



Estado Plurinacional de Bolivia
Ministerio de Medio Ambiente y Aguas
Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego



**“INVENTARIO DE PRINCIPALES FUENTES DE
CONTAMINACION EN LA CUENCA DEL RIO ROCHA
(MUNICIPIOS DE SACABA, COCHABAMBA,
COLCAPIRHUA, QUILLACOLLO, VINTO y SIPE SIPE)”**

Septiembre de 2017





INDICE

| | |
|---|----|
| 1.- RESUMEN..... | 1 |
| 2. INTRODUCCION..... | 3 |
| 3. ANTECEDENTES..... | 9 |
| 4. OBJETIVOS..... | 10 |
| 5. ALCANCE..... | 10 |
| 6. AREA DE COBERTURA..... | 10 |
| 7. METODOLOGIA..... | 11 |
| 7.1. Materiales y equipo..... | 11 |
| 7.2 Recopilación de información secundaria..... | 11 |
| 7.3 Validación de información..... | 12 |
| 7.4 Procedimiento y protocolo de muestreo..... | 13 |
| 7.5 Procedimientos analíticos empleados..... | 13 |
| 7.6 Procedimiento de mediciones de caudal..... | 14 |
| 8. RESULTADOS..... | 15 |
| 8.1 Resultados de inventario de principales fuentes contaminación de rio Rocha..... | 15 |
| 8.1.1 Fuentes de contaminantes en el municipio de Sacaba..... | 17 |
| 8.1.2 Fuentes de contaminantes en el municipio de Cochabamba..... | 19 |
| 8.1.3 Fuentes de contaminantes en el municipio de Colcapirhua..... | 20 |
| 8.1.4 Fuentes de contaminantes en el municipio de Quillacollo..... | 21 |
| 8.1.5 Fuentes de contaminantes en el municipio de Vinto..... | 23 |
| 8.1.6 Fuentes de contaminantes en el municipio de Sipe Sipe | 24 |
| 8.2 Resultados de descargas liquidas directas al rio Rocha..... | 26 |
| 8.3 Calculo de cargas contaminantes en las descargas directas..... | 29 |
| 8.4 Resultados de contaminantes solidos (lodos) en el rio Rocha..... | 39 |
| 9. CONCLUSIONES..... | 40 |
| 10. RECOMENDACIONES..... | 45 |
| 11. REFERENCIA BIOBLIGRAFICA..... | 47 |



1 - RESUMEN

El río Rocha es la red pluvial más importante en el eje de conurbación de Cochabamba y con un rol vital dentro el ecosistema de los Valles donde tiene su influencia. Sin embargo, con el desarrollo urbano e industrial, este mismo río se ha convertido en un cuerpo receptor de aguas residuales de diferentes actividades.

En diciembre de 2016 y julio de 2017 se desarrolló un inventario de las fuentes de contaminación del río Rocha en el tramo comprendido entre Sacaba, Cochabamba, Colcapirhua, Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe.

El objetivo fue fortalecer los sistemas de información ambiental de las instancias de monitoreo y control municipales, departamental y nacional con datos sistematizados y validados de las fuentes de contaminación principales de la cuenca del río Rocha.

El trabajo se apoyó en los avances ya realizados por la Gobernación de Cochabamba, municipios y otras instituciones, información secundaria que se procedió a su verificación de campo para la actualización de la información.

Las fuentes contaminantes identificadas en la cuenca del río Rocha hacen 116 descargas directas provenientes de los municipios de Sacaba, Cochabamba, Colcapirhua, Quillacollo,

Vinto y Sipe Sipe, de los cuales 83 descargas directas son aguas residuales domésticas que incluyen canales, tubos de alcantarillados, ríos y 30 son descargas directas de aguas residuales pecuarias de actividades de crianza y faenado de ganado porcinos, 9 descargas directas son aguas residuales industriales y 4 de las actividades de lavado de autos de descarga comercial.

El caudal total de descarga de agua residual es de 2734 l/s (2,7 m³/s), proveniente de aportes indirectos por medio de sistemas de alcantarillado, entre otros.

En los municipios involucrados se ha identificado 392 AOPs asentadas en el área influencia de la cuenca del río Rocha, la mayor cantidad de las AOP se registra en el municipio de Sacaba con 139 AOP, seguido con 87 AOP en el municipio de Sipe Sipe, Cochabamba con 53 AOP, Quillacollo con 29 AOP y finalmente el municipio de Colcapirhua con 21 AOP.

En los municipios involucrados se ha identificado 169 industrias asentadas en la cuenca del río Rocha, de las cuales se encuentran en una mayor proporción en el municipio de Sacaba con 57 industrias, seguido del municipio de Cochabamba con 54 industrias, el municipio de Quillacollo con 26 industrias, 18 industrias en Colcapirhua, 8 industrias en Vinto y finalmente 7 industrias en municipio de Sipe Sipe, que descargan las



aguas residuales crudas o tratadas de manera directa e indirecta al río Rocha.

Los resultados de muestreo de las descargas líquidas directas al río Rocha, los parámetros constituyentes orgánicos (DQO), los parámetros constituyentes inorgánicos metálicos (plomo, cadmio y cromo) en los puntos de descargas directas en los municipios de Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe, los parámetro

constituyentes inorgánicos no metálicos (nitrógeno total, fosfato y sulfuro) y el parámetro constituyente microbiológico no cumplen con los límites permisibles de descarga de Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica Anexo 2 de la Ley 1333, que son riesgo para la salud y en las actividades agropecuarias de la población que vive en las riberas del río Rocha.

2. INTRODUCCION

Hasta los años ´70, incluso inicios de los años ´80, el río Rocha se caracterizaba aún por sus aguas turbias en época lluviosa, alimentadas por diversos efluentes desde el río Maylanco hasta el caudaloso río Tapacarí, un tramo de aproximadamente 67 km, de las cuales jurisdiccionalmente corresponden 18 km a Sacaba, 13 km a Cochabamba, 5 km a Colcapirhua, 6 km a Quillacollo, 3 km a Vinto y 22 km a Sipe Sipe.

Después de la época de lluvia se alimentaba por escorrentías cordilleranas a través de algunos de los efluentes y por numerosas vertientes en sus orillas y en áreas algo lejanas que llevaban agua por canales y arroyos con coloración verdosa casi todo el año. Al mismo tiempo, estas aguas se utilizaban en riego agrícola de las zonas ribereñas. Sin duda, muchos cochabambinos y visitantes recuerdan al río Rocha en ese estado.

Sobre el río Rocha, se descargan aguas residuales en todo su trayecto que va incrementándose en el tiempo como consecuencia del crecimiento urbano que afectada su calidad de agua.

El río Rocha se inicia en el municipio de Sacaba, con el nombre de Maylanco,, pasa por Cochabamba, Colcapirhua, Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe. El área de aporte al río está

conformada por el Valle de Sacaba, el Valle Central y el Valle Bajo. En esta región habitan alrededor de 1.082.412 habitantes que corresponde al 61,56% de la población total del departamento de Cochabamba. (Más de la mitad de la población del departamento). De los 6 municipios que atraviesa el río Rocha, Sacaba es el municipio con la tasa de crecimiento urbano más elevada de la cuenca y la que tiene la relación más baja de población por kilómetro de río. Este índice de crecimiento muestra la dificultad y elevado costo de instalar una planta de tratamiento de aguas residuales emplazadas en la ribera del río. Ninguna de las innumerables urbanizaciones que existen en este municipio trata sus aguas residuales, limitándose a instalar sus alcantarillas de descarga hasta las proximidades del río.

