preliminares realizados en sedimentos y suelos, indican que existen evidencias de contaminación con metales pesados (cadmio, cobre, estaño, mercurio, manganeso y plomo) debido a la actividad minera.

En este contexto, la contaminación por las actividades minero-metalúrgicas se desarrolla como parte de un proceso, que estructura el espacio regional de manera que se concentra la población del altiplano central en la cordillera oriental, en la que se encuentran prácticamente la totalidad de los asentamientos mineros, como las regiones del Centro Minero Huanuni, Cañadón Antequera, Poopo y otras, en las que se ubica la actividad minera extractiva y de procesamiento primario (ingenios) abastecen de agua de insumo de los ríos que bajan de la cordillera y vierten sus residuos en los afluentes a la cuenca del lago Poopo.

En estas condiciones, de contaminación natural y antrópica, los resultados son alarmantes, se evidencia el riesgo inminente de deteriorar irreversiblemente el lago Poopo y de dañar sus riquezas piscícolas, en los sedimentos extraídos de los límites del lago las concentraciones de plomo se encuentran entre 0.06 a 0.71 ppm (ppm=partes por millón), de cobalto entre 0.06 a 0.45 ppm, de Níquel entre 0.03 a 0.59 ppm y de Zinc entre 0.07 a 17 ppm, frente a valores límites recomendados del orden de la diez milésimas en todos los casos (Agencia de Desarrollo Pesquero, ROK, 1.987). Estos metales han sido también detectados en los peces del lago, con valores de 3.08 a 5.93 ppm de Plomo (Canadá 0.5 ppm), de 1.65 a 3.81 ppm de cobre (Canadá 1.28 ppm max.), de 0.57 a 1.14 ppm de cobalto (Canadá 0.45 ppm max.), de 0.65 a 2.72 ppm de níquel (Canadá 0.2 ppm) y de 50 a 101,9 ppm de zinc (Canadá 20 ppm max.) (Agencia de Desarrollo Pesquero, ROK, 1.987).

Según Beveridge¹⁶ el rango de concentraciones de metales disueltos (ppm) en la cuenca del Poopo, frente a valores generales típicos de Forstner y Wittmann, 1981, son:

Tabla 3: Concentración de metales disueltos en la Subcuenca del Poopó

ELEMENTO	POOPO ENTRADAS	LAGO POOPO	NIVELES GENERALES
Plomo	0 - 4.72	0.06 - 0.71	0.0002
Cobre	0 - 3.24	0 - 0.10	0.0018
Plata	0 - 0.06	0 - 0.11	0.0003
Cadmio	0 - 1.41	0 - 0.07	0.0007
Cobalto	0 - 0.49	0.06 - 0.45	0.0005
Níquel	0 - 0.65	0.03 - 0.59	0.0003
Cromo	0 - 0.15	0 - 0.11	0.0005
Antimonio	0 - 1.15	0.50 - 2.90	0.0001
Hierro	0.07 - 391.0	0.11 - 1.46	0.030
Manganeso	0.07 - 22.00	0.03 - 0.11	0.005
Zinc	0.05 - 74.00	0.07 - 0.11	0.0005
Estaño	0 - 3.4	0.7 - 17.0	0.0003

El estudio de Beveridge, presenta las siguientes observaciones:

- a. Las concentraciones más altas se registraron generalmente en las entradas del noroeste del lago, río Antequera a río Thajarita, que presentan la mayoría de los metales analizados. El río

¹⁶

M. Beveridge, R Coutts, ASPECTOS DE LA CONTAMINACION DEL LAGO POOPO CON METALES PESADOS, Programa de Cooperación Técnica en Bolivia de la Administración de Desarrollo de Ultramar (ODA), Gran Bretaña, monografía, Oruro, 1985.

San Juan de Sora Sora presenta concentraciones excepcionalmente altas de todos los metales disueltos.

- b. Se verifica el carácter salino de las aguas del lago Poopó, los niveles de estaño y antimonio presentes en el lago son más altos que los de las entradas y los niveles de hierro, manganeso y zinc en el lago son más bajos que los niveles de las entradas, lo que indica la posibilidad de pérdidas por sedimentación.
- c. En comparación con los niveles de metales en un rango de peces canadienses de lagos y ríos sin contaminación o moderadamente contaminados, los niveles en el pejerrey y Orestias eran mucho más altos en el lago Poopo, por un factor de 5 a 10 veces. La concentración de todos los metales en Orestias es aproximadamente el doble de las que se encuentra en el Pejerrey, en el momento de la toma de muestras.
- d. Aunque un factor contribuyente podría ser el efecto de las precipitaciones sobre tierras ricas en minerales, es probable que las actividades mineras alrededor de la zona oeste del Poopo sean responsables de los altísimos niveles encontrados, esto se evidencia por la ubicación de los principales yacimientos en explotación en los afluentes del lago.
- e. Se conoce el efecto tóxico de algunos metales para los peces y los niveles encontrados en el lago Poopo se encuentran sobre estos, sin embargo, es posible que la salinidad alta y las fuertes concentraciones de otros metales tengan un efecto modificador sobre la toxicidad.
- f. Resulta difícil determinar si el agua de la cuenca del Poopo pueda beberse sin peligro, ya que sobre metales como el antimonio y el estaño hay pocas normas establecidas. Una comparación de las concentraciones máximas recomendadas en agua potable publicada por una serie de organizaciones mundiales indica que parte del agua de la cuenca del Lago Poopo es potable. Las excepciones son el río Sora Sora (Pb, Cu, Cd, Cr y Zn), el río Thajarita (Pb, Ag), el río Antequera (Cu, Cd, Sn) y el río Urmiri (Cu, Cd, Zn).

Finalmente anota la consideración siguiente:

"La toxicidad en cuanto a seres humanos de las altas concentraciones de metales en tejidos de peces se complica debido al efecto modificador /acumulativo de ingerir una combinación de metales. Por tanto es difícil evaluar completamente el peligro sin una considerable inversión en investigación y trabajos de control. No se comprende del todo la toxicidad de muchos de los metales. No obstante, los altos niveles de los elementos más tóxicos, tal como el plomo dan lugar a preocupación. La OMS recomienda como consumo semanal máximo de plomo, sin peligros para adultos, sólo 3 mg, para niños es mucho menor. Los análisis preliminares indican que los niveles de plomo en los músculos de las orestias son de 1.5 ppm (materia seca). Suponiendo un contenido de humedad del 75%, un consumo semanal de 8 kg de filetes de pescado podría resultar en envenenamiento por plomo. Sin embargo en muchos lugares alrededor del lago Poopo se comen peces enteros. Los niveles de plomo en orestias enteras son como media 6.5 ppm y por tanto un consumo semanal de sólo 2 kg de pescado resultaría en una ingestión de plomo por encima del límite seguro..." "Debe realizarse cuanto antes un análisis de los niveles de los metales en la sangre de la gente de la región, sobre todo de los niños..."

1.6 Importancia relativa de los tipos de contaminación

La contaminación natural en la cuenca tiene importancia significativa, puesto que, la regulación hidroquímica del sistema hídrico es un factor importante de ser considerado en la evaluación, dada la condición de sistemas cerrados que estos tienen, lo que supone que el régimen hidroquímico caracteriza la naturaleza y aptitudes de los cuerpos de aguas y corresponde a un factor explicativo sobre la

problemática ambiental existente. En este contexto su importancia radica en la evolución del medio natural y la necesidad de adecuación de las actividades relacionadas con este recurso.

Sin embargo de lo señalado, la contaminación antrópica tiene un importante significado principalmente debido a la contaminación por actividades mineras. En la región se identifican, alrededor de 300 minas en actividad, que incluyen la minería grande, 6 empresas, mediana 4 empresas, y pequeña, incluidas cooperativas, ubicadas predominantemente en la cordillera oriental frente al lago Poopo. Según fuentes documentales, la contaminación por efecto de esta actividad económica, corresponde a las regiones de las cuencas menores de los ríos Desaguadero, Pazña, Antequera, Poopo y Huanuni. Debiendo incluir los efectos puntuales sobre ríos menores, sobre los que se encuentran establecimientos mineros. El mayor impacto detectado por esta fuente de contaminación es el estado situacional del lago Poopo.

2. Factor Aire

De la evaluación preliminar de las fuentes de contaminación atmosférica por municipio, elaborada por el Proyecto Monitoreo Atmosférico en el Departamento de Oruro, presenta los siguientes resultados para los municipios que pertenecen a esta subcuenca.

Tabla 4: Evaluación Preliminar de Fuentes de Contaminación Atmosférica

Municipio	Población	Evaluación preliminar de fuentes			Selección
		Minería	Industria	Transporte	
Caracollo	19.860	MI	MI	AI	Prioridad 3
Challapata	24.370	MI	MI	AI	Prioridad 1
Santuario de Quillacas	3.305	SR	SR	SR	No incluye
Poopó	6.163	AI	BI	AI	Prioridad 2
Pazña	5.469	AI	BI	AI	Prioridad 2
Antequera	3.352	AI	BI	BI	Prioridad 3
Huanuni	19.428	AI	MI	AI	Prioridad 1
Machacamarca	4.180	AI	BI	AI	Prioridad 3
Pampa Aullagas	2.975	SR	SR	SR	No incluye
Santiago de Andamarca	4.588	SR	SR	SR	No incluye
Santiago de Huari	10.221	SR	MI	BI	Prioridad 2

Fuente: Proyecto Monitoreo Atmosférico en el Departamento de Oruro

Donde: BI: Baja incidencia, corresponde a actividad incipiente

MI: Incidencia media, presencia de actividades en forma moderada

AI: Alta incidencia, con referencia a una actividad localizada en el municipio que tiene un fuerte componente en su actividad económica.

SR: Sin referencia, no se dispone de información, supone ausencia de fuentes

La subcuenca Poopó tiene como actividades económicas principales en orden de importancia a la minería, ganadería y agricultura, aunque las mismas no se encuentran homogéneamente distribuidas en toda el área de la subcuenca, habiendo municipios en los cuales una de estas actividades es considerada como la más importante.

2.1. Contaminación Natural

El arrastre de partículas por acción eólica constituye como la fuente principal de contaminación atmosférica natural dentro de la subcuenca. La existencia de áreas sin cobertura vegetal dan las condiciones necesarias para que el viento levante material particulado del suelo generando polvadera que es inhalada por los pobladores de estos municipios.

El problema anterior se ve agravado en las localidades mineras, donde existen depósitos de colas y desmontes, los cuales se ven expuestos a la acción eólica de los vientos, pudiendo levantar partículas, en especial las colas mineras con granulometría menor o igual a 70 micrones, mismas que al no haber sido consolidadas por procesos diagenéticos tienen alta probabilidad de ser suspendido y finalmente ser inhalados por los seres humanos, la fauna existente, pudiendo perjudicar también al desarrollo de la flora del lugar.

2.2. Contaminación Antrópica

Los municipios de Huanuni y Challapata en la evaluación preliminar de fuentes fueron catalogados como de primera prioridad y los municipios de Poopó, Pazña y Santiaño de Huari fueron considerados como de segunda prioridad, mostrando el nivel de posible impacto ambiental de estos municipios por efecto de la contaminación atmosférica.

2.2.1. Fuentes Fijas

Dentro de las fuentes fijas de contaminación atmosférica podemos indicar a:

a) Depósitos de desmontes y colas mineras

Las colas y desmontes mineros, son pasivos ambientales mineros, ubicados en los centros mineros de Japo, Santa Fe, Morococala, Huanuni, Machacamarca, Poopo y Bolívar constituyen fuentes fijas de contaminación atmosférica al estar estos expuestos a las condiciones meteorológicas de los vientos que pueden levantar el material fino de los mismos e incorporarlos a la atmósfera local como partículas suspendidas, mismas que pueden causar molestias en los pobladores del lugar.

El Proyecto Piloto Oruro (1995) realizó mediciones en un punto de muestreo ubicado en Vilaque Grande al sud del pueblo de Machacamarca. Considerando que no hay fuentes “primarias” de deposición en esta área, la fuente de material particulado puede ser fácilmente rastreada hasta las colas del ingenio abandonado de Machacamarca. Aparentemente la erosión eólica de las colas secas resulta en una re-suspensión y subsiguiente dispersión a los alrededores. Se debe notar que la excesiva formación de polvo es más evidente por el nivel extremadamente alto de sólidos totales, casi 20 veces más que el de fondo¹⁷.

Tabla 5: Concentraciones del Polvo derivado de las Colas de Machacamarca

Parámetro	Unidad	Concentraciones de Fondo	Deposiciones Machacamarca [Máximos Medidos]
Sólidos totales	g/m ² ,mes	6	105
Fe	mg/m ² ,mes	75	1300
S	mg/m ² ,mes	25	130
Zn	mg/m ² ,mes	1.8	9
Pb	mg/m ² ,mes	0.2	2
As	mg/m ² ,mes	0.2	3
Cu	mg/m ² ,mes	0.4	2
Sn	mg/m ² ,mes	0.07	0.4
Sb	mg/m ² ,mes	0.01	0.1

¹⁷ Punto de muestreo en el cual se considera que no existe contaminación de origen antrópico y puede servir como referencia de para evaluar niveles de contaminación en otras zonas.

Cd	mg/m ² ,mes	0.01	0.1
----	------------------------	------	-----

Fuente: Proyecto Piloto Oruro, Plan de Gestión Ambiental, 1995

Considerando las características de los pasivos ambientales mineros y su potencial contaminante, estos llegan a tener un mayor impacto desde el punto de vista ambiental en los recursos hídricos que en la contaminación atmosférica, las acciones de mitigación sugeridas en primera instancia deberían controlar la contaminación hídrica antes que la atmosférica de estos depósitos minerales.

b) Industria

Las industrias asentadas en la subcuenca Poopó en su generalidad pueden ser clasificadas como de tamaño pequeño o de micro empresas (con menos de 10 empleados). Una de las industrias más grandes asentada dentro de la subcuenca es la Fabrica de Cerveza ubicada en Huari.

Los principales problemas de contaminación atmosférica en el municipio de Caracollo se relacionan a la operación de ladrilleras, panaderías y mataderos clandestinos. Para las ladrilleras y panaderías, el tipo de contaminación atmosférica predominante esta relacionada al uso de la thola para la generación de calor en los hornos, lo cual genera gases de efecto invernadero (dióxido de carbono) y malos olores, ya que están ubicadas en el área urbana y las chimeneas que tienen son bajas. En el caso de mataderos, la generación de malos olores es la principal fuente de contaminación atmosférica.

El municipio de Challapata es el segundo más poblado del departamento, dentro de los problemas de contaminación atmosférica existentes se encuentran la operación de caleras que generan gases y humos, las ladrilleras con la generación de humos por la combustión de la thola y la industria quinuera que genera polvos.

La contaminación atmosférica en los municipios mineros de la subcuenca está relacionado en su mayoría con los pasivos ambientales que por la acción eólica suspenden partículas que después pueden ser inhalados por los pobladores de esos distritos. Las operaciones de los ingenios mineros generan malos olores debido al uso de compuestos químicos como el santato y ruidos que impactan negativamente a la calidad del aire.

2.2.2. Fuentes Móviles

Los municipios que integran esta subcuenca, en su generalidad, son los más poblados del departamento después del municipio de Oruro, aunque la población del municipio más poblado (Challapata) llega a ser un 11.3 % de la población del primero. Aun en los municipios más poblados, el parque vehicular no aporta significativamente a la degradación de la calidad del aire..

Probablemente, la contaminación acústica de las bocinas del transporte interprovincial, podría considerarse que tiene niveles elevados, al menos en las horas de salidas de las movilidades, aunque esta molestia generada no es considerada como significativa por los pobladores comparando con los beneficios percibidos por ellos de saber cuando llegan y cuando salen tanto los camiones como flotas de pasajeros interprovinciales.

2.3. Importancia Relativa de los Tipos de Contaminación

La contaminación por fuentes naturales por arrastre de partículas causa molestias a los pobladores, causando interferencias con las actividades productivas. Esta fuente de contaminación natural se ve agravada en los centros mineros por la presencia de pasivos ambientales (colas y desmontes) los cuales pueden ceder a la atmósfera partículas que posteriormente pueden ser inhaladas por los pobladores o ser depositadas en los suelos circundantes ocasionando contaminación de los mismos con la consiguiente pérdida de productividad.

Las fuentes de contaminación antrópica en los municipios más poblados pueden ser consideradas, como más importantes de la contaminación natural, aunque los niveles que se perciben no llegan a ser tan importantes como los relacionados con la contaminación hídrica dentro de las subcuenca.

El reducido desarrollo industrial y el reducido parque automotor de los municipios en la subcuenca no aportan significativamente a la degradación de la calidad del aire, aunque las ladrilleras y caleras son ejemplos de industrias que utilizan la thola como combustible para el calentamiento de los hornos, lo cual genera humos y gases que generan efectos negativos organolépticos.