El ecosistema del río Rocha, está sufriendo un deterioro ambiental acelerado, especialmente en la última década, como consecuencia de la acción antrópica e implementación de: urbanizaciones caóticas, industrias y otras actividades, por efecto de las altas tasas de crecimiento poblacional, como también por las migraciones espontáneas, que tiene una incidencia directa en la degradación de los factores ambientales.

Con el crecimiento urbano el requerimiento de agua potable domiciliar fue incrementando y con ello la generación de residuos líquidos. De

la misma manera este fenómeno se fue dando en el sector industrial y productivo. Estos residuos líquidos o efluentes generados tenían que buscar su cauce gravitacional confluyendo en el río Rocha.

Por los años '80, se implementa la primera planta de tratamiento de aguas residuales en la zona de Alba Rancho, diseñada para tratar 400 l/s de agua residual, pero que en la actualidad llega a recibir más de 600 l/s, disminuyendo su eficiencia.

El continuo crecimiento de la población urbana genera la necesidad de conducir estos residuos a otros puntos, dispersando la contaminación, como es el caso de la zona de Planta Elevadora hacia el Canal Valverde y la zona Sureste hacia el río Tamborada, en ambos casos posteriormente descarga sus residuos al río Rocha.

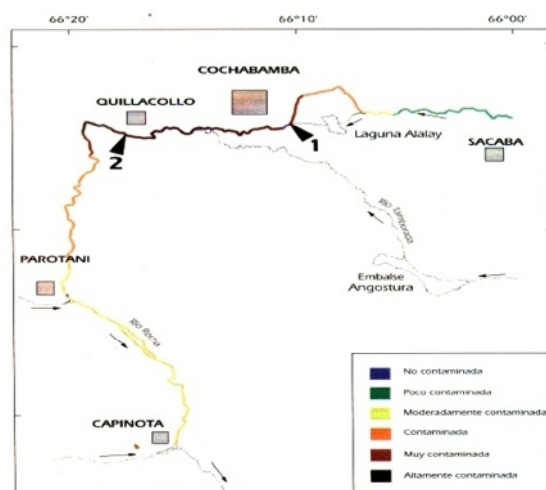
De similar manera a la ciudad de Cochabamba, esta situación se hace crítica en los municipios de Sacaba, Colcapirhua, Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe. Todos, con diversos puntos de descargas de sus aguas residuales al río Rocha.

En algunos de estos municipios, también se han implementado plantas de tratamiento de aguas residuales, adoptando principalmente el sistema Imhoff. Lamentablemente todas colapsaron por falta de una adecuada operación y mantenimiento, o en su defecto por

sobrecarga a su capacidad instalada. Recientemente, el municipio de Sacaba implementó una moderna planta de tratamiento en la zona de El Abra, el 2016, dando inicio a una nueva etapa en el proceso de descontaminación del río Rocha, esperándose su operación para el 2017.

En un estudio realizado en 1998 (1), se evaluó el grado de contaminación orgánica del río Rocha, en el tramo de Sacaba a Capinota que muestra que la región comprendida entre la zona urbana de la ciudad de Cochabamba y Sipe Sipe, es la más contaminada, tomando en cuenta parámetros como oxígeno disuelto, DQO, DBO₅ y nitratos presentes en el agua.

Fig. 1 Contaminación del río Rocha.



Fuente: Plan de Manejo Integral de la cuenca del río Rocha
REINGENIERIA 2007

El Informe “Estudios Básicos de la Cuenca del Río Rocha” (2) a través de la evaluación de

² Plan de Manejo Integral de la cuenca del río Rocha
REINGENIERIA 2007.

numerosos parámetros físico – químicos y bacteriológicos analizados sobre muestras tomadas a lo largo del Río Rocha determina que sus aguas se encuentran contaminadas al constituirse en el cuerpo receptor de las aguas servidas tanto de origen doméstico como industrial, las que al margen de las contribuciones originadas en las deficientes condiciones de disposición de los residuos sólidos, se identifican con mucha claridad, como las principales fuentes de contaminación. Si bien el estudio fue realizado en un período limitado que corresponde a la época seca sus resultados se consideran ampliamente representativos debido a las mayores concentraciones por los bajos caudales. Este estudio comenta a detalle la variación de cada uno de los parámetros estudiados a lo largo del río.

Se establece que la elevada alcalinidad y conductividad del agua, puede ocasionar un deterioro gradual de los suelos por alcalinización y salinización reportándose una mejora de la calidad del agua entre Vinto y Capinota atribuible a un proceso de auto purificación, procesos fotosintéticos, que aportan oxígeno al medio incrementándose las concentraciones del oxígeno disuelto, lo cual está apoyado por la presencia de algas en estos sectores; así mismo, la disminución de la materia orgánica, si bien, se observa una elevación del contenido de nutrientes (fosfatos y nitratos).

El 2001 se decreta la Ley 2256 de Emergencia al río Rocha y otra en 2004, mediante Ley 2866, reafirma la emergencia para promover acciones de descontaminación y recuperación de la cuenca del río Rocha, para lo cual debió activarse una Unidad Gestora conformada por Gobernación, Municipios y CODAC. Desde entonces, organizacionalmente no se activó la Unidad Gestora hasta el 2012, pero la entonces Prefectura mandó a desarrollar estudios sobre la problemática del río Rocha.

El 2005, la Prefectura de Cochabamba, plantea el Manejo Integrado de la Cuenca del río Rocha previo estudio básico de la cuenca del río Rocha, a través de la consultora CONAM. El objetivo principal fue la *“obtención de datos e información básica que sirvan para formular proyectos de recuperación y descontaminación del río Rocha y sus afluentes, además de establecer el Plan de Manejo Integral de la Cuenca del Río Rocha”*.

De aquí, se identificaron 28 descargas industriales al sistema de alcantarillado y 18 puntos de contaminación directa al río Rocha y afluentes. Para ello propone, entre otras medidas, la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales en Sacaba, Alba Rancho-Quenamari y Vinto Chico, con redes colectores en ambos márgenes del río Rocha para las pequeñas descargas, hasta conducir las a los tres puntos mencionados.



El 2007, la Prefectura de Cochabamba, elabora el Plan de Manejo Integral de la Cuenca del Río Rocha, mediante la consultora REINGENIERIA TOTAL. El objetivo general fue de *“lograr el equilibrio socioambiental y productivo, sostenible e integral de la cuenca del río Rocha y elaborar el Plan de Mitigación de la cuenca, con base en la evaluación de impactos ambientales”*.

Como resultados, entre otras, identificaron las siguientes descargas de aguas servidas: en el municipio de Sacaba 23 directas al río Rocha y 8 en afluentes, en Cochabamba 1 directo y 4 en afluentes, en Colcapirhua 2 descargas a afluentes, en Quillacollo 7 descargas directas y 15 a afluentes, en Vinto 2 directas y 1 al afluente, en Sipe Sipe 1 a afluente, 206 descargas industriales a alcantarillado de SEMAPA. De todo ello determinaron 981 l/s de caudal de aporte de aguas servidas al río Rocha en el eje metropolitano.