3. Factor Fauna y Flora

3.1. Flora agrícola y silvestre

3.1.1 Flora agrícola.

La actividad agrícola en esta subcuenca es la más alta del departamento de Oruro, su producción es el resultado de cierta especialización de los agricultores en determinados cultivos, permitiéndoles obtener márgenes significativos para la comercialización dentro y fuera del departamento, a parte de disponer para el autoconsumo. Pero esta tendencia no es constante, debido a la escasa tenencia de tierra cultivable en los sitios más productivos.

3.1.1.1. Cultivos existentes y variedades.

a) Especies superficie y rendimiento.

Las serranías y planicies de esta subcuenca, presentan una moderada actividad agrícola, pero tiene entre sus limitantes la falta de agua, que condiciona el aumento de la superficie cultivable, por tanto los productores adecuan su estructura productiva considerando el tiempo, especies y lugares de siembra,; teniendo siete cultivos principales predominando la cebada, quinua, papa, alfalfa y hortalizas, con rendimiento y superficie considerados los más altos del departamento, sobre una superficie total de 32.767 has.

Tabla 6: Cultivos y superficie en la subcuenca Poopo

Especies	Superficie has.	Rendimientos Promedio qq/ha
Papa	5.592	67
Quinua	6.403	12
Trigo	656	8
Haba	2.206	8

Especies	Superficie has.	Rendimientos Promedio qq/ha
Hortalizas	4.496	250
Cebada en berza	7.958	40
Alfalfa	5.456	80
Total	32.767	

Fuente: PDMs. municipios de la subcuenca Poopó. 1.999; SEDAG 2.002

Es favorable la ampliación de la superficie de cultivo, particularmente de aquellas que tienen demanda comercial, pero en este proceso se eliminan comunidades arbustivas, pajonales y estratos herbáceos, que forman parte de una simbiosis resultante de la adaptación de muchos años; para dar paso a formas vitales monofíticas estacionales, cuando los suelos pierden su poca fertilidad, frecuentemente son abandonadas exponiéndolos a la erosión (eólica, hídrica). Con estas acciones deja de ser sostenible dando paso a los problemas socioeconómicos (solucionados con una acción migratoria) y ecológicos.

b) Variedades.

En todo este sistema agroecológico en el pasado se tenía una alta biodiversidad particularmente de tubérculos pero este material se fue perdiendo, producto de la homogenización del cultivo permitiendo el uso de pocas variedades consideradas de mayor producción y preferencia del mercado; similar situación se da con la quinua, manejándose 3 a 4 variedades; en los otros cultivos solo presentan entre una a dos variedades

Tabla 7: Variedades presentes en la subcuenca Poopó

Especies	Variedades
Papa	Paly, imilla negra, roja, blanca, huacazapato, parina, phiño, pituhuayaca, sani imilla, huajcha .
Quinua	Blanca real, pandela, amarilla
Trigo	criollo
Haba	Habiilla, criolla
Hortalizas	Zanahoria (Chantenay), Cebolla roja Arequipeña
Cebada	Criolla, SEFO.
Alfalfa	Ranger

Fuente: PDMs municipios de la subcuenca Poopó 1.999

De acuerdo a las zonas, la papa mantiene una relativa variabilidad en la subespecie *S. andigenum* su mayor presencia genética se da en las serranías de la mayoría de las provincias; biodiversidad que debe ser mantenida junto con la quinua aunque esta tiende a tener una uniformización varietal en la parte Sur de la subcuenca, su mantención tiene el objeto de aprovechar las potencialidades (productivas, cualitativas, capacidad de uso de suelo, resistencia a factores bióticos, abióticos).

c) Areas de distribución geográfica de los cultivos.

Dependiendo de las especies y sus requerimientos ecofisiológicos, la superficie cultivada se localiza en sitios de planicie, pie de monte y serranías, de manera indistinta son destinados a la producción de tubérculos, cebada, dependiendo de la disponibilidad de terreno, las áreas de pie de monte y planicie se destinan para la producción de hortalizas como de alfalfa. (Tabla 8)

Tabla 8: Distribución geográfica de los cultivos en la subcuenca Poopó en Porcentaje

Cultivos	Microclimas de Serranía	Pie de monte	Planicie
Papa	55	35	10
Quinoa	5	35	60
Trigo	20	40	40
Haba	30	55	15
Hortalizas		50	50
Cebada	20	50	30
Alfalfa	5	25	70

Fuente : PDMs municipios subcuenca Poopó 1.999
 Elaboración propia

La presente distribución obedece a principios de seguridad productiva, requerimientos ecológicos de cada cultivo y al factor económico, pero en laderas y planicie el continuo incremento de la superficie cultivada provoca la erosión de suelos la que se acentúa por la fragilidad del ecosistema y la ausencia de medidas de protección en el conjunto de las tres áreas fisiográficas.

3.1.1.2. Practicas agrícolas de manejo.

Las áreas de producción hortícola, se localizan en microcuencas y planicies, favorecidas por la presencia de agua superficial y freática; dependiendo de las superficies permite el uso de maquinaria, exceptuando en la serranía donde el trabajo se realiza con tracción animal, para la quinua se tiene tendencia de mecanizarlo inicialmente para la siembra. Su calendario agrícola comienza el mes de agosto para las siembras tempranas de haba, hortalizas y a partir de septiembre se van completando toda la cédula de cultivos; iniciándose con la preparación de terreno, concluyendo con la cosecha y almacenamiento de la producción.

Se practica una rotación de cultivos que no mejora la fertilidad del suelo ya que todos son extractores, igualmente el abonamiento orgánico debido a su deficiente manejo de conservación (su exposición a la intemperie, facilita la pérdida de elementos importantes para su desarrollo), solo aporta materia orgánica, que moderadamente mejora la estructura del suelo, por tanto no cubren los requerimientos del cultivo y peor aún al tratar de restablecer la fertilidad de 27.311 has. sembradas con especies anuales.

Las praderas con cultivos de alfalfa están expuestas a una permanente propagación de malezas (diente de león, garbansillo, Pajonales, etc.) que no tienen importancia forrajera, cuyo incremento es favorecido por las condiciones de monocultivo, especialmente en cultivos hortícolas, y leguminosas, y por la elevada densidad poblacional de estas no es posible su extracción manual y se utilizan herbicidas, que son útiles en cultivos hortícolas pero inútil en praderas de alfalfa

3.1.1.3. Importancia económica de la producción

Del análisis de los volúmenes de la producción¹⁸ se observa que estos se concentran en pocos municipios en función a su potencialidad natural, en este marco referencial se establece que la alfalfa, hortalizas, papa y quinua en ese orden de importancia tienen los mayores volúmenes de producción (Ilustración 7). El Valor Bruto global, alcanza a Bs. 65'408.080.- mostrando que las hortalizas, tubérculos y la quinua representan el 79 % de este valor económico.

Si bien los rendimientos de cada uno de los cultivos y las superficies cultivadas permiten ingresos económicos relativamente significativos, no guardan relación con el daño ecológico ocasionado, a los

¹⁸ Elaborado en base a P.D.M.s de municipios subcuenca Desaguadero 1.999; estadística SEDAG 2.002

ecosistemas de laderas y planicies; agravándose con el incremento que continua degradando los estratos arbustivos y herbáceos, reduciendo su uso como fuente energética y ecológica; al mismo tiempo su recuperación por vía natural es a largo plazo en el mejor de los casos son colonizadas con vegetación sinantropica de bajo valor forrajero y ecológico. Por tanto su importancia económica será significativa cuando las superficies sean menores, los rendimientos mayores y el ecosistema con menores deterioros; debiéndose considerar el aspecto ecofisiológico no solo del cultivo sino también de la vegetación circundante, considerando los límites de tolerancia de todo el ecosistema biológico.

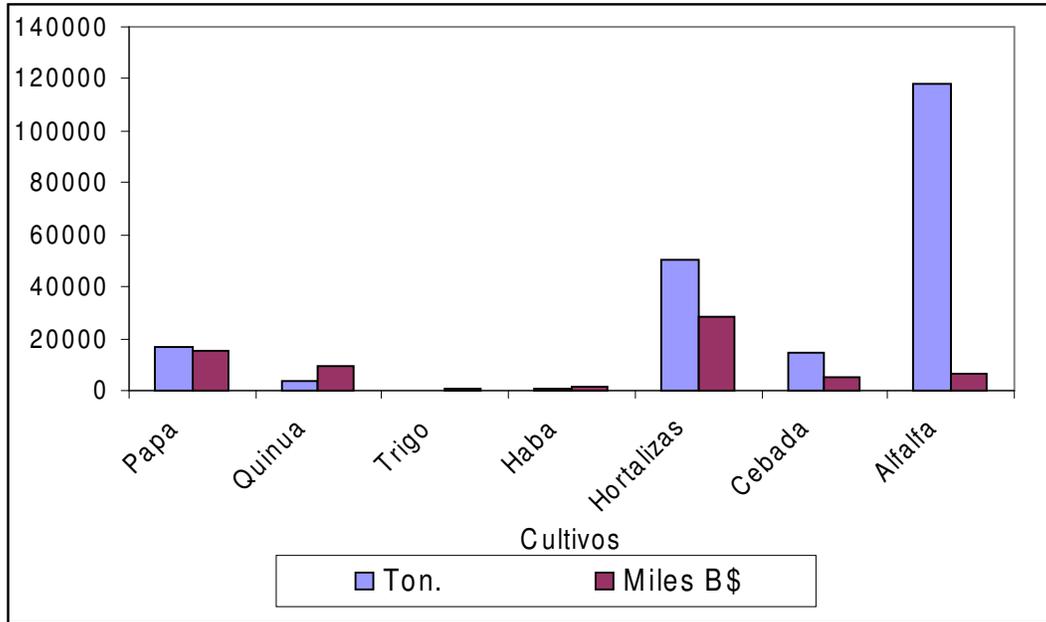


Ilustración 7: Volúmenes y Valor Bruto de la Producción de la subcuenca Poopó ¹⁹

3.1.1.4. Factores biológicos y abióticos que afectan a los cultivos.

a) Factores biológicos

La actividad agrícola esta expuesta a la acción directa de plagas y enfermedades, muy comunes en estos sistemas ecológicos, cuya incidencia provoca pérdidas productivas comprendidas entre el 30 a 50%; afectando a las hojas, tallos, frutos en la quinua, raíces y tubérculos; su presencia esta asociada con el monocultivo y la extensión de su superficie; motivando su incremento, poblacional, especialmente en periodos de sequía; en muchos casos tienen tolerancia a la aplicación de biocidas químicos, haciendo que su presencia sea permanente. Por otra parte, el monocultivo a mejorado la dieta alimenticia de roedores y aves, favoreciendo su reproducción y ataque dentro los cultivares, durante el secado de las plantas y en los cuartos donde se almacenan (Tabla 9).

Las medidas de control aplicados especialmente a los roedores tienen poco efecto, ya que han adquirido resistencia, también es favorecida por el escaso control biológico ejercido por aves rapaces y carnívoros que fueron casi totalmente exterminados ya sea de una forma directa (comercial, alimenticia, etc) e indirecta por consumir animales envenenados; a esto se suma la presencia constante de la liebre afectando los primeros estadios de desarrollo del cultivo preferentemente en la quinua.

¹⁹ Elaborado en base a información estadística de SEDAG

El problema económico que las plagas ocasionan es alto y tiene que ver con la forma de manejo del cultivo en todos sus estadios biológicos (siembra, desarrollo, fructificación cosecha), post cosecha y superficie sembrada, por lo que es necesario perfeccionar los sistemas de control y captura con el uso de feromonas y trampas de luz, para los insectos; que tendrán menor impacto sobre el medio ambiente, y mayor sostenibilidad de aplicación; similar atención requieren los roedores por su elevadas poblaciones. El monocultivo de hortalizas, uso de abono no descompuesto a propiciado el desarrollo e incremento de plagas insectiles²⁰, enfermedades y el incremento de malezas, generando resistencia a la aplicación de herbicidas.

Tabla 9: Plagas y enfermedades que afectan a los cultivos

Plagas de los cultivos		Enfermedades de los cultivos	
Nombre común	Nombre Técnico	Nombre común	Nombre técnico
Quinua* -Ticonas -Gusano cortador -Kcona Kcona -Padre Kcuru -Pulgones -Liebre -Pájaros	Feltia experta Copitarsia Turbata Eurisaca melanocampta Epicauta latitarsis Mysus persicae Lepus capensis	Mildiu Mancha foliar Mancha ojival	Peronospora farinosa Ascochita halospora Poma cava
Papa* -Gorgojo -Pulgones -Trips	Premnotrypes vorax Mysus persicae Frankiniella tuberosi.	Papa* -Verruga -Podrición blanda	Synchitrium endobioticum Erwinia atroseptica
Hortalizas -Trips. -Minador de la hoja -Gusano soldado -Mosca zanahoria -Falso medidor	Trips tabaco linderman Liriomysa sp Mellotis sp Psila rosae fabricius Trichoplusia ni hubner	Horatalizas* - Mancha púrpura - Raíz rosada. - Cenicilla - Podrición suave	Alternaria porn Ell Pyronochaeta terrestres Erysife umbelliferarum Erwiña coratovora
Cebada* -Ratón -Liebre	Akodon sp Lepus capensis	Cebada* Carbón	Ustilago muda

Fuente : * PDMs Municipios de la subcuenca Poopó 1.999
 **SEDAG. ITEC. SRL 2.004 Elaboración propia

b) Factores abióticos.

Las prolongadas sequías son el mayor riesgo, provocando en muchas ocasiones la pérdida total del cultivo, continuándole las heladas y granizadas, que en conjunto otorgan un ambiente de incertidumbre productivo. A esto se suma la excesiva Evapotranspiración, (1.527 a 1.701mm), acrecentando la pérdida de humedad por la textura arenosa del suelo, pérdida de la cobertura vegetal, fragilidad del ecosistema, siembras extensivas, uso de maquinarias no apropiadas; ya que si bien los cultivos andinos son tolerantes, son plantas latifoliadas herbáceas con sistemas radicales poco profundos que requieren mayores niveles de humedad que las plantas arbustivas.

²⁰ SEDAG ITEC SRL. Proyecto de prospección de la cadena productiva Oruro pag. 45

3.1.1.5. Niveles tecnológicos disponibles.

Mayormente los sistemas de producción son tradicionales, exceptuando aquellas donde la topografía del suelo permite la mecanización en la fase inicial (roturado, siembra) especialmente para la siembra de forrajeras, quinua, papa. En el caso de la quinua se tiene una tecnología de siembra mejorada generados en los mismos lugares de producción destinadas a limitar el laboreo del suelo.

La utilización de herbicidas constituye un avance tecnológico para el control de plagas insectiles y malezas pero estos continuamente adquieren resistencia, teniéndose que aplicar mayores dosis que necesariamente quedan restos en las plantas debido a que en la práctica no puede demostrarse su biodegradabilidad total, contaminando el producto y el suelo.

3.1.1.6. Situación ambiental de la flora agrícola

La subcuenca Poopó se localiza en la ecoregión Altoandino subhúmedo y parte de la puna árida, en ella coexisten una actividad silvestre y otra agrícola, esta última tiende a incrementarse en función a la demanda de la quinua y papa, que conlleva a la reducción de comunidades vegetales nativas, que por una parte tienden a mejorar la economía, por otra se altera grandes sectores del ecosistema con todas las implicancias negativas que esta tiene, cuyos principales impactos se resumen a continuación

- La mayor superficie agrícola la integran cultivos de cebada, quinua, papa, hortalizas, alfalfares haciendo un total de 32.767 has, con una moderada variedad de tubérculos y quinua de valor genético especialmente de la subespecie *S. Andigenum*, que corren el riesgo de erosionarse por el deterioro ambiental y la constante homogenización varietal por exigencias del mercado.
- Las producciones son regulares y bajas producto de los cambios ambientales, manejo y descenso de la fertilidad del suelo, aún con el uso de abono orgánico, que por la mala calidad su recuperación no es significativa para el desarrollo productivo; por tanto en la búsqueda de la seguridad productiva se interviene los diferentes ecosistemas mas halla de su capacidad de sostenimiento y equilibrio ecológico. Cuyo valor bruto de 65'408..080 B\$ no guarda relación con la superficie de cultivo, y la elevada densidad poblacional que tiene esta subcuenca. pero es uno de los pocos medios para su subsistencia.
- Los cultivos son afectados por plagas insectiles, roedores y aves, los que en su control con biocidas han generado tolerancia y sus poblaciones están en continuo incremento, favorecidos por el monocultivo y la ausencia de sus predadores naturales, que fueron eliminados en forma directa e indirecta sumadas a las sequías provocan perdidas totales de la producción.
- No se aplica ninguna recomendación técnica adecuada al ecosistema que permita el mejor uso de los recursos naturales en la producción agrícola y conservación del suelo que no descansa y se continúa con la habilitación de tierras que destruyen la estructura y cobertura vegetal.

3.1.2. Flora silvestre

3.1.2.1. Comunidades vegetales existentes.²¹

La descripción de la flora del departamento de Oruro, a identificado para esta subcuenca 13 unidades de vegetación diferenciadas en función de su fisonomía, dominancia de especies características. Cuyo detalle es el siguiente.

²¹ PARABA AZUL PREFECTURA DE ORURO Inventario de flora y fauna del departamento de Oruro 2.004 pag 26

- Bosquecillos de *Polylepis tarapacana* (queñuales)
- Comunidad mixta de *Azorella compacta* y *Festuca orthophylla* (yaretal)
- Comunidad de *Festuca orthophylla*, *Parastrephia lepidophylla* en afloramientos rocosos (pajonal tholar)
- Comunidad de matorrales espinosos y cactus columnares (añawayal kaillar)
- Comunidad de *Fabiana densa* (tara tholar)
- Comunidad de *Lampaya castellani*, *Parastrephia lepidophylla* en depósitos arenosos (lampayal tholar)
- Comunidad de *Parastrephia lepidophylla* (tholar)
- Comunidad de *Festuca orthophylla* (pajonal)
- Comunidad mixta de *Parastrephia lepidophylla* y *Festuca orthophylla* (tholar pajonal)
- Comunidades de *Distichlis humilis* (gramadal o chijjal)
- Comunidades seminaturales de pradera
- Comunidad de *Frankenia triandra* (frankenial) .
- Vegetación acuática (totora)

Se identificaron tres unidades de vegetación que tienen una alta vulnerabilidad a la actividad antrópica, y de deterioro natural; entre ellas están los arbustales de *Parastrephia lepidophylla*, los arbustales con cactus columnares y los totorales del lago Uru Uru y del Poopó; Formando parte de los municipios de Avaroa, Pagador, Poopó, Sur Carangas, Dalence y Cercado.

a) Matorrales de *Parastrephia lepidophylla*

- Los matorrales de *Parastrephia lepidophylla* (thola), se localizan en laderas suavemente inclinadas de montañas, mesetas, llanuras aluviales, alcanzan alturas de 1 mt.; en las zonas de Ucumasi, Pampa Ullagas, Orinoca, Andamarca, Huari. Formando asociaciones de estrato bajo con: *Muhlenbergia peruviana*, *Deyeuxia*, *Tetraglochin*, *Montiopsis cumingii*, *Luzula macusaniensis*, *Luzula racemosa*, *Vulpia myuros*, *Chondrosium simplex* y *Muhlenbergia fastigiata*.
- En espacios abiertos se encuentran cojines de *Pycnophyllum molle*, *Werneria aretioides*, *Azorella diapensioides*, y en menor frecuencia las especies *Nototriche alternata*, *Nototriche anthemidifolia*, *Nototriche purpurascens*, *Geranium bangii*, *Hypochoeris meyeniana* y *Hypochoeris elata*. Esta comunidad arbustiva se encuentra muy presionada para la extracción de leña, permitiendo su colonización por *Tetraglochin cristatum*, *Festuca orthophylla*, *Stipa leptostachya*, *Nassella asplundii*, *Muhlenbergia peruviana* y *Chondrosium simplex*, cuyas coberturas oscilan entre 30 y 55%, *Adesmia spinosissima*, *A. miraflorensis* y *A. occulta*, esta última forma cojínnes leñosos y espinoso, junto a arbustos *Baccharis santelici*

b) Matorrales con cactus columnares

Se caracterizan por la presencia de cactus columnares, conocidos como "pasacana" (*Trichocereus sp*), con alturas de 2,5 mt, junto a otras cactáceas de los géneros *Opuntia* *Thepbrocatus*, *lobivia*. Forman parte de las serranías que se extienden desde Caracollo (Cercado) hasta Picotani (Provincia Sebastián Pagador) Este grupo tiene varias especies endémicas y la familia está incluida en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies en Peligro (CITES). Ya que existen amenazas sobre sus poblaciones naturales principalmente por el comercio ilegal.

c) Vegetación acuática de totorales.

- Forma parte del sistema acuático del lago Uru Uru y el delta formado luego del desborde en el periodo lluvioso, esta constituido principalmente por *Schoenoplectus californicus tatora* conocido como "totora" que desde el punto de vista biológico cumple dos funciones la primera, se constituye la

principal fuente forrajera para la ganadería de ovinos, bovinos , y la segunda se relaciona con el proceso de nidificación y reproducción de un gran número de aves acuáticas.

- Pero se constituye en una especie vulnerable a la desecación, lo cual es resultante de la poca profundidad del lago (0,20 a 0,45cm. en el periodo seco), forman coberturas de 34 a 60 %. Cuando el área de distribución de la totora se seca se observan sucesiones edáficas de: *Ranunculus* cf. *cymbalaria* que crecen en sitios todavía húmedos junto con *Deyeuxia rigescens*, *Suaeda fruticosa*, *Salicornia pulvinata* y *Chenopodium petiolare*.

3.1.2.2. Cobertura y producción

Las unidades vegetacionales, especialmente las que se encuentran a secano también forman parte de otras subcuencas, las que independiente de su composición florística expresan similitudes fisonómicas, razón por la cual sus coberturas expresan un rango de variación comprendido entre 15 a 75 % y en los gramadales de de 50 a 95 %. La producción de biomasa (herbácea), que es la que mayormente el animal consume esta entre 1.920 a 21,7 Kg/M.S./Ha. con este marco referencial se citan algunos parámetros de cobertura y producción de las unidades vegetales, en algunos casos adecuadas a la subcuenca en descripción.

Tabla 10: Cobertura y producción de biomasa de las unidades vegetales presentes

No.	Unidad vegetal	Cobertura %	Altura de arbustos	Altura de gramíneas	Producción Kg/M.S.
1	Bosques de queñua	30 a 75	120 a 300	40 a 60	267.6*
2	Comunidad mixta de azorella	33 a 41	20 a 60	20	
3	Comunidad de pajonal arbustal	38 a 57	50 a 70	40 a 50	722.6*
4	Matorrales espinosos y cactus columnars	30 a 55	40 a 250	40 a 70	
5	Comunidad de Fabiana densa	40 a 55	80 a 110	5 a 60	
6	Comunidad de Lampaya	15 a 30	50 a 75	2 a 70	
7	Tholar	40 a 45	90 a 120	2 a 30	
8	Pajonal de festuca orthoplyla	33 a 65	30	25 a 100	354 ***
9	Arbustal de Parasthrepia y Festuca	46 a 50	90 a 100	60	
10	Comunidades seminaturales de pradera	81 a 100			3.230
11	Chijjiales	50 a 95		2 a 5	396.9*
12	Frankeniales	10 a 25		2	21.7*
13	Vegetación acuatica (totoraes)	34 a 60			1.920

Fuente: *ALT. Valdivia, J. Massy, N. (1.995)

** Prieto. et al (2.002)

*** Alzerreca (2.000)

La cobertura en las comunidades parecidas a praderas esta entre 81 a 100% con un rendimiento de biomasa superior al resto de las comunidades, cuyos valores se relacionan a la composición florística, área de distribución (fondo de valle), y humedad edáfica, Con referencia a otras comunidades, tienen bajas producciones en cantidad y calidad; como en todos los sistemas ecológicos son resultantes del sobrepastoreo y del pastoreo selectivo, que las expone a la erosión genética.

3.1.2.3. Prácticas de manejo de las comunidades vegetales²²

Casi en la totalidad de las unidades de vegetación, no se realiza ninguna práctica de manejo que permita la recuperación y conservación de su capacidad productiva. Pero en algunas ocasiones se practica el quemado, tratando de mejorar la calidad de las pasturas, que pueden ser logradas si se tienen en abundancia las especies y van acompañadas de un régimen pluvial continuo no erosivo, situación poco frecuente; por tanto favorecen la erosión edáfica y genética; destruyéndose plantas, semillas de especies de alto valor forrajero y de las formas vitales, estructuradas en muchos años, por tanto su regeneración tendrá que tener el sustento de una buena acumulación de semilla que no haya sido destruida por el fuego lo cual es improbable.

Se realiza una constante deforestación arbustiva que a parte de alterar el ecosistema del suelo en sus componentes físicos, químicos, se eliminan los estratos herbáceos que viven bajo la protección de los arbustos; por otra parte, se intensifican los movimientos de corrientes de aire, con un aumento de partículas de suelo en suspensión

3.1.2.4. Importancia económica de la vegetación silvestre.

a) Forrajera

La vegetación silvestre es el componente principal para la alimentación del ganado especialmente camélido que se encuentra fuera del límite donde se practica una agricultura intensiva, las poblaciones humanas que viven en estos sectores solo tienen como único recurso a las unidades vegetales nativas, para la alimentación de su ganado. En cuanto al Porcentaje de utilización, exclusivamente destinada al pastoreo de la vegetación silvestre, esta se encuentra comprendido entre 25 al 43 % (Tabla 11)

Tabla 11: Utilización de las comunidades vegetales silvestres en el pastoreo

Comunidad vegetal	Rendimiento promedio Kg/M.S.ha.	% de utilización	Capacidad de Carga U.O./ha.
Pajonal arbustal**	722,6	25 a 43	1,5
Pajonales	519,6	25 a 43	1,5
Queñual pastizal*	267,6	25 a 43	0,3

Fuente : * Alzerreca 1.987

** ALT Valdivia et al 1.999

La poca producción de fitomasa y su baja calidad son producto del pastoreo selectivo, deterioro de su hábitat; que impide completar su ciclo reproductivo, la deforestación que les ha privado de sitios microclimáticos para conservarse a la que además se suman agentes de deterioro natural entre ellas la sequía y erosión.

Estas actividades antropogénicas (Agricultura, Ganadería, deforestación), conducen a la formación de otras comunidades de escaso valor pastoril, como el caso de arbustos de *Tetraglochin cristatum*, *Stipa ichu*, *senecio sp.*; cuya mayor presencia se asocia a los bajos requerimientos para su desarrollo, resistencia, alta producción de semilla, escasa competencia, desarrollo radicales profundos.

Similar importancia tienen la vegetación acuática del lago Uru Uru constituida por totorales en un determinado momento (1.996), llegó a soportar una carga de 1.237 vacunos 32.000 ovinos, la misma que estaba asociado a una producción de 6,6 a 2.5. ton/M.S./ha. De totora, expresando así su importancia forrajera y que actualmente estos valores tienen un significativo descenso (Morón 2.004).

²² S.T.D.P.S. Estudio de erosión de suelos 1.993 pag. 5- 6

b) Medicinal

Muchas dolencias orgánicas en el área rural son tratadas con el empleo de determinadas especies silvestres, virtudes que son aprovechadas para ser comercializadas en los centros ciudadanos, generando recursos económicos adicionales a sus principales actividades; su extracción no es intensiva; pero algunas de estas son susceptibles de manejarse con criterios productivos; particularmente las que tienen mayor densidad poblacional, pero que deben ser sustentadas por análisis bioquímicos que determinen su valor fitoterapéutico (alcaloides, hormonas, glucosidos, fitotoxinas, esteroides, minerales, etc.), de las cuales se tiene un vacío de conocimiento formal que valore su importancia medicinal dentro el ecosistema.

c) Alimenticia.

Frutos de algunas especies de cactáceas, plantas parásitas de crecimiento subterráneo, raíces; son utilizadas con fines alimenticios, que son aprovechadas desde un criterio extractivo y no de manejo, pero que forman parte de los sistemas andinos para el sostenimiento de la población, cuyo valor y densidad poblacional esta en constante descenso, parte por la deforestación en el caso del *Ombrophytum subterraneum*, y en otros por la constante extracción de raíces de “achacana”, disminuyendo su población hasta solo confinarlo a sitios relativamente inaccesibles, los cactus columnares no tienen un manejo adecuado especialmente en la recolección de frutos la planta es dañada y en otros casos se las derriba, para que tenga uso en la infraestructura rural.

3.1.2.5. Factores biológicos y abióticos que afectan a las comunidades vegetales

a) Bioticos

La degradación de las comunidades vegetales, están asociadas al sobrepastoreo, a la acción selectiva del pastoreo, permitiendo que muchas de estas categorías vegetales estén en peligro constante de una erosión genética, que viene a ser la pérdida constante de las poblaciones de estas especies que la conducen a la extinción, especialmente cuando solo dependen del factor semilla y no cuentan con los medios vegetativos naturales para su multiplicación. Además que sus respuestas ecológicas al pastoreo son bajas con lo que se incrementa su deterioro, teniendo una mejor respuesta los arbustos.

Las especies nativas son sustituidas por otras categorías vegetales introducidas por el hombre de mayor valor forrajero, (alfalfa), pero de mayores exigencias para su desarrollo con las cuales compiten, al mismo tiempo estas especies otorgan el medio adecuado para la introducción de plantas no deseables (diente de león, bolsa del pastor, etc), lo que no era frecuente en las praderas nativas

b) Abióticos

A pesar que la vegetación silvestre tiene cierta tolerancia a los factores climáticos extremos, no esta exenta de sufrir los efectos negativos, entre ellas se encuentra la sequía, que conduce a la muerte de las especies mas susceptibles, particularmente herbáceas.

Las fuertes precipitaciones provocan el arrastre de material edáfico acentuado por la baja cobertura vegetal, carácter suelto del suelo y falta de estructura; dejando al descubierto los sistemas radiculares superficiales, dificultando su establecimiento y conservación. Las granizadas ocasionan daños mecánicos a las plantas mayormente en el periodo reproductivo disminuyendo la capacidad productiva de semilla para la regeneración de las especies. Similar situación ocasionan las heladas en el mismo periodo vegetativo; Entre otros factores que las afectan están: la desertización y salinización de suelos.

c) Antropicos.

La actividad ganadera y agrícola ejerce una fuerte presión sobre áreas de buen potencial forrajero herbáceo; especialmente cuando existe escasez por diversas causas, sean estas naturales y derivadas del mal manejo del sistema o al tratar de ampliar la frontera agrícola de manera extensiva con un fundamento social muchas veces no llegan a considerar los medios mecánicos de protección del suelo como alternativa para la conservación y protección de la flora silvestre.

La constante deforestación de los arbustales de thola y pajonales reduce su cobertura y desprotegen el suelo, dificultando el desarrollo y la permanencia de los estratos herbáceos bajos con los cuales se encuentran asociados, daño que se acentúa cuando su regeneración se dificulta por los factores climáticos.

La contaminación minera proveniente del lado oriental del lago Poopó y Uru Uru, tiene su efecto sobre la flora de estos lagos como en la vegetación circundante, haciendo que esta disminuya y se anule completamente su desarrollo

3.1.2.6. Niveles tecnológicos disponibles

No se dispone de ningún sistema de protección de la flora silvestre, tanto en el sentido técnico como el administrativo, también algunas recomendaciones destinadas a su conservación mediante un manejo silvopastotil no han tenido la fuerza para apoyar esta necesidad con el objeto de evitar su erosión y pérdida de su vitalidad y puedan ser incorporados en los sistemas de producción de manera formal..

3.1.2.7. Situación ambiental de la flora silvestre

El incremento expansivo de la actividad humana (agricultura, ganadería, deforestación, minería y otras) se encuentran modificando continuamente el hábitat, destruyendo determinadas formas vitales de la flora silvestre y los medios de sustentabilidad y capacidad regenerativa, para convertirse en áreas inapropiadas para todo tipo de actividad biológica productiva, un resumen de su situación se detalla a continuación, acentuadas por la falta de estudios y políticas de gestión descentralizadas

- En la subcuenca Poopó se tienen trece comunidades vegetales, de estas tres son vulnerables a la actividad antropica y natural, estando representadas por matorrales de thola localizada en la planicie no inundable cactus columnares de la serranía y totora en el lago Uru Uru
- La cobertura de las comunidades vegetales se encuentra entre 10 a 75 %, son resultantes de la deforestación y del deterioro natural; su producción esta entre 1.920 a 21 kg/ha/M.S, valores bajos resultantes del pastoreo, deterioro ambiental; que afecta los ciclos reproductivos de la especies palatables que conducen a la erosión genética, además que la deforestación les ha privado de los sitios microclimáticos para conservarse favoreciendo el desarrollo de comunidades de bajo valor económico y ecológico.
- Los cactus del género *Trichocereus*, distribuidas en toda la serranía oriental, presentan una buena variabilidad, cuyo fruto "pasacana" de buena producción (sobrepasa las 200 kg/ha) y aceptabilidad, no es aprovechada adecuadamente, y que por el deterioro de su hábitat por causas antrópicas y naturales se tienen la pérdida de las formas mas desarrolladas. En el lago por la salinización y sedimentación, continuamente se pierden grandes superficies de totorales inhabilitando el hábitat de la fauna lacustre.
- No se realiza ninguna practica de manejo que permita la recuperación y conservación, solo se aplican acciones de quemado de la vegetación, que tratan de mejorar las pasturas pero por la deforestación,

sobrepastoreo y la fragilidad del ecosistema, solo favorecen la erosión edáfica por agentes abióticos y la erosión genética de determinadas especies, destruyéndose la estructura de las formas vitales desarrolladas en muchos años

- Las especies arbustivas son usadas y comercializadas como recurso energético en los hornos de estuco, panaderías, etc. los frutos de los cactus como alimento y otras con fines fitoterapéuticos; en las que no se tiene planes de manejo que conserve y mejore su aprovechamiento. Como forrajera tiene un alto valor económico ya que el 98 % de la ganadería tiene el sustento en la producción de la flora silvestre nativa.
- Su afectación biológica está asociada a la actividad agrícola ganadera, las parasitosis a los sistemas radiculares y caulinares de arbustos y cactus, por plantas que afectan su vitalidad y que en algunos casos el hombre saca provecho del mismo una de estas especies el “anquañoku” (*Ombrophytum subterraneum*) También se agregan los factores climáticos extremos (sequías, precipitaciones, heladas, granizo).a las cuales de acuerdo al nivel de organización tienen determinados grados de tolerancia; y en caso de la totora son susceptibles a la salinización y la constante sedimentación.
- Se tiene un vacío técnico de la fitosociología de las comunidades vegetales, como de las características ecológicas, productivas y cualitativas a fin de intervenirlas, con el objeto de mitigar su afectación en beneficio de su recuperación y conservación.