Como propuestas incluye alternativas de sistemas de tratamientos de aguas residuales domésticas y la construcción de colectores a lo largo de 8 km principalmente en Cercado, interceptando aguas residuales que de forma directa ingresan al río Rocha. Entre otros proyectos propone la forestación, paisajismo, presas inflables, gestión de residuos sólidos en botaderos, sistemas de recarga de acuíferos, teleférico y tren elevado, entre otros proyectos

sociales que hacen el Plan de Manejo Integral de la Cuenca del Río Rocha.

El 2011, la Gobernación de Cochabamba, a través de una consultoría realizada por Gregory Paz, realiza un análisis de la situación ambiental del río Rocha. El objetivo general fue de *“describir el estado de situación ambiental e identificar los requerimientos de remediación ambiental del río Rocha a corto, mediano y largo plazo”*.

Como resultado describe la situación ambiental en base a información principalmente secundaria con un enfoque reflectivo. A partir de ello, propone lineamientos estratégicos en un marco educativo con la capacitación, educación y concientización; en un marco técnico con mejorar la recarga de acuíferos, evitar descargas líquidas contaminantes, evitar depósito de residuos sólidos e implementar un programa de monitoreo permanente; en un marco institucional con la construcción de una autoridad de cuenca.

La Contraloría General del Estado realiza un estudio de la calidad del agua del Río Rocha, en ocho tramos del cauce del río, desde Sacaba hasta Sipe Sipe y emite el informe Nro. K2/AP06/MII, a través del cual determina 44 recomendaciones al Gobierno Autónomo Departamental, Gobiernos Autónomos

Municipales y Empresas Prestadoras de Servicios en el marco de la Ley N° 1333, sus reglamentos y atribuciones de autoridades competentes.

El estudio reveló que el Río Rocha está “altamente contaminado”; es decir que la mayor parte del área de estudio es calificada como aguas de calidad “mala a muy mala”; su uso no es apto para riego, provoca la salinización y su consumo a través de alimentos regados con aguas servidas puede provocar enfermedades gastrointestinales

El diagnóstico fue resultado de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de aproximadamente 61 muestras de agua residuales, domésticas e industriales del Río Rocha. Las descargas de aguas servidas sin ningún tratamiento, sumadas a la excesiva presencia de basura fueron algunas de las razones para el incremento de contaminación. Entre las principales recomendaciones se encuentran: la elaboración de un Plan de Emergencia que contemple las acciones concretas para salvar el río Rocha en coordinación con los seis municipios contaminadores y las industrias, que descargan sus aguas contaminadas directa o indirectamente al río. También, se debe exigir que los diferentes negocios cuenten con licencias ambientales.

A la fecha continúa en proceso de implementación de las recomendaciones. En relación a la valoración de la calidad de aguas, encontraron comparativamente a lo valorado por la UMSS en 1998, que el 2011 se tuvo una significativa variación del grado de contaminación del río Rocha, ya que no se reportaron niveles de poco contaminadas y no contaminadas en el río Rocha.

El 2012, la Gobernación de Cochabamba, mediante un trabajo de consultoría, identificó la problemática de la contaminación del río Rocha, cuantificando los puntos contaminantes sobre el río Rocha. En el mismo se identificaron 161 puntos de contaminación al río Rocha

El mismo 2012, la Gobernación de Cochabamba plantea el Plan de Emergencia para la Descontaminación del Río Rocha, dentro la Unidad Gestora conformado por los municipios del eje metropolitano, CODAC y la misma Gobernación de Cochabamba, en el marco de las leyes de Emergencia indicadas anteriormente. El objetivo general fue de disminuir la contaminación del río Rocha orientadas a la posibilidad de uso para riego por medio de acciones inmediatas en el control de las descargas de aguas residuales al lecho del río y otras causas del problema.

El Plan de Emergencia propone un conjunto de acciones estratégicas que conducen a la

prevención y control de los puntos de contaminación directos e indirectos al río Rocha y sus afluentes. Estas acciones estratégicas comprenden:

- 1) Evitar la continua descarga directa e indirecta de aguas contaminadas al río Rocha
- 2) Evitar la disposición de residuos sólidos en el río Rocha y sus afluentes
- 3) Implementar una red de monitoreo de la calidad del agua en el lecho de río
- 4) Educación ambiental
- 5) Investigación científica y tecnológica
- 6) Implementación de acciones o proyectos transitorios que ayuden en la descontaminación a corto plazo

El 2013, se aprueba el Plan Maestro Metropolitano de Agua Potable y Saneamiento Básico, que plantea una estrategia de implementación de 11 plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en los municipios del eje metropolitano de Cochabamba de acuerdo al siguiente detalle: El Abra y Pucara en Sacaba, Alba Rancho, Valverde y Uspha Uspha en Cercado, Este y Oeste en Tiquipaya, Esquilan en Colcapirhua, Cotapachi en Quillacollo, Virgen del Carmen o Rosario en Vinto y Suticollo en Sipe Sipe

El 2015, la Gobernación de Cochabamba aprueba el Plan Director de la Cuenca del Río Rocha, que venía planteándose desde el 2012,

inclusive. Este Plan establece lineamientos estratégicos, marco institucional y estrategia financiera para desarrollar programas y proyectos de ordenamiento y recuperación de la cuenca del río Rocha con participación, empoderamiento social y esfuerzos conjuntos de los tres niveles de Estado.

Estos lineamientos estratégicos del Plan Director comprenden:

- 1) Mejoramiento ambiental e hidrológico de las cuencas altas
- 2) Recuperación y saneamiento ambiental del río Rocha
- 3) Ordenamiento territorial y uso de suelo
- 4) Descontaminación y mejoramiento ambiental de la cuenca del río Rocha
- 5) Gestión del agua
- 6) Gestión de recursos naturales y biodiversidad

Los Gobiernos Autónomos Municipales y diferentes instituciones, también han ido desarrollando estudios, diagnósticos, planes y planteamientos de solución a la problemática de la contaminación del río Rocha. Como resultado, cada municipio tiene identificado los puntos de descarga directa al río Rocha y los puntos de descarga indirecta mediante redes de alcantarilla, canales u otro medio y tienen conformado en sus estructuras, dependencias que atienden la problemática de contaminación

del río Rocha, en la medida de sus posibilidades.

El Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego pretende contar con una información de la situación actual de la contaminación, mediante el desarrollo de un inventario de principales fuentes de contaminación de la cuenca del río Rocha en los municipios de Sacaba, Cochabamba, Colcapirhua, Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe.

3 ANTECEDENTES

En la gestión 20016 se ha realizado el inventario de las fuentes contaminantes en la cuenca alta del río Rocha que comprende los municipios de Sacaba, Cochabamba y Colcapirhua los resultados corresponden a la época de lluvia.

En el municipio de Sacaba las principales fuentes directas de contaminación son las aguas residuales domésticas, 21 de los 23 identificados. Entre las dos descargas industriales identificadas, se encuentra la descarga del matadero municipal, que en términos de carga contaminante tiene un impacto significativo en la calidad del agua del río Maylanco (naciente río Rocha); a pesar que la instancia municipal está realizando trabajos para la implementación de un matadero moderno, debe tomar en cuenta el tipo de

tratamiento necesario para que este efluente industrial sea tratado adecuadamente.