3.1.2.8. Importancia relativa de la flora.

- La continua deforestación en la habilitación de tierras de cultivo contribuye, a la degradación del ecosistema de la subcuenca Poopó ocasionando la erosión genética de la flora silvestre y erosión de suelos, cuya función vital de las comunidades vegetales nativas conducen a la modificación de valores ambientales.
- La sequía prolongada es el factor de mas alto riesgo para la flora especialmente para los cultivos, De manera similar la presencia de plagas en la parte Sur y Norte de la subcuenca (insectos y hierbas) tienen mayor impacto en los cultivos que en las especies nativas

3.2. Fauna domestica y silvestre.

3.2.1. Fauna domestica

La subcuenca Poopo tiene entre sus principales actividades la producción pecuaria y agrícola casi con los mismos niveles de importancia variando solo en la localización de la actividad intensiva de cada uno de ellos, con todo esto, se considera importante a la pecuaria por ser la que ofrece mayor seguridad productiva, alimentaria y económica, aunque en la mayoría de los casos sea solo de subsistencia.

3.2.1.1. Especies animales existentes

a) Especies y cantidades²³

Se presenta una predominancia de ovinos, llamas, bovinos, a nivel provincial dentro la Subcuenca el mayor número de llamas se halla en la Provincia Avaró y Sebastián, Pagador lo mismo que los ovinos y bovinos pero de forma general en toda la subcuenca, se tiene un total de 1'007347 animales.

²³ Elaborado en base a P.D.Ms. municipios de subcuenca Poopó 1.999

Tabla 12: Especies y cantidades de ganado de la subcuenca Poopó

Especies	Cantidades	%
Ovinos	555.380	55,1
Llamas	397.483	39,5
Alpacas	19.087	1,9
Bovinos	35.397	3,5
Total	1'007.347	100,00

Fuente: Censo de camélidos UNEPCA 1.999, SNAG 1.993
 SEDAG. CES. SRL 2.002

La tenencia de ganado en conjunto tiene características de subsistencia, especialmente en la puna y la planicie situada a las márgenes del lago Poopó; en ambos casos es producto de la pobre condición de la pradera nativa, de las frágiles características ecológicas y poca tenencia de tierra; por tanto son sometidas a un continuo sobrepastoreo por encima de su capacidad de sostenimiento

Se puede observar relativas mejoras en áreas bajo sistemas de riego de la represa de Tacahua y otras zonas, que les ha facilitado la implantación de praderas introducidas orientándoles a la crianza de ganado bovino, lo que les permite estar en mejores condiciones que el resto

b) Razas y distribución.

En llamas se tienen identificados dos razas denominadas “Karas” y “tampullis”, donde la primera esta en mayor proporción que la segunda; en cuanto a los ovinos y bovinos mayormente son criollos, solo en la zona dedicada a la lechería son mejorados, como se puede observar en la Tabla 13.

La tenencia de ganado ovino es discutible, por constituirse en elemento deteriorador del ecosistema, pero desde el punto de vista económico se constituye en la “caja chica” del poblador, además que en gran parte, por la pobreza de los pastos nativos es el único medio para el aprovechamiento de estos recursos como para la generación de economías de subsistencia.

Tabla 13: Razas y distribución de las especies en la subcuenca Poopó

Especie	Distribución		Total
	Raza	%	
Llama	Kara	81,8	100
	Tampulli	18,2	
Alpaca	Huacaya	100,00	100
Ovinos*	Criollo	95,83	100
	Hampshire	1,82	
	Corriedale	2,37	
Bovinos*	Criollo	66,00	100
	Mejorado	34,00	

Fuente: Censo UNEPCA 1.999.

*SEDAG CES SRL. 2.003

**SEDAG SE.COM P& CH 2.004

c) Areas de distribución geográfica de las especies.

Dentro la actividad ganadera se tiene la distribución de las especies, de acuerdo a la aptitud productiva de las áreas geográficas y al uso de los mismos por los animales; es así que la ganadería camélida ocupa mayormente las alturas y los ovinos y bovinos ocupan las partes de pie de monte y planicie

Tabla 14: Distribución geográfica de las especies

Especie	Area fisiográfica		
	Serranía	Pie de monte	Planicie
Llama	x		x
Alpaca			x
Ovinos		x	x
Bovinos		x	x

PDMs municipios subcuenca Poopó 1.999

Esta distribución aunque no es la adecuada, en el pasado todos los sistemas ecológicos formaban parte de un plan de manejo de la ganadería camélida, pero estas últimas se han adaptado a ecosistemas fragiles con niveles de sobrevivencia, para dar paso a la ganadria introducida

d) Rendimientos.²⁴

La producción pecuaria dentro la subcuenca esta en función de las características de cada especie animal y son variables especialmente con la producción de carne, leche y fibra de camelidos; comportamiento que es similar al de las otras dos subcuencas exceptuando la población de bovinos que es la mas alta junto a la producción láctea; aunque en ovinos no es frecuente realizar labores de esquila debido a los bajos precios en el mercado, por lo que esta se realiza solo de acuerdo a las necesidades y mayormente son destinados a la producción de carne. Tabla 15

Tabla 15: Rendimientos de la producción pecuaria

Especie	Rendimientos/			
	Carne kg.	Fibra Lib	Lana Lib/u.o.	Leche lit/día
Llama	40	3 a 4		
Alpaca	35	7 a 8		
Ovinos*	9		2 a 3	
Bovinos**	210			4,9 a 7,2

Fuente: UNEPCA 1.999

* PDMs municipios subcuenca Poopó 1.999

** SEDAG. CES S.R.L 2.003

Los rendimientos en los distintos componentes son regulares, siendo el reflejo de la actual condición de la pradera, como las limitaciones de manejo; ya que la tenencia de ganado pensando en el equilibrio ecológico debería estar en base a la capacidad productiva de la vegetación silvestre, o estableciendo nuevas praderas nativas, reduciendo la carga animal a un nivel tolerable que permita un mejor uso de los recursos naturales y su regeneración.

²⁴ En base a estadísticas de UNEPCA Censo Nacional de Camelidos 1.999; SEDAG. 2.002

e) Coeficientes técnicos de la producción ganadera.

Estos coeficientes son relativamente similares en todo el departamento no teniéndose incrementos importantes, si bien la zona tiene alto potencial ganadero, la mayoría de estas aun se encuentran en praderas nativas de condición pobre a regular, por tanto los promedios generales de estos índices productivos serán los mismos. (Tabla 16)

Tabla 16: Coeficientes técnicos de la producción pecuaria

Coeficientes técnicos	Llamas	Alpacas	Ovinos	Bovinos
Parición %	33 a 35	33 a 35	75	28
Mortandad de crías	5	5	25	10
Mortandad de adultos	2	3	2	2
Extracción	14	14	25	11
Peso al nacer	4.3	4	1.8	13.5
Peso a canal (machos)	50	35	9	210

Fuente: Secretaria Nacional de Agricultura y Ganadería SNAG 1.994.

Las bajas tasas de parición exceptuando en ovinos aparentemente son producto del factor nutricional que es deficiente en camélidos, aun en los bovinos y regulares en ovinos, diferencia relacionada con su mayor capacidad para poder extraer el forraje, llegando a depredar la vegetación herbácea, garantizándose una mejor provisión alimenticia que las otras especies.

3.2.1.2. Manejo pecuario.

La Producción con carácter comercial generalmente se localiza en el área circundante a la represa de Tacagua y zonas agrícolas, aspecto que les permite aplicar determinados niveles tecnológicos (reproducción, sanidad animal, infraestructura pecuaria, alimentación), particularmente cuando va dirigido a la producción láctea; no ocurre lo mismo en el resto de la subcuenca, donde el sistema de manejo tiene muchas limitaciones de carácter técnico.

Alimentación.- La alimentación en las áreas potencialmente ganaderas, tiene el apoyo de las pasturas introducidas, pero gran parte de la ganadería debe satisfacer sus requerimientos diarios solo con el aporte de la vegetación silvestre que mínimamente le sirve para su autosostenimiento, por tanto los índices de producción son bajos

Reproducción.- Se ha avanzado en el mejoramiento de la ganadería bovina, contándose con reproductores mejorados que a permitido elevar los promedios de producción láctea, similar caso se da en ovinos aunque en menor porcentaje; en cuanto a los camélidos de manera particular algunos ganaderos realizan cambios de reproductores mediante la introducción de llamas del occidente.

Sanidad.- La necesidad de tener rebaños sanos y productivos a permitido que entre el 75,26 a 54.75 % realicen actividades de desparasitación interna y externa en bovinos, en camélidos se da en menor frecuencia, estando por debajo del 5 %(comunicación personal)

Esquila.- Esta actividad se practica en camélidos y es incentivada por los buenos precios de la fibra, en cambio en ovinos no es frecuente debido a los bajos precios de su lana.

3.2.1.3. Importancia económica de la producción.

La importancia económica de la actividad ganadera es preponderante en determinados sectores de la subcuenca, relacionándose con la producción de carne Leche, quesos, fibra, cueros de llamas y ovinos; sus valores económicos están asociadas con los volúmenes totales, estableciéndose que la leche y carne representan los mayores volúmenes, como puede apreciarse en la Tabla 17

Tabla 17: Volumen de la producción pecuaria subcuenca Poopó

Especie	Fibra kg/año	Cuero /año	Carne kg/año	Llama viva/año	Leche lit/año
Ovino			1'110.760		
Llama*	16.027	39.570	24.768	10.533	
Alpaca*	1.000	881	368	81	
Bovino					11'852.280
TOTAL	17.027	40.451	1'135.896	10.614	11'852.280

Fuente: UNEPCA 1.999

* PDMs Municipios de la subcuenca Poopó 1.999

** SEDAG. CES S.R.L 2.003

Del conjunto de estos datos se puede determinar la especialización de determinadas zonas de la subcuenca en actividades productivas²⁵ que van mas halla de lo tradicional, donde solo la producción láctea permite un movimiento económico mas fuerte que en todos los rubros, continuándole la carne de los ovinos y de camélidos, venta de llamas en pie vivos; cuyo valor bruto de la producción alcanza a 40'842.611,00 B\$

En la ganadería camélida y de ovinos estos datos solo constituyen un componente para el autosostenimiento con todas sus limitantes; situación que se encuentra articulada a la falta de tecnología adecuada dentro estos sistemas de producción, que mejoren el componente técnico y de la recuperación, conservación y protección de los recursos vegetales, que constituyen la base de la actividad ganadera.

En lo referente a los bovinos, que representa el mayor componente productivo esta es dependiente del manejo y la implantación de praderas introducidas que garantizan su producción forrajera, y solo se circunscribe a determinados sitios que tengan estas potencialidades naturales

²⁵ En base a estadística UNEPCA Censo Nacional de Camelidos; SEDAG 2.002; INE.1.998

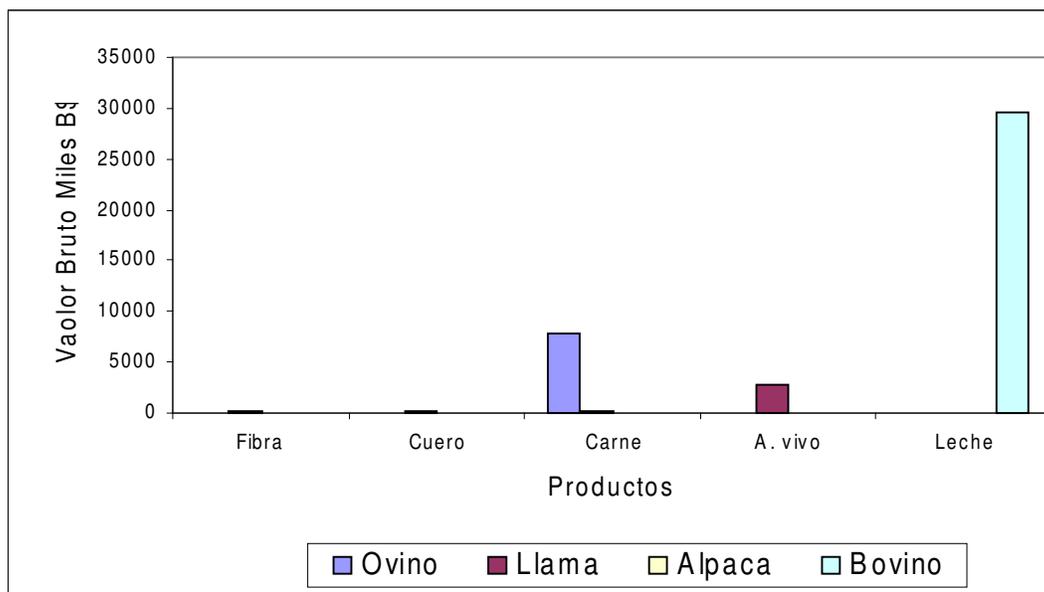


Ilustración 8: Distribución del Valor Bruto de la producción ganadera de la subcuenca Poopó

3.2.1.4. Factores biológicos y abióticos que afectan a la producción pecuaria.

a) Biológicos.

Principalmente están aquellos que causan las parasitosis y enfermedades, que conducen a bajos rendimientos, en carne, fibra, natalidad (Tabla 18). También está relacionado con la constante disminución productiva de fitomasa en las unidades vegetacionales, haciendo que su condición vaya de regular a pobre impidiendo la satisfacción de los requerimientos diarios de ingesta, en algunos sitios de pastoreo encontrándose en un nivel de subsistencia; ya que si bien la producción de fitomasa puede alcanzar a 3.230 a 396,9 kg..M.S./ha de una pradera y un gramadal este solo tiene entre el 25 a 43 % de utilización (Prieto et al 2.002)

Tabla 18: Parásitos y enfermedades que afectan al ganado

Ganado	Enfermedad Parasitaria	Enfermedades
Llamas	Sarna, garrapatoxis, piojera Teniasis, sarcosistiosis	Bronquitis, neumonía. Diarrea, Enterotoxemia
Alpacas	Sarna, garrapatoxis, piojera Teniasis, sarcosistiosis	Bronquitis, neumonía. Diarrea, Enterotoxemia
Ovinos	Sarna, garrapatoxis, piojera Teniasis, cenurosis	Bronquitis, neumonía. Diarrea, carbunco, timpanismo, gastroenteritis verminosa
Bovinos	Sarna, garrapatoxis, piojera Teniasis	Bronquitis, neumonía. Diarrea, carbunco, timpanismo, gastroenteritis verminosa , mastitis

Fuente : PDMs Municipios de la subcuenca Poopó 1.999

La presencia constante de especies invasoras entre ellas diente de león, garbansillo, bolsa del pastor, botón de oro, etc. afectan la producción por las intoxicaciones que ocasionan a los animales al ser consumido. En las praderas implantadas se tiene una mayor presencia de plagas insectiles mayormente integrados por pulgones,(verde y negro) que deterioran la calidad del forraje ocasionando rechazo de los animales, la que no era frecuente en praderas nativas.

b) Abioticos

Las temperaturas inferiores a cero grados, les predisponen a contraer enfermedades respiratorias, afectando mayormente a las crías, esto se acentúa por la ausencia de apriscos techados, al mismo tiempo la baja resistencia se asocia a la deficiente alimentación en la mayoría de los lugares por la ausencia de praderas introducidas. Similares efectos tienen las constantes lluvias, nevadas y granizadas.