Las principales fuentes directas de contaminación en el municipio de Cochabamba son las aguas residuales de fuente desconocida (supuestamente desagües pluviales, pero con efluente en época seca) en su mayor parte que descargan al río Rocha mediante tuberías o canales cerrados, con 24 casos de los 29 puntos identificados, que además de la descarga líquida trae consigo residuos sólidos o basura al lecho del río Rocha. Otra fuente directa de contaminación al río Rocha es la presencia de 4 zonas de lavaderos de autos.

La única fuente de descarga directa de ARD al río Rocha es por medio de la Planta de Alba Rancho con un caudal de 600 l/s, sumándose a esta descarga, 2 descargas de ARD indirectas, uno mediante el canal Valverde y otro mediante el río Tamborada.

En el municipio de Cochabamba, no se identifican descargas directas al río Rocha por parte del sector industrial u otras actividades similares.

En el municipio de Colcapirhua, las dos únicas vías de contaminación directa al río Rocha son el canal Valverde y el canal Pampamayu. El Canal Valverde alimentado principalmente por una descarga de ARD de la principal red de

alcantarillado de Colcapirhua (cárcamo de bombeo Esquilan), otra descarga de ARD de una red de alcantarilla de SEMAPA (estación elevadora) que viene de Cercado y fuentes pluviales, entre otros probables. El canal Pampamayu alimentado por dos descargas de ARD (cooperativa San Lorenzo y red municipal) mediante un canal secundario en la zona de Supaycalle y fuentes pluviales, entre otros probables y en el municipio de Colcapirhua no se identifican descargas directas al río Rocha, provenientes del sector industrial u otras actividades similares.

4. OBJETIVOS

Fortalecer los sistemas de información ambiental de las instancias de monitoreo y control municipales, departamental y nacional con datos sistematizadas y validados de las fuentes de contaminación principales de la cuenca del río Rocha, que facilite la implementación de programas para su descontaminación.

4.1. Objetivos específicos

- 1) Realizar el inventario y validación de las principales fuentes de contaminación de la cuenca del río Rocha en las jurisdicciones de los municipios de Sacaba, Cochabamba, Colcapirhua, Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe.

- 2) Plantear recomendaciones orientados a prevenir, mitigar y remediar los problemas de contaminación identificados para su incorporación en el Plan Director de la Cuenca del río Rocha.

5. ALCANCE

- 1) Recopilación de la información. Se consideró fuentes primarias y secundarias, entre las fuentes secundarias, se menciona a los municipios meta y la Gobernación de Cochabamba, para las fuentes primarias, se procedió a un recorrido de verificación en campo.
- 2) Sistematización de la información recopilada, considerando para esto, el tipo o características de la fuente contaminante y sus dimensiones en términos de carga contaminante.
- 3) Elaboración de una memoria fotográfica que demuestra la magnitud de las fuentes de contaminación, sus características y ubicación de cada una de las descargas de aguas residuales en el río Rocha.
- 4) Elaboración de mapas temáticos conteniendo la ubicación de las fuentes de contaminación y sus efluentes y/o puntos de descarga sobre el río Rocha.
- 5) Elaboración y ejecución de un plan de validación de las cargas contaminantes

que considera 10 fuentes de contaminación seleccionadas por sus características y cantidad o carga contaminante.

- 6) Identificación de alternativas de actividades, obras o proyectos de prevención, control, mitigación y remediación, puestas a consideración, para la incorporación en el Plan Director de la Cuenca del río Rocha.

6. AREA DE COBERTURA

La cuenca del río Rocha se encuentra ubicada dentro del departamento de Cochabamba, con una superficie de 3.655 km² e incluye a 24 municipios desde las zonas cordilleranas hasta los valles, pero sólo 6 municipios contienen en su jurisdicción el cauce del río Rocha.

Para fines del presente inventario, se consideró el área de influencia directa sobre el río Rocha, desde el municipio de Sacaba, pasando por el Cochabamba, Colcapirhua, Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe y, posteriormente se incorporó a Tiquipaya cuya jurisdicción territorial no llega hasta el río Rocha.

7. METODOLOGIA

7.1. Material y equipos.

- a) Botes de 2 litros la cantidad de 6 botes por punto de muestreo.

- b) Un balde y soga
c) Tabla métrica para medir la profundidad.
d) Cámara fotográfica
e) GPS
f) pH metro
g) Medidor de oxígeno disuelto
h) Medidor de temperatura
i) Agua destilada
j) Papel adsorbente

7.2. Recopilación de información secundaria

Para los fines de recopilación de información existente se requirió mediante las notas de solicitudes dirigidas a los Gobiernos Autónomos Municipales de Sacaba, Cochabamba, Colcapirhua, Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe, así como a la Secretaría Departamental de los Derechos de la Madre Tierra del Gobierno Autónomo Departamental de Cochabamba, solicitando información sobre efluentes domésticos e industriales que se descargan en el río Rocha de manera directa o indirecta e información sobre el tipo o características de la fuente, dimensiones en términos de carga contaminante y otra información pertinente.

Así también se recurrió a entrevistas directas con responsables de área de cada municipio y la Gobernación.

La información proporcionada por el municipio de Sacaba fue:

- ✓ Base de datos de AOPs presentes en su jurisdicción municipal



- ✓ Base de datos de descargas directas de aguas residuales al río Rocha
- ✓ Propuesta de clasificación de cuerpos de agua del río Rocha

La información proporcionada por el municipio de Cochabamba fue:

- ✓ Base de datos de Industrias con descargas indirectas de aguas residuales al río Rocha
- ✓ Propuesta de clasificación de cuerpos de agua del río Rocha

La información proporcionada por el municipio de Colcapirhua fue:

- ✓ Base de datos de industrias con descargas indirectas de aguas residuales
- ✓ Propuesta de clasificación de cuerpos de agua del río Rocha

La información proporcionada por el municipio de Quillacollo fue:

- ✓ Base de datos de AOPs con descargas directas e indirectas de aguas residuales del río Rocha
- ✓ Informe de monitoreo octubre/2016 de la Cuenca del río Rocha

La información proporcionada por el municipio de Vinto fue:

- ✓ Base de datos de AOPs con descargas directas e indirectas de aguas residuales del río Rocha.
- ✓ Informe de monitoreo de la Cuenca del río Rocha de gestiones 2015, 2016 y 2017.

La información proporcionada por el municipio de Sipe Sipe fue:

- ✓ Base de datos de AOPs con descargas directas e indirectas de aguas residuales del río Rocha
- ✓ Clasificación de cuerpos de agua fisicoquímicos octubre 2016.

La información proporcionada por la Gobernación de Cochabamba fue:

- ✓ Diagnóstico sobre contaminación del río Rocha
- ✓ Informe de auditoría ambiental de gestión 2011.

7. 3. Validación de información.

De la información obtenida sobre los puntos de descarga de efluentes, existentes en los municipios y gobernación, se verificaron su estado actual, mediante un recorrido por el cauce del río Rocha, confirmando cada punto; además se cruzó la información proporcionada los municipios con la información obtenida en el Gobierno Autónomo Departamental de Cochabamba y se consolidó en una sola base de

datos, tomando en cuenta la siguiente información:

- Fuente de la descarga directa y dirección proveniente (margen derecho o izquierdo en dirección río abajo)
- Coordenadas de cada descarga con ayuda de GPS, ajustando su ubicación del punto de descarga
- Características del efluente en color (negro, gris, marrón, verde, plomo, rojo, incoloro) y olor (rancio, fétido, séptica, no perceptible)
- Determinación de caudal por medio del método de la cubeta de volumen conocido y flotación
- Respaldo fotográfico de cada fuente de descarga
- Muestreo en 11 puntos representativos a objeto de validar la carga contaminante, conjuntamente información de resultados de laboratorio ya existente de la gestión 2016, los criterios de selección de sitios de muestreo fueron el volumen de descarga al río Rocha, representatividad de sector según tipo de descarga, entorno poblacional y equidistancia entre muestreos.

7.4 Procedimiento y protocolo de muestreo.

En una primera instancia se procedió al establecimiento del sitio de muestreo, para tal efecto se levantaron datos como coordenadas georeferenciales, fotografías y algunos datos adicionales, los cuales sirvieron para el llenado de la ficha técnica de cada punto de muestreo.

Los muestreos de líquidos de los 11 puntos fueron tomados en 6 botellas plásticas por cada punto, con un total de 66 muestras, con las consideraciones respectivas de toma de muestras para cada parámetro considerado y bajo protocolos establecidos. El tipo de muestra corresponde a compuesta que es aquella que se toma en un sitio determinado cada a hora esta metodología de muestreo es utilizada para medir el grado de contaminación de las aguas residuales.

Para las muestras de lodos se procedió de acuerdo a los procedimientos y protocolos de muestreo por el laboratorio de Centro de Agua y Saneamiento Ambiental (CASA).

Posterior al levantamiento de muestras se realizó la determinación *in situ* de los parámetros de campo pH, Conductividad, temperatura y oxígeno disuelto.

7.5. Procedimientos analíticos empleados.

La metodología empleada en el análisis fisicoquímico de las muestras, de los parámetros los constituyentes inorgánicos

metálicos y los no metálicos, constituyentes orgánicos y microbiológicos, fue efectuada de acuerdo a los procedimientos analíticos por el laboratorio del Centro Agua y Saneamiento Ambiental la Universidad Mayor de San Simón.

Tabla 1 Metodologías analíticas empleadas en Aguas.

| Parámetros | Descripción metodologías |
|---------------------------|-------------------------------|
| Sólidos sedimentos | Cono Imhoff |
| Oxígeno Disuelto | Titulación |
| pH | Electroquímico |
| Temperatura | Directo |
| Conductibilidad eléctrica | Electroquímico |
| Turbidez | Nefelométrico |
| Sulfuros | Titulación |
| Caudal | Flotación y Cubico de Volumen |
| Nitrógeno orgánico total | Micro Kjeldhal |
| Nitratos | Reducción con Cadmio |
| Cromo total | A.A. Llama |
| Plomo total | A.A. Llama |
| Cadmio total | A.A. Llama |
| Fosforo total | Espectrofotometría |
| Hierro soluble | A.A. Llama |
| Cloruros | Titulación |
| DQO | Oxidación con dicromato |
| DBO5 | Dilución Winkler |
| Coliformes fecales | NM/serie de 5 tubos |

Tabla 2 Metodologías analíticas empleadas en suelos (lodos)

| Parámetros | Descripción metodologías |
|------------|--------------------------|
| Plomo | A.A. Llama |
| Cadmio | A.A. Llama |
| Cromo | A.A. Llama |

7.6 Procedimiento de medición de caudal.

La medición de los caudales en los diferentes puntos de muestreo se utilizó dos métodos:

- El flotador basado en la determinación de la velocidad de la corriente y la medición de la sección transversal del mismo, se utilizó para descargas de ríos y canales. Para su determinación se aplicó la fórmula:

$$\text{Caudal} = \text{Área} \times \text{velocidad} \times \text{factor de corrección}$$

- El método de cubico de volumen conocido que consiste, medir el agua en volumen conocido por un tiempo determinado, se utilizó descargas de tubos.

$$\text{Caudal} = \text{Volumen} / \text{tiempo}$$

7.7. Sistematización de la información

Con la información recopilada de fuentes primarias y secundarias se procedió a sistematizar la información, considerando para esto el tipo o características de la fuente contaminante y sus dimensiones en términos de carga contaminante. La sistematización consistió en lo siguiente:

- Generación de una base de datos sobre el inventario de fuentes contaminantes, utilizando la información proporcionada por municipios y gobernación, además de la verificación en campo para la actualización de cada fuente contaminante.

- Fichas técnicas individuales de visualización de cada fuente contaminante.
- Determinación de carga contaminante, utilizando la información de reportes históricos de laboratorio y el reporte de laboratorio sobre las 21 muestras de efluentes tomadas de manera representativa.
- Generación de figuras, tablas y mapas de ubicación.
- Interpretación de resultados y proyección de propuestas de posibles soluciones de descontaminación del río Rocha.

8.- RESULTADOS

8.1 Resultados de inventario de principales fuentes de contaminación del río Rocha

En el río Rocha se validaron 116 puntos con descargas directas de residuos líquidos que contaminan su cauce, de las cuales 32 corresponden al municipio de Sipe Sipe, seguido con 29 descargas el municipio de Cochabamba, 23 a Sacaba, 17 a Quillacollo, 13 a Vinto y finalmente el municipio de Colcapirhua con 2 descargue respectivamente. Como se observa en la fig. 1, el municipio de Sipe Sipe es con mayor descarga directa debido a que existen gran cantidad de granjas de cerdos asentadas en los lechos del río Rocha que descargan las aguas residuales pecuarias

del proceso de crianza y faenado de porcinos, seguido de las descargas directas de los municipios de Cochabamba, Sacaba y Quillacollo, donde predominan las empresas industriales de todo rubro (alimenticia, bebidas, curtiembre, textiles, no metálicos, etc.).

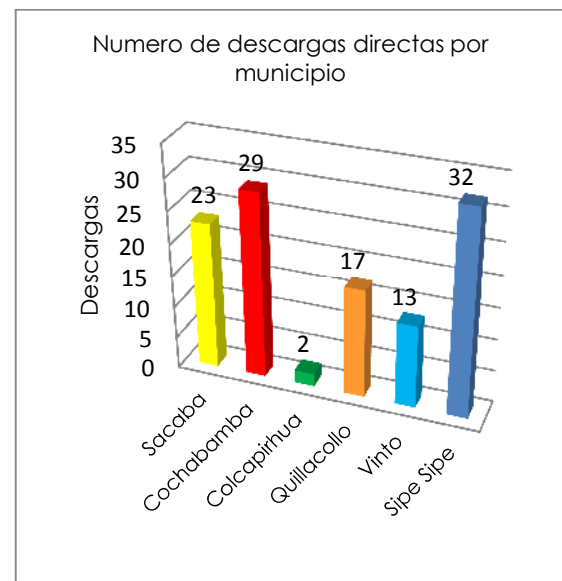


Fig. 2. Numero de descargas directas por municipios al río Rocha

Las descargas directas de aguas residuales aportan un volumen total de caudal de 2759 l/s en los seis municipios, donde Sacaba aporta con 213 l/s, Cochabamba con 1241 l/s, Colcapirhua 100 l/s, Quillacollo con 209 l/s, Vinto con 237,4 l/s y Sipe Sipe con 788 l/s, se observa en la fig. 2.