Por otra parte en los periodos y prolongadas sequías no permiten el crecimiento de la vegetación especialmente herbácea provocando una competencia intraespecifica, no logran satisfacer sus requerimientos. Entre otros factores se encuentran la desertización y salinización de suelos que afectan la productividad forrajera

3.2.1.5. Niveles tecnológicos disponibles

La infraestructura pecuaria, esta integrada por corrales descubiertos construidos con tierra, y paja exponiendo a los animales a todas las inclemencias climáticas, acentuándose la mortandad especialmente crías y animales mal alimentados. En casos excepcionales se tienen corrales cubiertos construidos para el ganado lechero. Se disponen de vigiñas (estanques de tierra para su almacenaje), y en los niveles mas avanzados perforan pozos de agua, destinados para los bovinos; de acuerdo a la importancia otorgada a la producción solo en este rubro se realizan controles sanitarios como tecnologías de producción.

3.2.1.6. Situación ambiental de la fauna domestica

La actividad pecuaria por ser dependiente de la flora silvestre en 98 % se encuentra en un estado de subsistencia, por lo que mantiene bajos índices productivos como de desarrollo, con tendencia a decrecer por la alteración y presión continua de los sistemas vegetales que estan por encima de su capacidad de sostenimiento; aún en áreas que esten en buenas condiciones, propiciando diferentes tipos sucesionales de escaso valor forrajero y ecológico

- Se tiene una población de 1'007.347 animales entre ovinos, camelidos, bovinos y alpacas; cuya distribución esta en función de su adaptación y potencialidad de sus recursos vegetales, con índices productivos que solo representan la regular condición de la pradera como las limitaciones de su manejo.
- La condición de la ganadería domestica, en determinados sectores de la subcuenca esta en un nivel de subsistencia porque depende de la producción forrajera silvestre, cuya reducción cualitativa y cuantitativa promueve al sobrepastoreo, aparte de que solo entre el 23 a 45 % es utilizable orientando a una disminución productiva en todos sus componentes, no permitiendo un mejoramiento socioeconómico.
- La producción pecuaria tiene un valor bruto de 40'842.611,00 B\$ obtenidas por la venta de lacteos, carne, camélidos vivos, cifra que aún no constituye un medio para la sostenibilidad económica, la que está articulada a la falta de tecnología adecuada al sistema ecológico, que mejore la recuperación, conservación de los recursos vegetales, que constituyen la base de esta actividad.

- La fauna domestica es afectada por la regular condición de la vegetación silvestre y que en algunas áreas áridas se encuentra en un nivel de subsistencia; a la que se agregan las parasitosis internas, los factores climáticos extremos y ausencia de infraestructura pecuaria (apriscos techados, manejo), que afectan la salud y producción de estas especies.

3.2.2. Fauna Silvestre

3.2.2.1. Especies animales existentes cantidad y distribución.

Se ha identificado la presencia de 4 grupos de animales, teniéndose una mayor diversidad biológica en las aves, seguida de los mamíferos, reptiles y peces, estos últimos con un menor número de especies²⁶

a) Reptiles, cantidad y abundancia

Se tiene la presencia de 10 especies de reptiles de los cuales 5 corresponden a 4 géneros de sapos, 5 de lagartos y una especie de víbora. Por tratarse de animales de pequeño tamaño, la abundancia se considera desde un punto de vista cualitativo, e indica que la presencia del orden Sauria (lagartos) como la de los Anuros (sapos) es común exceptuando las especies *Bufo spinulosus*, *Telmatobius sp.*, *Liolaemus signifer* su presencia es rara

Tabla 19: Lista de reptiles presentes en la subcuenca Poopó

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Abundancia
ANURA	Bufonidae	<i>Bufo spinulosus</i>	Sapo	R
	Leptodactylidae	<i>Telmatobius gigas</i>		C.
		<i>Pleurodema marmoratum</i>		C
		<i>Telmatobius marmoratus</i>		C
		<i>Telmatobius sp.</i>		R.
SAURIA	Liolaeminiidae	<i>Liolaemus alticolor</i>	Lagarto	F
		<i>Liolaemus ornatos</i>		F
		<i>Liolaemus signifer</i>		R
		<i>Liolaemus sp.</i>		C
SERPENTES	Colubridae	<i>Tachymenis peruviana</i>	Acero	C.
TOTAL	5	10		

Fuente: ALT. 1.999; Plan de Manejo del Parque Nacional Sajama (1.992)
 PARABA AZUL 2.004 PREFECTURA DE ORURO

La mayor parte de estas especies tienen su hábitat en matorrales boscosos, bosque con thola y chaparrales de queñua; siendo poco frecuente encontrarlos en la puna árida, cuya presencia por especies es menor (4), también se puede señalar la presencia de *Bufo spinulosus*, *Tachymenis peruviana* que se encuentran presentes es cada una de las formaciones vegetales, en tanto que el resto tienen sus propios requerimientos ambientales. Estableciéndose que el conjunto de estas formaciones vegetales son importantes para el mantenimiento de estas especies

²⁶ PARABA AZUL PREFECTURA DE ORURO. Inventario de flora y fauna del departamento de Oruro

Tabla 20: Distribución en las unidades vegetacionales

Unidad vegetacional	Especies presentes	Distribución de las especies
Chaparral de queñua	7	4 sapos 2 lagartos 1 víbora
Puna árida	5	2 sapos 2 lagartos 1 víboras
Chaparral de tholas	6	2 sapos 3 lagartos 1 víboras
Matorral y bosques de tholas y otros	9	4 sapos 4 lagartos 1 víboras

Fuente: PARABA AZUL 2.004 PREFECTURA DE ORURO.
 Plan de Manejo del Parque Nacional Sajama 1.992
 Elaboración propia.

b) Mamíferos.

Se tienen identificados 18 especies de mamíferos, distribuidos en 13 familias taxonómicas, y que en su mayoría están representados por una sola especie las mas abundantes corresponden a los ratones (5 en total), cuyas poblaciones dentro de cada género son altas; y escasas en las categorías titimissi, quirquinchos y tarucas, siendo resultantes de la constante caza que se ha ejercido sobre ellos. (Apéndice 3)

La mayoría de las especies tienen su hábitat en matorrales y bosques de queñua y otros arbustos (*Fabiana*, *Baccharis*, etc), es notoria el hábitat de la taruca en la asociación arbustal pajonal y sitios inaccesibles, rocosos. El conjunto de estas asociaciones arbustivas y chaparrales, son importantes en la mantención de la biodiversidad de los mamíferos, de valor ecológico, genético; resultando prioritaria su conservación y protección; especialmente para la preservación de aquellas especies que son poco comunes y raros. Este propósito no es cumplido por que casi todas las áreas están intervenidas por la actividad antrópica

Tabla 21: Distribución en las unidades vegetacionales

Unidad vegetacional	Especies presentes	Distribución de las especies
Chaparral de queñua Altoandino subhúmedo	8	4 sp.carnívoros 2 artyidactilos 1 ratón 1 sp rata
Puna árida	7	4 carnívoros 1 vicuñas 1 rata 1 libre
Chaparral de tholas	9	3 carnívoros. 1 Quirquinchos 1 Comadreja

Unidad vegetacional	Especies presentes	Distribución de las especies
		1 Vicuña 2 sp. De ratones 1 liebre
Matorral y bosques de tholas y otros	10	3 carnívoros 1 comadreja 1 viscacha 5 sp. ratones

Fuente: PARABA AZUL 2.004 PREFECTURA DE ORURO.
 Elaboración propia.

c) Aves.

Esta subcuenca tiene la influencia de los lagos Poopo y Uru Uru, a esto se agrega la influencia de las serranías del altoandino subhúmedo que con todas sus formaciones vegetales albergan una amplia variedad de aves. Teniéndose un total de 93 especies registradas, distribuidas en 36 familias taxonómicas, donde solo 13 familias contienen una sola especie. (Apéndice 4)

Se tiene una significativa abundancia en los lagos Uru Uru, Poopo y formaciones vegetales a lo largo de la serranía del altoandino subhúmedo. En el primero de los ambientes las poblaciones de pariguanas, imanas, playeritos, patos son las más altas. Las aves terrestres están integradas por muchas especies que tienen como hábitat las formaciones arbustivas de matorrales y pajonales, cuya mayor abundancia la integran especies de pequeño tamaño; siendo poco comunes aquellas de uso alimenticio y rapaces.

d) Ictiofauna

Existen 5 especies de peces, tres son nativos del lago Poopó que corresponden a *Orestias Agassii* y *Orestias luteus* y *Trychomecterus*, a esto se agregan dos especies introducidas como el *Odeontesthes bonariensis* (pejerrey) y la trucha *Salmo gairdneri*.

Tabla 22: Lista de especies de la ictiofauna de la subcuenca Poopó

Especie	Nombre común	Abundancia
<i>Orestias luteus</i>	Carachi	C.
<i>Orestias agassii</i>	Carachi	C.
<i>Trychomecterus sp.</i>	Suchi	PC
<i>Odeontesthes bonariensis</i>	Pejerrey	C
<i>Salmo gairdneri</i>	Trucha	PC

Fuente : CDP Oruro 1.995
 C: Común; PC: Poco común

Las especies del género *Orestias* son abundantes en los lagos Uru Uru Y Poopo encontrándose en las unidades de rupia que son los sitios para su reproducción. La abundancia del pejerrey esta sujeta al mayor espejo de agua en ambos lagos, además de ser la que genera mayor movimiento económico y nutricional que las especies nativas. En cuanto a las truchas su presencia se da esporádicamente en el periodo de lluvias, resultante de migraciones provenientes del lago Titicaca, pero no pueden permanecer mucho tiempo en ambos lagos porque las condiciones de contaminación minera y de sólidos suspendidos en el agua son altos, ya que son muy sensibles a ellos.

3.2.2.2. Practicas de manejo.

En el conjunto las especies animales exceptuando el caso de la vicuña donde se realiza un programa de gestión comunal, que beneficia a las comunidades en el aprovechamiento de la su fibra, no se tiene ningún tipo de manejo de sus poblaciones, especialmente de aquellas de interés económico, ecológico, turístico, entre las que son susceptibles de manejo están el suri, perdiz, huallata, quirquincho y otros dentro su mismo hábitat. En el caso de la fauna íctica, solo se circunscribe a la parte administrativa que involucra el control de cooperativas pesqueras, tamaño de pesca, diámetro de las redes y periodos de pesca y veda.

3.2.2.3. Importancia económica de la fauna silvestre.

La importancia económica de la fauna silvestre es directa e indirecta en el primero de los casos esta relacionado con la cacería de los mismos para su posterior comercialización ya sea como alimento, medicina tradicional, confección de artesanías y disfraces folclóricos, que en conjunto estructuran un sistema económico de subsistencia, además que el mismo esta regido por los patrones económicos de oferta y demanda.

Reptiles

Son cazados por sus virtudes de solucionar problemas de carácter traumatológico (Fracturas) y son vendidos a razón de 2 a 4 B\$. Similar destino tienen los sapos y ranas que son utilizados en ritos pagano religiosos (Aparicio 2.003)

Mamíferos

Se tiene una constante cacería del quirquincho, gato andino, la vicuña y taruca que tienen una finalidad comercial, ya sea para uso folklórico o medicinal utilizando su caparazón, piel, cuernos, fibra, También se debe indicar el descenso poblacional de la viscacha, especialmente en áreas de mayor concentración antropica, siendo cazada para consumo humano.

Tabla 23: Uso de mamíferos en la subcuenca Poopó

Especie	Alimentación	Medicinal	comercial	Cacería
<i>Chaetophractus natoini</i>			x	
<i>Leopardos jacobita</i>			x	X
<i>Oncifelis pajeros</i>			x	
<i>Hippocamelus antisensis</i>	x	x		X
<i>Vicugna vicugna</i>	x		x	
<i>Lagidium viscaccia</i>	x			

Fuente: PARABA AZUL 2.004 PREFECTURA DE ORURO
 Morón obs. Y comunicación personal

Aves.

La importancia económica de este grupo si bien no es altamente significativa pero permite la subsistencia de grupos originarios (Uru Muratos) con el uso de una amplia variedad de especies acuáticas presentes en los lagos Poopó y Uru Uru. Y en otros casos esta importancia económica directa de su uso es sobrepuesta por actividades de mayor rentabilidad, particularmente la industrial y minera que afectan negativamente su hábitat.²⁷

²⁷ Rocha, O. et.al Fauna . Diagnostico de los recursos naturales y culturales de los lagos Poopó y Uru Uru 2.002 pag 44

Su importancia indirecta, esta ligada al control biológico que ejercen los carnívoros y aves rapaces sobre otras especies que son perjudiciales para la producción particularmente agrícola (ratones y Aves pequeñas) que ocasionan pérdidas económicas al agricultor.

Peces.

A parte de la producción de pejerrey las especies nativas de *O. agassi* y *O. luteus* (carachi), se constituyen en generadoras de alimento y economías, especialmente cuando las condiciones ambientales son severas para el pejerrey, como ocurrió el año 1.995, donde se constituyó como la única fuente alimenticia para las etnias y pescadores

3.2.2.4. Factores biológicos y abióticos que afectan a la fauna silvestre

a) Biológicos.

La fauna silvestre tiene como principal elemento competitivo de su hábitat a la actividad ganadera, que alteran sus microecosistemas, llegando a interferir sus comportamientos etológicos, especialmente de aquellas más sensibles. También las enfermedades contribuyen en muchos casos a la disminución de sus poblaciones que cuando son severos eliminan a las que son más vulnerables.

En el caso de los peces la introducción del pejerrey en los dos lagos y su rápida multiplicación la ha convertido en un competidor por el espacio con las especies nativas, llegando a confinarlos a las orillas. Pero al mismo tiempo estas especies nativas (*O. agassi*, *O. luteus*) son las que presentan una mayor resistencia a la degradación de su medio ambiente (alcalinidad del agua de 10,2 de P.H. y contaminación minera), pudiendo cumplir todo su ciclo biológico en un ambiente totalmente negativo para el pejerrey (Morón 2.004)

b) Abióticos

Los factores climáticos, como en toda actividad biológica tiene variada influencia para la supervivencia de las especies, dependiendo del hábitat donde se localizan, en el caso de algunos mamíferos, que viven en la planicie, las constantes precipitaciones pluviales ocasionan una alta mortandad por la inundación de sus galerías. Contrariamente las prolongadas sequías tienen su efecto negativo para las aves que viven en ambientes húmedos, ya que esta interfiere en las cadenas tróficas iniciales para su alimentación, a la que es frecuente los lagos Uru Uru y Poopó.

Similares efectos tienen el granizo y heladas que afectan especialmente a los animales más jóvenes. Entre otros elementos importantes se encuentran la constante erosión de suelos y su desertización, ya que cada especie tiene diferentes requerimientos dentro los límites de su tolerancia ecológica.

c) Antropicos.

Los tipos de impactos generalmente están asociados a la destrucción de su hábitat para la obtención de diferentes recursos sean estos biológicos y minerales, la cacería ocasional y frecuente, donde son capturados con diferentes fines generando una constante depredación especialmente de aquellas que tienen varios usos de acuerdo al requerimiento del mercado

Tabla 24: Fauna amenazada en la subcuenca Poopó

Grupo	Especies	Nombre local	Categoría de amenaza
Reptiles	<i>Liolaemus signifer</i>	Lagarto	VU

Grupo	Especies	Nombre local	Categoría de amenaza
	<i>Tachymenis peruviana</i>	Víbora	VU
Mamíferos	<i>Oreailurus jacobita</i>	Gato andino	EN.
	<i>Lynchailurus pajeros</i>	Gato andino	EN.
	<i>Chaetophractus nationi</i>	Quirquincho	CR
	<i>Hippocamelus antisensis</i>	Taruca	EN
	<i>Vicugna vicugna</i>	Vicuña	CR VU
Aves	<i>Pterocnemia pennata</i>	Suri	EN
	<i>Phoenicoparrus andinus</i>	Pariguana	EN
	<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Pariguana	EN
	<i>Fullica cornuta</i>	Sokha	VU
	<i>Vultur ghriphus</i>	Condor	CR
	<i>Merganetta arnata</i>	Pato de las torreteras	VU

Fuente: Bernal y Silva 2.003

Elaboración propia

Categoría de amenaza: CR Crítico, EN en peligro, VU vulnerable, LR Menor riesgo

3.2.2.5. Niveles tecnológicos disponibles

Al momento no se dispone de ninguna tecnología que permita conservar, proteger los recursos biológicos, exceptuando algunas actividades de gestión de determinadas especies particularmente el de la vicuña, Lo mas que se tiene son ordenanzas y prohibiciones que frecuentemente son incumplidos.

3.2.2.6. Situación ambiental de la fauna silvestre

Continuamente se van, destruyendo determinadas formas vitales de la fauna silvestre y los medios de sustentabilidad, ya que muchas especies son vulnerables a la actividad antrópica (agricultura, ganadería, deforestación, minería, cacería), que modifican su hábitat, provocando perturbaciones desde el punto de vista biológico, cuyo impacto ambiental negativo promueve el descenso poblacional de especies de interés económico y ecológico, producto del mismo se tienen especies en peligro de extinción.