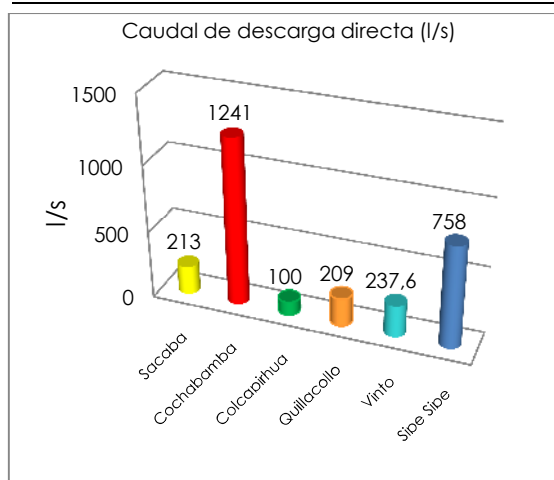


Fig. 3 Caudales de descargas directas por municipios al río Rocha

De acuerdo a la información proporcionada por los municipios son 341 descargas indirectas por las diferentes actividades asentadas en los municipios como se observa en la fig. 3, el municipio de Sacaba con 137 descargas indirectas, seguido de los municipios de Cochabamba y Sipe Sipe con 54 descargas

indirectas, Vinto con 42 descargas indirectas, Quillacollo con 23 descargas indirectas y Colcapirhua con 21 descargas indirectas.

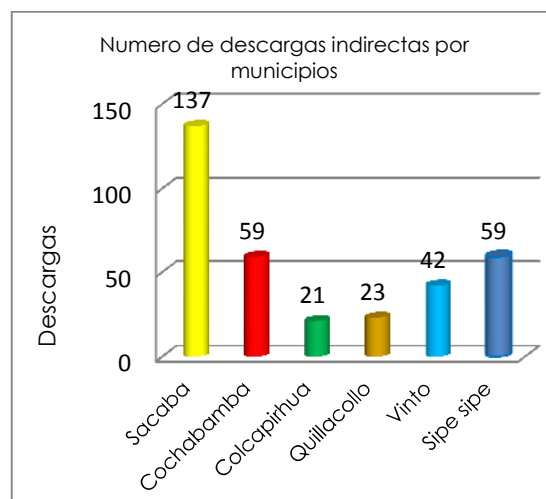


Fig. 4 Numero de descargas indirectas por municipios al río Rocha

Tabla 3. Numero de fuentes contaminantes directas con aguas residuales al río Rocha

| Tipo de AR | Sacaba | Cochabamba | Colcapirhua | Quillacollo | Vinto | Sipe Sipe | Total |
|---------------|--------|------------|-------------|-------------|-------|-----------|-------|
| AR Domestico | 21 | 25 | 2 | 15 | 6 | 4 | 73 |
| AR Comercial | - | 4 | - | - | - | - | 4 |
| AR Industrial | 2 | - | - | 2 | 3 | 2 | 9 |
| AR Pecuarios | - | - | - | - | 4 | 26 | 30 |
| Total | 23 | 29 | 2 | 17 | 13 | 32 | 116 |

Fuente: Elaboración propia 2017.

De las descargas directas al río Rocha la mayor parte corresponde a las aguas residuales domesticas con 73 descargas, que vienen de canales, tubos, de redes de alcantarillas y ríos que posiblemente recogen aguas pluviales y descargas domésticas, seguido de 30 descargas

de aguas residuales pecuarias corresponden a las actividades de la crianza de ganado porcino, 9 descargas de las industrias y finalmente 4 descargas por las actividades comerciales de lavado de vehículos como se muestra la fig. 5 y tabla 3.

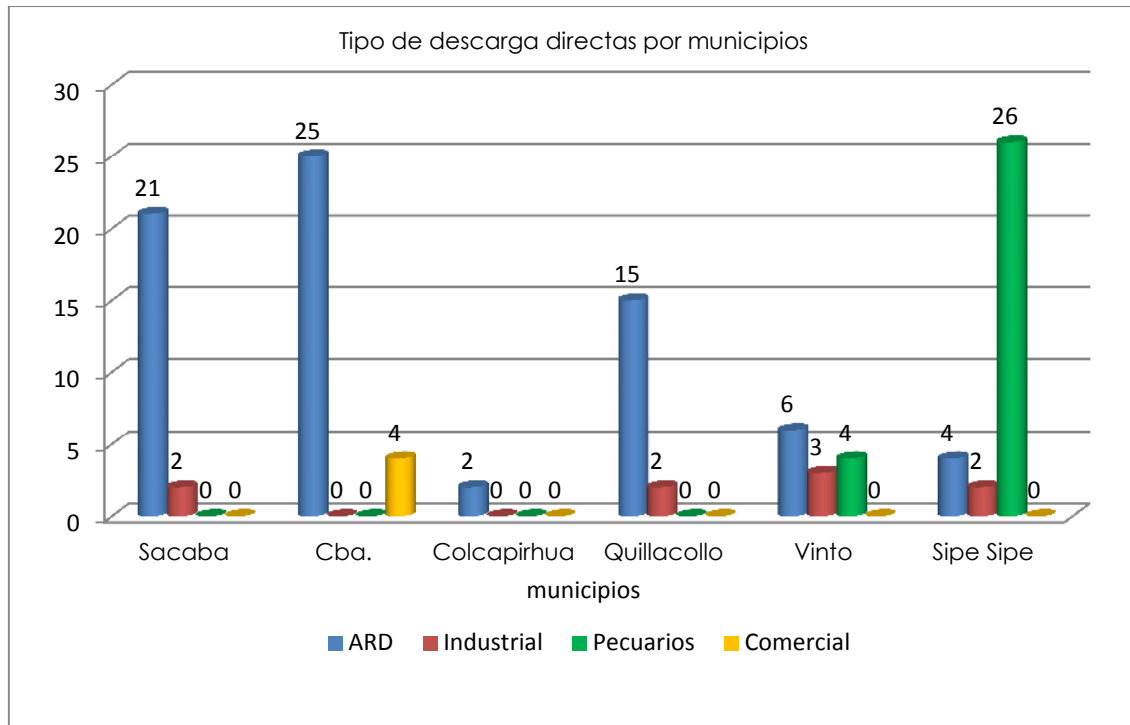


Fig. 5 Tipos de descarga directa por municipios al río Rocha

Las AOPs asentadas en el área de la cuenca del río Rocha son 392 actividades como se observa en la fig. 6, donde existe una mayor AOPs en el municipio de Sacaba con 139 AOP, seguido con 87 AOP en el municipio de Sipe Sipe, el municipio de Cochabamba con 63 AOP, el municipio de Vinto con 53 AOP, el municipio de Quillacollo con 29 AOP y finalmente el municipio de Colcapirhua con 21 AOPs.