- La fauna silvestre la componen 4 grupos de animales distribuidas entre 10 especies de reptiles, 18 de mamíferos, 93 de aves y 5 especies de peces. Los tres primeros grupos para su conservación y protección prefieren las formaciones arbustivas y humedales independientes de la fisiografía, pero que en la actualidad estas formaciones se van degradando por la deforestación. En cuanto a su abundancia es poco común y rara en aves y mamíferos de uso alimenticio y comercial (perdices, suris, condores, águilas, quirquincho, tarucas, titimisisi etc). Determinándose la importancia de los sistemas arbustales y humedales.
- Se tienen tres especies ícticas nativas, que corresponden a *Orestias agassi* y *Orestias luteus*, (carachi) y *Trychomecterus sp*, donde los carachis son frecuentes en los lagos Uru Uru y Poopó, de manera similar se tiene al pejerrey, cuya permanencia esta sujeta a la continua provisión de agua del río Desaguadero que mantenga el espejo de agua y disminuya las concentraciones de sales minerales estos últimos provenientes de las empresas mineras del sector Este.
- La importancia económica esta relacionada con los recursos que se obtienen de estas especies; formando parte de un sistema económico, regido por la oferta y demanda, que no considera si sus poblaciones están en vías de extinción. Para los grupos originarios el valor económico no es

significativo, pero permite su subsistencia alimenticia (Uru Muratos), comprende una amplia variedad de especies acuáticas. También esta ligada, al control biológico que ejercen los carnívoros y aves rapaces sobre especies perjudiciales para la producción agrícola (ratones y aves pequeñas).

- La fauna silvestre tienen como elemento competitivo de su hábitat a la ganadería, que degrada el ecosistema destinado a la conservación, reproducción de sus especies, además de la motivación económica, alimenticia, medicinal hacen que se tenga una constante presión poniendo en peligro su existencia. Por su parte los factores climáticos severos (precipitaciones, sequías) actúan como un factor de selección natural y control que no distingue la condición ecológica de los animales.
- Se tiene un vacío técnico en relación al comportamiento de las poblaciones animales por tanto no pueden ser entendidas para formular planes de manejo.

3.2.2.7. Importancia relativa de la fauna.

- La actividad antropica (ganadería, agrícola, minería, contaminación urbana, cacería) compite con la fauna silvestre por su hábitat, destruyéndolas convirtiéndolas en áreas no adecuadas para su reproducción. Complementariamente las actividades de subsistencia y comerciales hacen que se tenga una constante cacería de especies de valor económico, poniéndoles en peligro de extinción.
- La falta de definición de políticas y estrategias de gestión de los recursos silvestres permite que se de una mayor valoración al componente productivo que esta por encima del mantenimiento del ecosistema productivo. Se ha generado un ambiente ecológico, socioeconómico altamente inestable especialmente en áreas de mayor biodiversidad de fauna silvestre, cuyo mayor impacto negativo recibe esta fauna.

3.3. Forestal.

3.3.1. Especies forestales existentes, cantidades

La actividad forestal de la subcuenca Poopó es significativa considerando el carácter extractivo y el inestable ecosistema ecológico del altiplano circunscribiéndose a la extracción de recursos arbustivos principalmente de las tholas; observándose un número de diez especies destinadas al uso energético y de infraestructura rural, según la siguiente relación.

Tabla 25: Especies forestales arbustivas

Familia	Especie	Nombre común	Area de distribución
Asteraceae	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Thola	Planicie y pie de monte
	<i>Parastrephia quadrangulare</i>	Thola	Planicie y pie de monte
	<i>Baccharis incarum</i>	Thola	Planicie y serranía
	<i>Polilepys tomentella</i>	Queñua	Serranía
Solanaceae	<i>Fabiana densa</i>	Tolilla	Pie de monte y serranía
Cactaceae	<i>Trichocereus Antezanae</i>	Pasacana	Serranía
	<i>Trichocereus sp.</i>	Pasacana	Serranía
	<i>Trichocereus sp.</i>	Pasacana	Serranía
	<i>Trichocereus sp.</i>	Pasacana	serranía
Leguminosae	<i>Adesmia Spinossisima</i>	Añahuaya	Pie de monte, serranía

Fuente: Morón 1.992

De estas 10 especies las categorías de “Thola, queñua y pasacana” son vulnerables a la actividad antrópica debido a su mayor preferencia, lo que afecta sus áreas de distribución natural lo mismo que su regeneración por que se trata de especies de lento crecimiento particularmente los géneros *Trichocereus*. y *Polyilepis*²⁸.

El hábitat de estas especies forestales, queñuas, Tholas y cactus se distribuyen en las serranías pie de monte y planicies formando comunidades monofíticas, asociaciones y conglomerados o están dispuestos aleatoriamente, aunque no con las densidades requeridas que permitan una mayor protección del suelo.

La cobertura de los cactales es mínima debido a su particular arquitectura por lo que una aproximación de la misma se la asocia con las otras especies acompañantes, pudiendo encontrarse en entre 30 a 75 %, en tanto que en resto de las especies arbustivas se encuentra entre 30 a 55% incluyendo el de las especies acompañantes, valores que pueden incrementarse de acuerdo a una mayor densidad. En referencia al rendimiento forestal en leña de thola (*Parastrephia lepidophylla*) a nivel departamental el rendimiento promedio en base a los datos de Sajama es de 14,5 /ton/ha.(Ruiz 2.000).

Estos valores de cobertura y producción, tienen tendencia a disminuir por la actividad antropogénica, de la misma forma la deforestación les ha privado a los estratos herbáceos de los sitios microclimáticos para conservarse, favoreciendo el desarrollo de otras comunidades de bajo valor económico y ecológico

3.3.2. Prácticas de manejo de las áreas forestales.

Prácticamente no se tienen sistemas de manejo de las áreas arbustivas ya que al tratarse de especies silvestre localizadas en los predios particulares o comunales en ambos casos hacen uso del mismo de acuerdo a sus necesidades, generalmente recogen las ramas secas, o tumban las plantas para hacerlos secar y luego llevarlos a sus casas donde son almacenados. La propagación de estas especies generalmente es de manera natural, ya que el poco interés que se tiene sobre ellos no permite intervenirlos de manera técnica mediante programas de reforestación y uso silvopastoril.

3.3.3. Importancia económica de la producción

a) Fuente energética

Estas especies en el ámbito de la subcuenca, su mayor importancia esta relacionado con la utilización como una fuente energética, por el 53.51% de la población rural que carece de los medios energéticos ciudadanos (gas), por tanto recurre a este recurso natural limitando el ahorro de erogaciones económicas, estimándose una capacidad de consumo de 3,77 ton/año /familia. Tratándose de arbustos de thola (Hinojosa et. al 2.002) utilizándose todas las especies arbustivas descritas

Llegándose a tener un consumo de 55.222,3 ton/año y que representa una deforestación de 3.808.43 has año, que no considera otros usos de tipo comercial, pero por otra parte su regeneración lleva entre 8 a 10 años, lo que indica que es necesario iniciar acciones que mitiguen este problema.

b) Infraestructura rural

Es frecuente desde antes de la colonia el uso de las formas mas desarrolladas de la queñua y los cactus columnares para la construcción de las viviendas especialmente en el techado, puertas, etc y que sigue fueron usadas hasta hace unas décadas, lo que representa una reducción de las inversiones económicas, similar uso tienen las ramas gruesas de las tholas.

²⁸ PARABA AZUL PREFECTURA DE ORURO. Inventario de flora y fauna del departamento de Oruro 2.004

3.3.4. Factores biológicos y abióticos que afectan las áreas forestales.

a) Biológicos.

La permanencia de estas especies lo mismo que su vitalidad están ligados en mayor un menor grado a la presencia de especies parasíticas tanto de la raíz como de tallo entre plantas y animales, cuando son afectados en su sistema radicular son realizados por plantas de *Ombrophytum subterraneun* que parásita a todos los arbustos mencionados ocasionando disminución de su vitalidad en caso extremos la muerte de la planta; también ocurre la presencia de larvas insectiles que penetran la corteza de tallos o los sistemas florales provocando la muerte y evitando la producción de semilla, finalmente se encuentran la fauna domestica que las deteriora cuando se encuentran en principios de su desarrollo.

b) Abióticos

Al conjunto de estas especies por las características anatomo-morfológicas les permite tener mayor resistencia a la acción negativa del clima, ya que pueden tolerar en mejores condiciones la sequía, exceso de precipitación, heladas y granizos; exceptuando si se presentan en el periodo de floración cuando son mas sensibles los órganos reproductores haciendo que se reduzca la viabilidad de la semiente

c) Antropicos.

La actividad humana se constituye como amenaza para la flora forestal cuando al extraerlo con distintos objetivos no realiza su reposición. Los daños mas significativos sobre el ecosistema se dan al derribar plantas de queñua y cactus ya que son plantas de lento desarrollo, su repoblamiento natural es a largo plazo, por tanto su vulnerabilidad a la actividad antrópica es mayor que por la acción pastoril.

3.3.5. Niveles tecnológicos disponibles.

No se dispone de ninguna tecnología o disposición administrativa que permita tener una sostenibilidad productiva de estas especies forestales, tampoco de control dentro su hábitat; aunque a nivel experimental se han probado formas de reproducción estos no han sido aplicados .en estas áreas

3.3.6. Situación ambiental de las especies forestales silvestres

La actividad forestal se limita solo a la extracción de especies arbustivas, especialmente de la thola (*Parastrephya lepidophylla*) y algunas especies de cactus columnares; identificándose un número de 10 especies con atributos de fuente energéticas y frutícolas pero en conjunto carecen de sistemas de manejo que las conserven y protejan por lo que sus poblaciones estan en constante descenso, originando cambios ambientales negativos en las áreas de distribución.

- Sus coberturas estan en descenso producto de la deforestación, estando comprendidas entre 25 a 45 %; la thola tiene una producción de 14,5 ton /ha. con tendencia a reducirse, no se realiza ninguna practica de manejo para su conservación, aun percibiendo que la constante deforestación altera el componente edáfico y atmosférico con sus implicancias severas de carácter físico y biológico que eliminan los estratos herbáceos y se intensifican las corrientes de aire

- Su comercialización como fuentes energéticas es constante en los hornos de elaboración de estuco, ladrilleras, panaderías genera recursos económicos pero no considera el daño ecológico a sus propios ecosistemas. Los cactus de *Trichocereus* tienen una producción frutícola silvestre, que aparte de su consumo también es comercializada, al igual que el *Ombrophytum subterraneum* que parasita las raíces de arbustos y cactus.
- Su degradación está asociada a la deforestación, solo en la subcuenca anualmente se deforestan 3.808,43 has de tholares, para el uso doméstico y se incrementa con el uso semiindustrial también se incluyen el parasitismo a raíces, tallos y el ataque de larvas de lepidópteros a las plantas de cactus.
- No se dispone de ningún nivel tecnológico que se aplique aun sabiendo la importancia que representa en estos sistemas ecológicos, teniéndose un vacío técnico de la Sodinámica de las comunidades arbustivas, como de las características ecológicas, productivas y cualitativas a fin de intervenirlas, con el objeto de su recuperación y conservación.

3.3.7. Importancia relativa

Las comunidades arbustivas son afectadas por la actividad humana que las extrae con fines comerciales y domésticos, durante la habilitación de nuevas áreas de cultivo, especialmente de las formas más desarrolladas producto del mismo se promueve la erosión genética de especies herbáceas que viven bajo su protección; y erosión de suelos dejando al suelo descubierto a la acción directa de los fenómenos climáticos, además de conducir a la modificación de valores ambientales. La incidencia humana es negativa es mayor cuantitativa y cualitativamente respecto a otros factores.

4. Factor Suelo

4.1. Características de los tipos de suelos

Geológicamente esta formada principalmente por rocas silúricas, que son consideradas como las más importantes guías litológicas para estudios de exploración minera, ya que la gran mayoría de los yacimientos minerales está relacionada con estas rocas. Esta relación se manifiesta principalmente con yacimientos de estaño. Se han identificado unidades litológicas sedimentarias, metamórficas, rocas ígneas intrusivas y efusivas, diferenciándolos a nivel de "Sistema" en razón de las escalas de trabajo, cuyo orden de sucesión cronológica va desde el Paleozoico hasta el Cenozoico (ERTS-GEOBOL, 1982).

Tabla 26: Sistemas Geológicos de la Subcuenca Poopó

Sistema	Símbolo	Descripción
Ordovícico	<u>O</u>	Tienen escaso desarrollo, afloran en el sector oriental, constituyen núcleos anticlinales. Litológicamente: cuarcitas, areniscas y lutitas (para mineralización de Sn, Sb, Pb).
Silúrico	<u>S</u>	Constituyen anticlinales estrechos y amplios sinclinales. Litológicamente: filitas, cuarcitas, areniscas y lutitas (para mineralización de Sn,).
Devónico	<u>D</u>	Constituido litológicamente por areniscas y lutitas.
Cretácico	<u>K</u>	Núcleos sinclinales, se han identificado dos unidades litológicas: diapirismo (yesos) y rocas sedimentarias (sedimentos clásticos).

Terciario	<u>T, Tl, Tli, Tlp.</u> <u>Tig, TL, Ttb.</u>	La secuencia litológica corresponde a unidades de facies continentales y efusiones de rocas ígneas. Sedimentos clásticos como areniscas, conglomerados y lutitas en las unidades basales, en las unidades superiores materiales piroclásticos por efusiones volcánicas:
Cuaternario	<u>Q, Qd, Qdu.</u> <u>Qs, Qcf, Qaa.</u> <u>Qfl, Qa, Qcl.</u> <u>Qfg, Qt, Qmo.</u> <u>Qtl, Q1, Q2.</u>	Estratovolcanes, constituido por lavas andesíticas y dacíticas asociadas con piroclásticas. Brechas volcánicas: volcanes de escudo y lavas basálticas. Calizas Minchín: rocas calcáreas de origen organógeno, procedentes del antiguo Lago Minchín

Fuente: ERTS-GEOBOL, 1982

Las unidades geomorfológicas identificadas son: de origen estructural, origen volcánico, origen denudacional, origen fluvial, origen eólico, origen salino, origen lacustre, origen glacial (Apendice 7).

Por el grado de afinidad, la importancia de sus componentes y las superficies más significativas, se distribuyo en 5 complejos de tierras, de un total de 21 (ERTS-GEOBOL, 1993).

Esta cuenca está comprendida dentro de la cordillera Oriental, formada por un sistema cuaternario, compuesto por depósitos coluvio aluviales, abanicos aluviales y terrazas, Las rocas, están constituidas por materiales inconsolidados, provenientes de las partes altas, principalmente proceden de procesos fluviales, lavaje de mantos y de la aparición de material grueso. Los componentes principales son gravas y arcillas.

El 50% de los suelos de la cuenca presenta una pendiente entre 2 a 5 %, el 37% menor a 2% y el 13% mayor a 5 % (fuertemente inclinada) (PDR-O, 2004).

La textura superficial de los suelos es variable (FA, AF, F, Y, FY, FL y FYA), los suelos pesados tienen mayor capacidad de retención de cationes (metales pesados). Los suelos livianos son más permeables, pero establecen condiciones de menor desarrollo estructural lo cual favorece los procesos de erosión.

El pH del suelo presenta rangos de ligeramente ácidos, neutros y moderadamente alcalinos.

La conductividad eléctrica (CE) reporta valores normales (< 4.00 mmhos/cm) en la mayoría de los municipios de la subcuenca, ha excepción de los suelos del Sistema de Riego N° 2 Tacagua del Municipio de Challapata, donde se han reportado valores altos (> 4.00 mmhos/cm).

En los municipios de Pampa Aullagas, Pazña y Challapata el PSI reporta valores con tendencia ligera al rango establecido de 15 %, con valores de 16.70 %, 14.59 % y 13.33 % respectivamente, lo que indica problemas de acumulación de sodio en la capa superficial.

Las propiedades físicas y químicas de los suelos de influencia de la subcuenca, se describen en el Apendice 10-2.

4.2. Clasificación de suelos.

Se ha establecido una clasificación taxonómica para la descripción geomorfológica habiéndose identificado: Typic Ustorthent, Typic Ustochrept, asociados a los Lithic Ustochrept (poca p.e.) y Fluventic Ustochrept, Fluventic Ustorthent (suelos con contenido de m.o., que decrece de manera irregular en el perfil), Lithic Ustochrept o Lithic Ustorthent, Fluventic Ustochrept (suelos con leve pedogenización y materia orgánica con disminución irregular en el perfil), Typic Ustipsamment (suelos arenosos hasta una profundidad de 1 m o más), Aridic Haplustalf (Apendice 8).

También de acuerdo a la aptitud de riego y uso se ha considerado la clasificación propuesta por la FAO, Según esta clasificación los suelos de la subcuenca, corresponden a las clases II, III, y IV con limitaciones de suelos, drenaje, salinidad y erosión. También existen suelos de las clases V, VI con uso forestal y que no son aptos para riego (PDR-O, 2004).