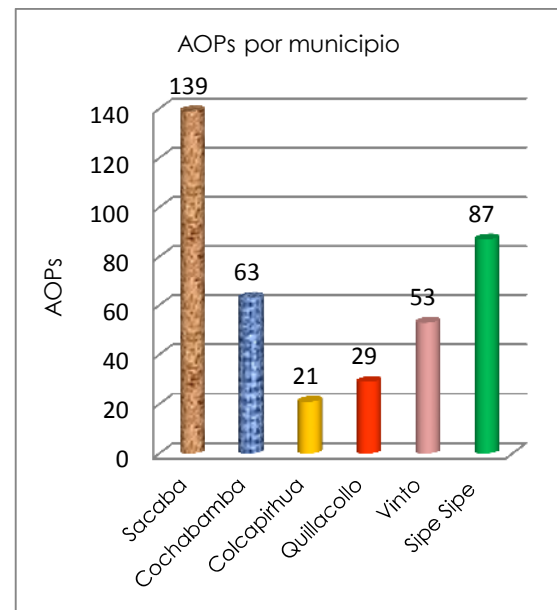


Fig. 6 Numero de AOPs asentadas por municipios

Las industrias asentadas en el trayecto de la cuenca del río Rocha, descargan de manera directa e indirecta las aguas residuales de los procesos de elaboración de productos y la limpieza, principalmente por medio de las redes de alcantarillado o canales secundarios, se encuentran en una mayor proporción en el municipio de Sacaba con 57 industrias, seguido del municipio de Cochabamba con 54 industrias, el municipio de Quillacollo con 26 industrias, 18 industrias en Colcapirhua, 8 industrias en Vinto y finalmente 7 industrias en municipio de Sipe Sipe, como se aprecia en la fig. 7.

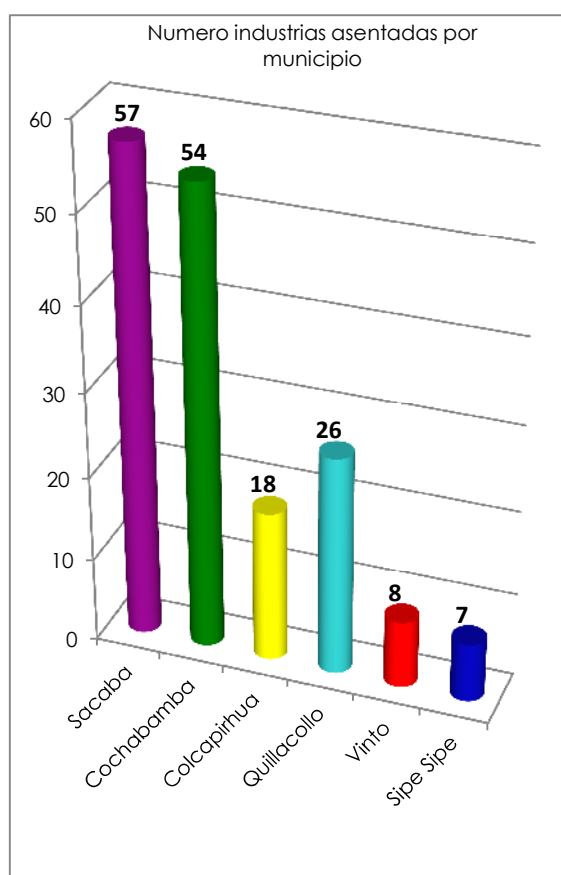


Fig. 7. Numero de Industriales asentadas por municipios

En la cuenca del río Rocha que comprende a los municipios Sacaba, Cochabamba, Colcapirhua, Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe, se clasificó a las industrias asentadas de acuerdo a la Clasificación Industrial por Riesgo de Contaminación (CIRC) de acuerdo Anexo 1 del Reglamento Ambiental Sector Industrial Manufacturero (RASIM), como se observa en la Tabla 13 (Anexo 2), donde la actividad Preparación, cardado y peinado de fibras textiles que corresponde a la subclase (1711) tiene una mayor presencia con un total de 46 industrias, seguido de curtido de cueros de subclase (19110) con 13 industrias, la actividad fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de subclase (24230) con 8 industrias, la actividad de la producción y procesamiento de carne de aves de corral de subclase (15112) con 9 industrias, la actividad elaboración de fiambres y embutidos de subclase (15113) con 4 industrias, la actividad de matanza de ganado bovino y procesamiento de carne de subclase (15111) con 4 industrias, la actividad aserrado y cepillado de madera de subclase (20100) con 6 industrias, la actividad fabricación de productos plásticos en formas básicas y artículos de plástico de subclase (25209) con 6 industrias, la actividad de fabricación de otros artículos de cerámica no refractaria para uso no estructural de subclase con 6 industrias, la actividad Elaboración de leches y productos lácteos de la subclase (15201) con 5 industrias, entre los principales.

8.1.1 Fuentes contaminantes en el municipio de Sacaba

En el municipio de Sacaba, el tramo considerado fue desde el río Maylenco, cursando cerca de 18 km, hasta el margen jurisdiccional con el municipio de Cercado, ubicado en el puente Siles. Luego de obtener la información secundaria necesaria de la instancia ambiental del Gobierno Autónomo Municipal de Sacaba y de la Gobernación de Cochabamba, se procedió a validar dicha información en campo, obteniéndose la información que se muestra en Anexos.

Como parte de las descargas directas de aguas residuales al río Rocha en el municipio de Sacaba fueron validados 23 puntos, de las cuales 21 corresponden a residuos líquidos domiciliarios (ARD) y sólo 2 a residuos líquidos industriales (ARI).

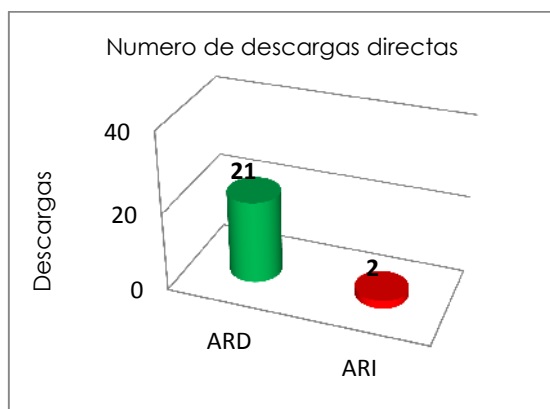


Fig. 8. Numero de descargas directas en el municipio de Sacaba.

En relación a información secundaria previa, se puede indicar que algunos puntos de descarga

ya no existen, pero así también, se encontraron otros nuevos puntos de descarga. La característica sobresaliente en este municipio es la presencia de 15 redes de alcantarillado, cada una administrada por cooperativa a lo largo de las urbanizaciones sobre la avenida Villazón y avenida Chapare, del mismo modo la aparición de 4 pequeñas instalaciones de redes multifamiliares y otras 2 descargas que ya no muestran signos de actividad.

Algunas cooperativas contaban con sistemas de tratamiento Imhoff, de las cuales 5 están en abandono excepto el de la zona de la urbanización Magisterio; este abandono probablemente se debe a la proyección de conectarse a la red colectora que viene instalando la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario a lo largo del margen del río Rocha para fines de conducir las aguas residuales domésticas a su nueva Planta de Tratamiento; el resto de las descargas contaminantes, nunca tuvieron un sistema de tratamiento, excepto la cooperativa Los Huertos que sólo cuenta con tanque séptico.

Como descargas indirectas al río Rocha, se tiene la presencia de diferentes actividades del sector industrial, agropecuario, servicios, saneamiento básico, urbanismo y multisectorial, que se encuentran dispersas en la jurisdicción municipal de Sacaba, descargando sus residuos líquidos en redes de alcantarillas, canales y torrenteras, entre otros.