Tabla 27: Tipos de Suelo de la Subcuenca Poopo

Nº	Complejo	Descripción	Aptitud agrícola	Extensión (Km2)
1	HUANUNI, Poopo-Desaguadero-Oruro	Franco arcillo limoso, moderadamente profundos (70 cm), napa freática a 2.5 m.	Optima: habas, trigo, cebada, alfalfa, tubérculos	4765
2	TOLEDO-CHIPAYA: Coipasa-Poopo-Desaguadero-Garci Mendoza-Oruro	Poco profundos en las pendientes, profundos en las planicies. Textura: franco arenoso a franco arcilloso-limoso, con horizontes de arena	Zona ganadera, cultivos de: cebada, quinua, praderas nativas (yareta, chiji), forrajeras introducidas (alfalfa y otros).	952.4
3	BELLA VISTA-OPOQUERI: Coipasa-Poopo-S.Garci Mendoza	Profundos en los pie de monte y poco profundos en la llanura, con campos de arena y eflorescencias salinas notables, napa freática a 65 cm.	Entre montañas (microclimas), cultivo de: papa, cebada, en terrazas lacustres descubierta apto para pastoreo de moderado a intenso, zona ganadera.	5396
6	AZANAQUE: Poopo-Oruro	Fuertemente erosionado con rocas aflorando en la superficie.	Agricultura marginal por baja temperatura y suelos sumamente pobres.	2753
7	TAMBILLO-ANDAMARCA: Chuquisaca-Poopo-S.G. Mendoza	Suelos profundos a poco profundos, textura: arenosa, franco arcillosa, contacto lítico a 50 cm, afloraciones rocosas.	Restringida, con cultivo de: papa, quinua, cebada	959

Fuente: Elaboración propia; ATLAS DE ORURO PROPER-CORDEOR, ERTS-GEOBOL (1982-1993)

4.3. Uso potencial del suelo en la subcuenca.

La cordillera Oriental ocupa gran parte de la superficie de la subcuenca, presenta serranías mayores a 4.000 m.s.n.m. con cobertura vegetal de paja y thola, que tiene un valor agrícola muy insignificante.

Una segunda zona de importancia constituye los pies de monte que son áreas potencialmente agrícolas pecuarias, con pendientes suaves. La misma abarca los siguientes municipios: Huanuni, Poopo, Antequera, Pazña, Challapata y Huari, donde los suelos son profundos con una provisión de agua aceptable durante la época de lluvia y permeabilidad lateral buena, evitando de esta manera encharcamientos. Actualmente esta área está siendo usada para la producción de los siguientes cultivos en orden de importancia: alfalfa, cebada, haba, papa y quinua.

La tercera zona está formada por áreas susceptibles a inundación con una superficie aproximada de unos 200.000 hectáreas que representa unos 3,8 % de la superficie total del Departamento y corresponde a los municipios de Toledo, Machacamarca, Poopó, Pazña, Challapata, Huari, Pampa Aullagas y Andamarca, presenta suelos susceptibles de encharcamiento durante la época de lluvia y se encuentran generalmente con cultivos de cebada, quinua, pastos y totora.

Se tiene una superficie importante con vegetación de paja, thola, pastos chiji, cauchi y totora que se constituyen como un excelente alimento para el ganado ovino y camélido, donde los suelos son profundos pero con tendencia a salinización.

Por último, está la cuarta zona, el Lago Poopó que tiene una superficie de 4.250 Km² donde gran parte de los ríos vierten sus aguas. En las orillas del lago se encuentra vegetación como la totora que sirve de alimento para el ganado bovino fundamentalmente.

La subcuenca ocupa una extensión de 16.636 km² entre serranías y planicies, de las cuales, según el inventario el área regada actualmente es de 506.4 ha. De acuerdo al mapa preliminar se obtiene que los suelos de la clase II, III y IV ocupa un área aproximada de 3.566 km² (31%) con posible intervención en riego, y un 69% de la extensión no es apta para riego.

Tabla 28: Aptitud de Suelos con Fines de Riego - Subcuenca Poopo

Nº Unidad de Análisis	Area Total (Km ²)	Suelos Clase II - III - IV Área (Km ²)	Suelos clase V-VI Área (Km ²)
15 Unidades de Análisis	11503	3566	7937
TOTAL %	100	31	69

Fuente: Plan Departamental de Riego Oruro, 2004.

4.4. Contaminación y/o degradación del suelo.

Los procesos de contaminación y/o degradación natural y antrópico del recurso suelo, en la subcuenca Poopo, se establecen en los indicadores de desertificación. En la siguiente Tabla se describe las superficies afectadas por los procesos de desertificación y el Índice de desertificación (MDS, 1996).

Tabla 29: Superficies Estimadas/Índice de Desertificación - Subcuenca Poopo

Provincia	Superficies estimadas por clase de índice de desertización (km ²)									Superficie total (km ²)
	ID ₂ V	ID ₃ V	ID ₄ V	ID ₂ A	ID ₃ A	ID ₄ A	ID ₂ C	ID ₃ C	ID ₄ C	
Carangas	6				410	131				547
L. Cabrera		511			741	704				1955
Cercado				1425	536	71		1485		3518
P. Dalence				121			1089			1210
Poopó					612	306		1683		2601
Avaroa					963	322			1606	2891
S. Pagador					295	35			673	1003
Saucarí					528	93				622
Sur Carangas					530	1292				1822
TOTAL	6	511	0	1546	4616	2954	1089	3168	2279	16169

Fuente: Elaborado en base a la Memoria Explicativa del Mapa Preliminar del MDS (1996), 2001.

Las estimaciones efectuadas por el MDS, establecen que para las provincias fisiográficas del Altiplano (A) y Cordillera Oriental (C), los Índices de Desertificación van desde el rango medio, hasta muy alto (ID₄); con menor incidencia para el paisaje fisiográfico de la Cordillera Occidental o Volcánica (V) de un rango medio (ID₂) a un rango alto (ID₃).

Las unidades afectadas por el grado de erosión hídrica y eólica, en la subcuenca Poopo se describen en la siguiente tabla.

Tabla 30: Unidades afectadas por erosión en la subcuenca Poopo

UNIDADES DE MAPEO		
A: PROVINCIA FISIAGRÁFICA DEL ALTIPLANO		
A3: COLINAS		
A3.1/4HA	Colinas, con erosión fuerte	
A4: LLANURA ALUVIAL Y PIEDEMONTE		
A4.1/3HEA	Llanura de piedemonte, con erosión moderada	
A5: DUNAS Y/O ARENALES		
A5.2/6EA	Areanales y/o dunas, con erosión eólica grave	
C: PROVINCIA FISIAGRÁFICA DE LA CORDILLERA ORIENTAL		
C1: SERRANIAS Y MONTAÑAS		
C1.6/5HA	Serranías de altitud media y poco disectadas, algunas veces con coladas de lavas, con erosión muy fuerte	
C1.7/5HA	Serranías de altitud media y poco disectadas, con erosión muy fuerte	
C1.8/5HA	Serranías de altitud media, moderadamente disectadas, con erosión muy fuerte	
C4: DOMOS Y MESETAS		
C4.2/5HEA	Meseta volcánica fuertemente disectada, con erosión muy fuerte	
C4.2/5HEA	Meseta volcánica ondulada y/o colinas disectadas, con erosión fuerte	

Fuente: MDS, 1996

4.4.1. Contaminación y/o degradación natural.

4.4.1.1. Erosión.

En los paisajes de las colinas, serranías, domos y mesetas, las tasas de erosión hídrica y eólica establecen rangos ligeros y moderados del tipo geológico en todos los municipios de la subcuenca Poopo (ALT, 1993).

4.4.1.2. Salinización.

La salinización alrededor del Lago Poopo parece ser causada principalmente por la evaporación y concentración del agua del lago, los impactos son muy visibles. La salinización alrededor del Lago Uru Uru, que es el punto de descarga del brazo oriental del río Desaguadero es significativamente menor que alrededor del Lago Poopo. Esto probablemente se debe principalmente a la reciente formación del lago y la acción de descarga causada por el flujo a través del lago Uru Uru y su desagüe al Lago Poopo. Este flujo tiende a seguir lixiviando una porción significativa de las sales solubles desde las orillas del lago, que se acumulan en pequeñas concentraciones durante la estación seca. Esto combinado con el hecho que el re-desarrollo de este lago ocurrió a comienzos de 1900, ha llevado a la deposición de relativamente menor de sal a lo largo de su orilla comparada con el Lago Poopo (WMCI, 2003).

El comportamiento anteriormente descrito de los cuerpos de agua de gran influencia (lago Uru Uru, Poopo) establece condiciones de deposición de sales en los sedimentos y suelos de los abanicos aluviales, fluvioacustres y circunlacustres entre Machacamarca, Poopo, Pazña, Challapata, Santiago de Andamarca, Quillacas, Pampa Aullagas, durante determinados periodos cíclicos de estiaje (ALT, 1993).

4.4.1.3. Contaminación

Uno de los patrones de distribución regional de los niveles de elementos en suelos superficiales, comprendido entre los abanicos fluvioacustres del lago Uru Uru-Poopo (Municipios de Machacamarca, Poopo, Pazña y Challapata), establecen para el arsénico niveles más altos y se encuentran dispersos en

toda el área mencionada, sin una concentración geográfica clara. La explicación obvia es por causas naturales, el elevado arsénico de fondo en productos de intemperismo de varias formaciones volcánicas del Mioceno-Plioceno que ocurren en la Caldera Soledad, Meseta de los Frailes, Meseta Morococala y otras áreas (PPO, 1996).

4.4.2. Contaminación y/o degradación antrópica

4.4.2.1. Salinización

Al oeste del lago Poopo, comprendido entre Santiago de Andamarca y Pampa Aullagas, cerca de los abanicos aluviales y lacustres se acentúan la acumulación y concentración de sales, los que por efecto de la remoción de las capas superficiales de los suelos, para habilitación de áreas agrícolas, han establecido procesos de salinización por efecto de la mezcla de las capas subyacentes (WMCI, 2003).

En el Municipio de Challapata la producción intensiva de forraje (alfalfa) en el sistema de riego Tacagua ha ocasionado la salinización de extensas áreas, debido a la naturaleza de formación de los suelos fluviolacustres y por acumulación progresiva de sales por acción del riego (ERTS – GEOBOL, 1982).

4.4.2.2. Contaminación

De acuerdo a estudios realizados por el PPO (1996) para determinar la distribución regional de los niveles de elementos en suelos superficiales, comprendido entre los abanicos fluviolacustres del lago Uru Uru-Poopo (Municipios de Machacamarca, Poopo, Pazña, Challapata, Pampa Aullagas, Santiago de Andamarca), establecen que se pueden distinguir dos grupos de elementos con diferentes patrones de distribución:

- a) Los niveles de mercurio, plomo, antimonio y estaño muestran un patrón de distribución similar, están localizados dentro del cinturón NNO-SSE, con los valores más elevados alrededor de Oruro (Vinto) y al Sur de Challapata. Todos estos elementos están presentes en las emisiones de Vinto, siendo estaño y antimonio los constituyentes principales. Sin embargo la posición del cinturón coincide groseramente con una zona metalogenética de mineralizaciones de oro y antimonio. Una explicación de la derivación de los altos valores en los suelos es por ese motivo ambigua (deposición atmosférica y/o productos de intemperismo).
- b) El segundo Grupo que incluye cadmio, cobre, níquel y zinc, muestra altas concentraciones esparcidas en gran extensión, una de las explicaciones podría estar en las formaciones “red-bed” derivadas del Oligoceno al Paleoceno y que son hospedantes primarios de los depósitos de cobre sedimentario. Estas formaciones aparecen comúnmente en el bedrock de la subcuenca, sin embargo algunos de los valores más altos de Zn, Cd y Cu fueron encontrados a lo largo del margen SE del lago Poopo, de Pazña a Challapata. Es plausible asumir que esos suelos fueron contaminados por agua del lago Poopo, debido a contaminación antropogénica como a la composición de fondo.

En el sector del área de influencia de operaciones mineras de los abanicos fluviolacustres, terrazas y piedemonte de los Municipios de Machacamarca (Alantañita Caravi), Huanuni, Poopo (Cantón Puñaca), Pazña (Totoral-Avicaya), Antequera, los reportes de laboratorio de muestras tomadas en sectores agrícolas (capa arable), dan valores moderadamente y altos de Cd. También la determinación del pH en la solución del suelo ha reportado valores ácidos a extremadamente ácidos (DDRNMA, 2005).

Actualmente las descargas de aguas de mina (ácidas) de las operaciones mineras de RBG Minera Huanuni S.A., Cooperativas son evidentes, cuyos efluentes van directamente al río Huanuni, el cual desemboca a los ríos Ventaymedia y Sora, el cual por efecto de la gravedad llega hasta el lago Uru Uru, ocasionando desbordes en los suelos de los sectores ribereños habilitados para la actividad agropecuaria (DDRNMA, 2005).

La inventariación efectuada por el Proyecto Piloto Oruro, sobre los depósitos de colas en el Departamento de Oruro, evidencia mayor acumulación de residuos mineros en el sector de la subcuenca Poopo, como se detalla en la siguiente Tabla.

Tabla 31: Inventario de los depósitos de colas en la Subcuenca Poopo

Ubicación	Minas / ingenio	Depósitos de colas	Area (m ²)	Volumen (m ³)	Cantidad (Tm)
Santa Fe	Japo		8000	388000	581000
	Morococala		8500	72000	108000
	Santa Fe		9000	42000	68000
Huanuni	Huanuni	Porvenir	108500	1463000	2365000
		Duncan	8500	24000	36000
	Machacamarca		288000	492000	779000
Poopo	Poopo		65000	327000	523000
	Poopo	(A)	199000	62000	74000
		(B) + (C)	115000	21000	25000
		(D)	83000	52000	62000
	Callipampa		95000	167000	250000
Antequera	Bolívar		13000	26000	41000
	Centenario		92000	71000	106000
	Totoral		22000	103000	154000
	Dique Totoral		214000	236000	377000
	Avicaya		16000	163000	262000
Total			1344500	3709000	5811000

Fuente: PPO, 1996

4.4.2.3. Residuos Sólidos.

En el Municipio de Huanuni, la recolección de residuos sólidos tiene una cobertura aproximada de 34% de la producción total estimada (2002) en 2,6 Tm/día, lo que significa que el 66% restante es arrojado en vías públicas, lotes baldíos o quebradas y ríos generando un problema de contaminación ambiental y salud pública. Este servicio es realizado por la intendencia y la disposición final de residuos sólidos se la realiza en un botadero a cielo abierto ubicado a unos 3 Kilómetros del centro de la población, camino a Oruro en la zona denominada Sajsani donde se arrojan residuos mineros hace muchos años. La producción per-cápita de residuos sólidos (2002) es de 0,164 Kg/hab/día, sobre una población (2003) de 15.336 habitantes (BID, 2003).

En el Municipio de Caracollo, la recolección de residuos sólidos tiene una cobertura aproximada de 50% de la producción total estimada (2002) en 0,75 Tm/día (2002). El servicio es realizado por la intendencia y la disposición final de residuos sólidos se la realiza en un botadero ubicado a unos 10 Kilómetros del centro de la población, camino a Cochabamba en la zona denominada Lacapucara, donde el Gobierno Municipal tiene contratada una microempresa que se encarga de efectuar segregación y comercialización de algunos componentes. La producción per-cápita de residuos sólidos (2002) es de 0,146 Kg/hab/día, sobre una población (2003) de 4.546 habitantes (BID, 2003).

En el Municipio de Huari, la recolección de residuos sólidos alcanza una cobertura aproximada de 37% de la generación total estimada en 0.74 tm/día (2002), el restante es arrojado en vías públicas, lotes baldíos y

riachuelos generando un problema de contaminación ambiental y salud pública. Este servicio es realizado por la intendencia y la disposición final de residuos sólidos se la realiza en distintos sitios de las áreas circundantes al centro poblado que sirven como botaderos a cielo abierto ya que no existe un sitio específico destinado para este fin. La producción per-cápita de residuos sólidos (2002) es de 0,210 kg/hab/día (adoptada), sobre una población (2003) 3.091 habitantes (BID, 2003).

En el Municipio de Challapata, la recolección de residuos sólidos tiene una cobertura del 51% de la producción total estimada en 1,31 Tm/día (2002), lo que significa que el 49% restante es arrojado en vías públicas, lotes baldíos y alrededor de la franja periurbana generando un problema de contaminación ambiental y salud pública. El servicio es realizado por la intendencia y la disposición final de residuos sólidos se la realiza en un botadero a cielo abierto ubicado a unos 5 Kilómetros del centro de la población, en un sitio denominado Cerro Colorado, que ha sido adquirido por el Gobierno Municipal para estos fines. La producción per-cápita (2002) es de 0,146 kg/hab/día, sobre una población (2003) de 7.921 habitantes (BID, 2003)

En el Municipio de Poopo la generación diaria de basura estimada (2002) es de 0,34 Tm/día. No existen los subsistemas de recolección, transporte ni disposición final de residuos sólidos, por lo que la población arroja su basura en vías públicas, lotes baldíos o quebradas y riachuelos en los alrededores del centro poblado generando un problema de contaminación ambiental y salud pública. La producción per-cápita (2002) es de 0,152 kg/hab/día (adoptada), sobre una población (2003) de 2.019 habitantes (BID, 2003).

En el Municipio de Machacamarca, la producción diaria de basura estimada (2002) es de 0,37 Tm/día, no existen los subsistemas correspondientes de gestión de residuos, generandose un problema de contaminación ambiental y salud pública. La producción per-cápita (2002) fue de 0,152 kg/hab/día, sobre una población (2003) de 2.228 habitantes (BID, 2003).

En los municipios restantes de la subcuenca no existen los subsistemas de recolección y disposición final de residuos sólidos, lo que genera que los mismos sean vertidos a la intemperie, alrededor de los terrenos de uso agrícola circundantes a las poblaciones periurbanas.

4.4.2.4. Prácticas agrícolas.

Según el inventario, en las unidades de análisis de la subcuenca la preparación de terrenos y labores culturales se los realiza de forma tradicional es decir en forma manual 88% y con la ayuda de tractor el resto. Los sistemas de producción registran que el 92% hacen uso de abono natural (guano o estiércol), en un 3% utilizan fertilizantes químicos, en un 4% pesticidas y en un 0.5% de los sistemas hacen uso de semilla mejorada (PDR-O, 2004).

En los Municipios de Caracollo, Soracahi (Iruma, Paria), la utilización de herbicidas en la producción de hortalizas (zanahoria, cebolla) ha generado la degradación de suelos, por efecto de acumulación residual de los componentes de "Semcor" y favorecido por las condiciones de producción intensiva (SBCS, 2001).

4.5. Importancia relativa de los procesos de contaminación y/o degradación de suelos.

La actividad antrópica se constituye en el principal problema de degradación y contaminación del suelo en la subcuenca Poopo, es el caso de las actividades minero-metalúrgicas de las empresas chicas, medianas y cooperativas mineras, que han originado la acumulación de colas y desmontes en los distritos mineros de Japo, Morococala, Santa Fé, Negro Pabellón, Machacamarca, Huanuni, Poopó, Antequera, Totoral, Avicaya, Estalsa.

- a) Las aguas ácidas de mina, los desmontes y colas dispuestos en forma indiscriminada en distintos sectores de las zonas mineras y los efluentes de las plantas de concentración que emplean

métodos de flotación, son las principales fuentes de metales en solución. Un estudio sobre la degradación ambiental de los recursos hídricos establece que los mismos presentan metales como: plomo, cobre, plata, cadmio, cobalto, níquel, cromo, estaño, hierro, manganeso, antimonio y zinc, cuya fuente de agua es utilizada para riego de suelos agrícolas.

- b) En el área de influencia de la subcuenca, operan mas de 35 cooperativas mineras y 26 empresas minero metalúrgicas (chicas y medianas) y alrededor de 35 actividades de exploración-concentración catalogadas dentro del AMIAC. El 90 % de estas AOPs no tienen ningún sistema de tratamiento y/o disposición de efluentes y/o residuos mineros.

El inventario de los depósitos de colas de la actividad minera en la subcuenca establecen que aproximadamente 3.709.000 m³ de residuos ocupan un área de 135 Has, distribuidos en los distritos mineros de Japo, Morococala, Santa Fe, Huanuni, Machacamarca, Poopo, Callipampa, Bolivar, Centenario, Totoral, Avicaya, con potenciales moderados y altos de originar Drenaje Ácido de Roca (DAR) conteniendo lixiviados de As, Ca, Cu, Co, Ni, Cd, Fe, Mn, Pb, Sn, Sb, Zn: los que son trasladados por fenómenos naturales de gravedad y corrientes de agua superficial y subterránea a sectores agrícolas representando fuentes puntuales de contaminación de suelos.

En los centros urbanos, periurbanos y rurales (Huanuni, Machacamarca, Bolivar, Pazña), la expansión de la infraestructura industrial, saneamiento básico, transportes, energía, agropecuario, urbanismo, minero, origina una fuente puntual de contaminación por la generación de residuos (urbanos, hospitalarios, peligrosos) y efluentes; restringiendo suelos de uso agropecuario para la construcción de rellenos sanitarios, plantas de tratamiento de aguas, originando el vertido directo a sectores de praderas nativas.

El vertido de efluentes y residuos en el curso de los recursos hídricos establece que los mismos presentan metales como: plomo, cobre, plata, cadmio, cobalto, níquel, cromo, estaño, hierro, manganeso, antimonio y zinc, cuya fuente de agua es utilizada para riego de **suelos agrícolas**.

Los suelos de la subcuenca tienen formaciones de origen glacial, lacustre, fluvio-lacustre, aluvial, coluvial, dispuestos en diferentes formas fisiográficas, lo que los hace vulnerables a la degradación por deposición y acumulación de metales y sustancias tóxicas.

En general los suelos habilitados para actividades agrícolas y colindantes a las AOPs, son suelos de textura moderadamente gruesa o moderadamente fina, donde la fracción de arena predomina sobre el limo y arcilla, por consiguiente tiene baja CIC, lo que no favorece para que el suelo se convierta en un medio de retención de metales pesados.

Absorción de metales del suelo por las plantas, incidiendo negativamente en la presencia de metales en los forrajes o alimentos vegetales sobre la salud de los animales y el hombre cuando estos sobrepasan ciertos límites.

En la mayoría de los centros urbanos, periurbanos y rurales de los municipios de la subcuenca la expansión demográfica no regulada origina una fuente puntual de contaminación por la generación de residuos sólidos; restringiendo suelos de uso agropecuario ya que los subsistemas de recolección y disposición final son deficientes y solo alcanza en promedio al 34 % de la población (Caracollo, Machacamarca, Huanuni, Pazña, Challapata, Huari) y en los otros municipios de la subcuenca no existe.

CAPÍTULO 4: SITUACIÓN AMBIENTAL DE LA SUBCUENCA POOPÓ.....1

1.	<i>Factor Agua</i>	1
1.1.	<i>Descripción de la subcuenca</i>	1
	a) El lago Poopó.....	2
	b) El lago Uru-Uru.....	3
1.2.	<i>Balance hídrico</i>	5
1.3.	<i>Contaminación Natural</i>	7
1.4.	<i>Contaminación Antrópica</i>	9
	a) Contaminación por actividades minero-metalúrgicas.....	9
1.5.	<i>Descripción situacional por ríos</i>	12
	a) Río Huanuni.....	12
	b) Río San Juan de Sora Sora.....	14
	c) Río Poopó.....	15
	d) Río Pazña.....	16
	e) Río Juchusuma.....	17
	f) Río Tacagua.....	18
	g) Río Azanaques.....	19
	h) Río Cortadera.....	20
	i) Río Sevaruyo.....	21
	j) Río Márquez.....	22
	k) Contaminación del Lago Poopo.....	23
1.6.	<i>Importancia relativa de los tipos de contaminación</i>	26
2.	<i>Factor Aire</i>	27
2.1.	<i>Contaminación Natural</i>	27
2.2.	<i>Contaminación Antrópica</i>	28
2.2.1.	<i>Fuentes Fijas</i>	28
2.2.2.	<i>Fuentes Móviles</i>	29
2.3.	<i>Importancia Relativa de los Tipos de Contaminación</i>	30
3.	<i>Factor Fauna y Flora</i>	30
3.1.	<i>Flora agrícola y silvestre</i>	30
3.1.1.	<i>Flora agrícola</i>	30
	3.1.1.1. Existentes y variedades.....	30
	a) Especies superficie y rendimiento.....	30
	b) Variedades.....	31
	c) Areas de distribución geográfica de los cultivos.....	31
	3.1.1.2. Practicas agrícolas de manejo.....	32
	3.1.1.3. Importancia económica de la producción.....	32
	3.1.1.4. Factores biológicos y abióticos que afectan a los cultivos.....	33
	a) Factores biológicos.....	33
	b) Factores abióticos.....	34
	3.1.1.5. Niveles tecnológicos disponibles.....	35
	3.1.1.6. Situación ambiental de la flora agrícola.....	35
3.1.2.	<i>Flora silvestre</i>	35
	3.1.2.1. Comunidades vegetales existentes.....	35
	a) Matorrales de <i>Parastrephia lepidophylla</i>	36
	b) Matorrales con cactus columnares.....	36
	c) Vegetación acuática de totorales.....	36
	3.1.2.2. Cobertura y producción.....	37
	3.1.2.3. Practicas de manejo de las comunidades vegetales.....	38
	3.1.2.4. Importancia económica de la vegetación silvestre.....	38
	a) Forrajera.....	38
	b) Medicinal.....	39
	c) Alimenticia.....	39
	3.1.2.5. Factores biológicos y abióticos que afectan a las comunidades vegetales.....	39
	a) Bioticos.....	39

Prefectura del Departamento de Oruro
Dirección Departamental de Recursos Naturales y Medio Ambiente
 Plan de Acción Ambiental del Departamento de Oruro

b) Abioticos.....	39
c) Antropicos.....	40
3.1.2.6. Niveles tecnológicos disponibles	40
3.1.2.7. Situación ambiental de la flora silvestre	40
3.1.2.8. Importancia relativa de la flora	41
3.2. <i>Fauna domestica y silvestre.</i>	41
3.2.1. <i>Fauna domestica</i>	41
3.2.1.1. Especies animales existentes.....	41
a) Especies y cantidades.....	41
b) Razas y distribución.....	42
c) Areas de distribución geográfica de las especies.....	43
d) Rendimientos.....	43
e) Coeficientes técnicos de la producción ganadera	44
3.2.1.2. Manejo pecuario.	44
3.2.1.3. Importancia económica de la producción.....	45
3.2.1.4. Factores biológicos y abioticos que afectan a la producción pecuaria.	46
a) Biológicos.....	46
b) Abioticos.....	47
3.2.1.5. Niveles tecnológicos disponibles	47
3.2.1.6. Situación ambiental de la fauna domestica	47
3.2.2. <i>Fauna Silvestre</i>	48
3.2.2.1. Especies animales existentes cantidad y distribución.....	48
a) Reptiles, cantidad y abundancia.....	48
b) Mamíferos.....	49
c) Aves.....	50
d) Ictiofauna.....	50
3.2.2.2. Practicas de manejo.....	51
3.2.2.3. Importancia económica de la fauna silvestre.	51
3.2.2.4. Factores biológicos y abioticos que afectan a la fauna silvestre.....	52
a) Biológicos.....	52
b) Abioticos.....	52
c) Antropicos.....	52
3.2.2.5. Niveles tecnológicos disponibles	53
3.2.2.6. Situación ambiental de la fauna silvestre	53
3.2.2.7. Importancia relativa de la fauna	54
3.3. <i>Forestal.</i>	54
3.3.1. <i>Especies forestales existentes, cantidades</i>	54
3.3.2. <i>Practicas de manejo de las áreas forestales</i>	55
3.3.3. <i>Importancia económica de la producción</i>	55
a) Fuente energética	55
b) Infraestructura rural	55
3.3.4. <i>Factores biológicos y abióticos que afectan las áreas forestales</i>	56
a) Biológicos.....	56
b) Abióticos.....	56
c) Antropicos.....	56
3.3.5. <i>Niveles tecnológicos disponibles</i>	56
3.3.6. <i>Situación ambiental de las especies forestales silvestres</i>	56
3.3.7. <i>Importancia relativa</i>	57
4. <i>Factor Suelo</i>	57
4.1. <i>Características de los tipos de suelos</i>	57
4.2. <i>Clasificación de suelos</i>	58
4.3. <i>Uso potencial del suelo en la subcuenca</i>	59
4.4. <i>Contaminación y/o degradación del suelo</i>	60
4.4.1. <i>Contaminación y/o degradación natural</i>	61
4.4.1.1. Erosión.....	61
4.4.1.2. Salinización.....	61
4.4.2. <i>Contaminación y/o degradación antrópica</i>	62

Prefectura del Departamento de Oruro
Dirección Departamental de Recursos Naturales y Medio Ambiente
 Plan de Acción Ambiental del Departamento de Oruro

4.4.2.1.	Salinización	62
4.4.2.2.	Contaminación.....	62
4.4.2.3.	Residuos Sólidos.	63
4.4.2.4.	Prácticas agrícolas.	64
4.5.	<i>Importancia relativa de los procesos de contaminación y/o degradación de suelos.....</i>	<i>64</i>

TABLA 1:	CUENCAS MENORES, SUBCUENCA DEL LAGO POOPÓ	1
TABLA 2:	ANÁLISIS DE AGUA DE LA MINA DE LOS PRINCIPALES CENTROS MINEROS DE LA REGIÓN.....	11
TABLA 3:	CONCENTRACIÓN DE METALES DISUELTOS EN LA CUENCA DEL POOPÓ.....	25
TABLA 4:	EVALUACIÓN PRELIMINAR DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	27
TABLA 5:	CONCENTRACIONES DEL POLVO DERIVADO DE LAS COLAS DE MACHACAMARCA	28
TABLA 6:	CULTIVOS Y SUPERFICIE EN LA SUBCUENCA POOPO	30
TABLA 7:	VARIETADES PRESENTES EN LA SUBCUENCA POOPÓ.....	31
TABLA 8:	DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS CULTIVOS EN LA SUBCUENCA POOPÓ EN PORCENTAJE	32
TABLA 9:	PLAGAS Y ENFERMEDADES QUE AFECTAN A LOS CULTIVOS.....	34
TABLA 10:	COBERTURA Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE LAS UNIDADES VEGETALES PRESENTES	37
TABLA 11:	UTILIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES VEGETALES SILVESTRES EN EL PASTOREO.....	38
TABLA 12:	ESPECIES Y CANTIDADES DE GANADO DE LA SUBCUENCA POOPÓ	42
TABLA 13:	RAZAS Y DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES EN LA SUBCUENCA POOPÓ	42
TABLA 14:	DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESPECIES.....	43
TABLA 15:	RENDIMIENTOS DE LA PRODUCCIÓN PECUARIA	43
TABLA 16:	COEFICIENTES TÉCNICOS DE LA PRODUCCIÓN PECUARIA.....	44
TABLA 17:	VOLUMEN DE LA PRODUCCIÓN PECUARIA SUBCUENCA POOPÓ.....	45
TABLA 18:	PARÁSITOS Y ENFERMEDADES QUE AFECTAN AL GANADO	46
TABLA 19:	LISTA DE REPTILES PRESENTES EN LA SUBCUENCA POOPÓ	48
TABLA 20:	DISTRIBUCIÓN EN LAS UNIDADES VEGETACIONALES.....	49
TABLA 21:	DISTRIBUCIÓN EN LAS UNIDADES VEGETACIONALES.....	49
TABLA 22:	LISTA DE ESPECIES DE LA ICTIOFAUNA DE LA SUBCUENCA POOPÓ	50
TABLA 23:	USO DE MAMÍFEROS EN LA SUBCUENCA POOPÓ.....	51
TABLA 24:	FAUNA AMENAZADA EN LA SUBCUENCA POOPÓ.....	52
TABLA 25:	ESPECIES FORESTALES ARBUSTIVAS.....	54
TABLA 26:	SISTEMAS GEOLÓGICOS DE LA SUBCUENCA DESAGUADERO.....	57
TABLA 27:	TIPOS DE SUELO DE LA SUBCUENCA DESAGUADERO	59
TABLA 28:	APTITUD DE SUELOS CON FINES DE RIEGO - SUBCUENCA DESAGUADERO	60
TABLA 29:	SUPERFICIES ESTIMADAS/ÍNDICE DE DESERTIFICACIÓN - SUBCUENCA DESAGUADERO.....	60
TABLA 30:	UNIDADES AFECTADAS POR EROSIÓN EN LA SUBCUENCA DESAGUADERO.....	61
TABLA 31:	TASA DE EROSIÓN PROMEDIO - SUBCUENCA DESAGUADERO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ILUSTRACIÓN 1:	FORMACIÓN DEL LAGO URU URU	4
ILUSTRACIÓN 2:	BALANCE HIDRICO CUENCA	7
ILUSTRACIÓN 3:	PRINCIPALES AREAS DE EXPLOTACION MINERA.....	10
ILUSTRACIÓN 4:	UBICACIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS RÍOS DE LA CUENCA DEL LAGO POOPÓ.....	12
ILUSTRACIÓN 5:	COMPORTAMIENTO RÍO JUCHUSUMA PARA DIFERENTES PERÍODOS	17
ILUSTRACIÓN 6:	COMPORTAMIENTO RÍO SEVARUYO.....	21
ILUSTRACIÓN 7:	VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN DE LA SUBCUENCA POOPÓ - 2004	33
ILUSTRACIÓN 8:	DISTRIBUCIÓN DEL VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN GANADERA DE LA SUBCUENCA POOPÓ	46