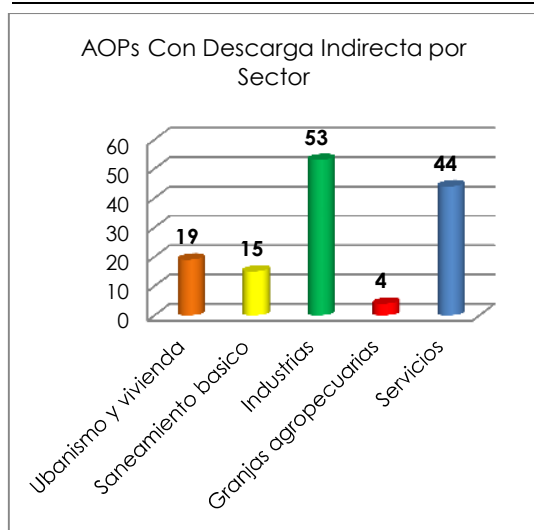


Fig. 9. Numero de descargas indirectas por sector - municipio de Sacaba.

De las 137 AOPs registradas en el municipio de Sacaba, la figura 8 muestra que el sector industrial es el que tiene mayor presencia con 53 industrias, seguido del sector de servicios en un número de 44 que se refiere principalmente de actividades de servicios residenciales y actividades comerciales, el sector de urbanismo y vivienda en un número de 19, que se refiere a diferentes urbanizaciones y condominios asentadas en zonas alejadas del río Rocha, que son descarga de aguas residuales, 15 descargas de saneamiento básico y finalmente 4 actividades de agropecuarias de crianza de cerdos y aves.

8.1.2. Fuentes contaminantes en el municipio de Cochabamba.

En el municipio de Cochabamba, el tramo considerado fue desde el puente Siles, cursando cerca de 13 km, hasta el margen jurisdiccional

con el municipio de Colcapirhua, ubicado por el puente que cruza de Maica a Zofracos. Luego de obtener la información secundaria necesaria de la instancia ambiental del Gobierno Autónomo Municipal de Cochabamba y del Gobierno Autónomo Departamental de Cochabamba, se procedió a validar dicha información en campo, obteniéndose la información que se muestra en las tablas 7 al 12 (anexo 1).

De los 29 puntos de descarga de aguas residuales al río Rocha validados en el municipio de Cochabamba, 25 son tuberías o canales que vierten agua supuestamente pluvial, pero que analizado en sitio, vierten aguas contaminadas aunque en un periodo seco (sospechándose de conexiones clandestinas), tal es el caso del río Tamborada que inclusive recibe aguas residuales domésticas por alcantarillado y aguas industriales como el matadero municipal, entre otros probables; o es el caso de la denominada serpiente negra y otros a lo largo del tramo fluvial del río Rocha.

Las 25 fuentes de descarga de contaminación vienen de canales y alcantarillas domiciliarias de SEMAPA con significativo volumen de caudal y 4 fuentes de contaminación por las actividades de lavaderos de autos asentados en orillas del río Rocha, como se observa en la figura 9

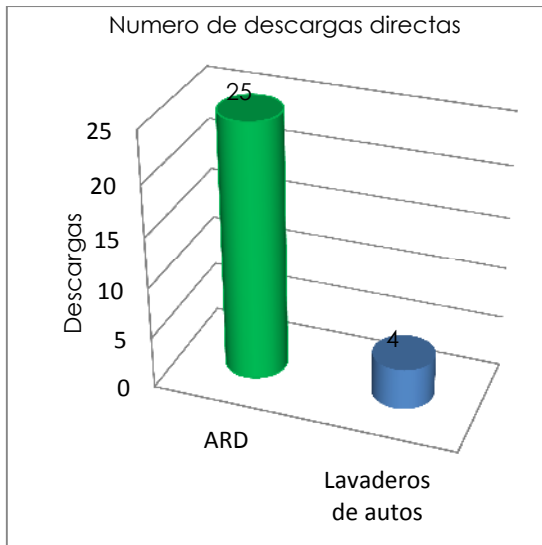


Fig. 10. Numero de descargas directas en el municipio de Cochabamba

En relación a las descargas indirectas en el municipio de Cochabamba (fig. 11), se tiene registrado 45 industrias textiles que tienen descargas líquidas ya sea a redes de alcantarillado de canales o pozos sépticos, 7 curtidores de cuero, 3 mataderos de res y/o aves y 2 industrias del rubro de minerales no metálicos y finalmente 2 de servicios de saneamiento básico.

Las lavanderías textiles o de jeans, se encuentran ubicadas de manera concentrada en la zona sur de la laguna Alalay, cuyas descargas son generalmente a la red de alcantarillado que luego conduce junto con las aguas residuales domésticas a la zona de Alba Rancho. Las curtiembres se encuentran dispersos en diferentes distritos de la ciudad de Cochabamba, así como las faenadoras, entre otros.

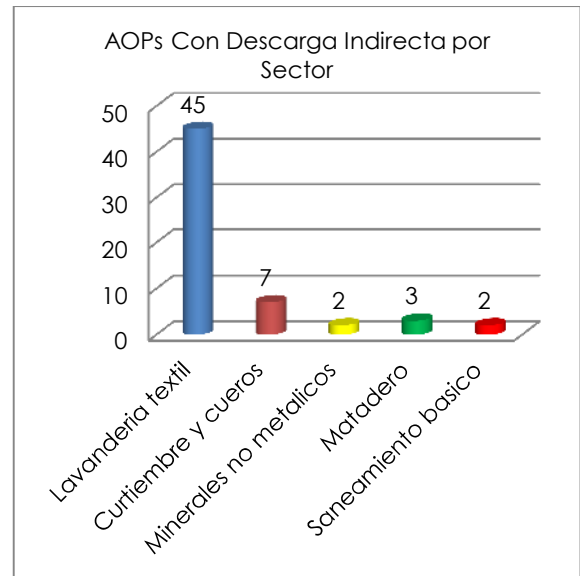


Fig. 11. Numero de descargas indirectas por sector - municipio de Cochabamba.

8.1.3. Fuentes contaminantes en el municipio de Colcapirhua

En el municipio de Colcapirhua se identificaron sólo 2 descargas directas de aguas residuales al río Rocha y en ambos casos mediante canal abierto que corresponde a aguas residuales domésticas (fig. 12). Una descarga corresponde al canal Valverde que es alimentada por la estación de bombeo de ARD municipal de Colcapirhua, inclusive algún nivel de descarga de ARD municipal de Cochabamba (SEMAPA).

La otra descarga directa corresponde al canal Pampamayu que es alimentada principalmente por 2 redes de alcantarillado con ARD, uno del municipio y el otro de la cooperativa del casco viejo del municipio, también es alimentado por aguas pluviales desde la zona de La Florida y

aguas arriba, estas aguas residuales son de uso para riego mediante bombeos

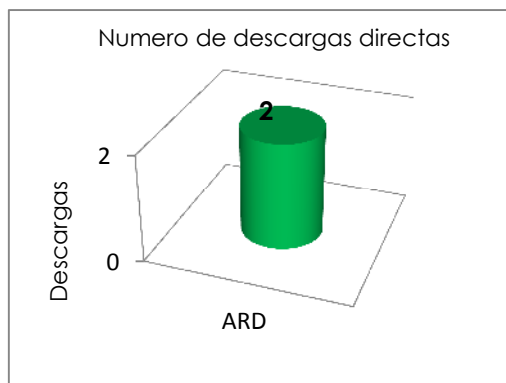


Fig. 12 Numero de descargas directas en el municipio de Colcapirhua

En relación a las descargas indirectas en el municipio de Colcapirhua al rio Rocha se tiene registrado 18 industrias de los cuales 10 corresponden al rubro alimenticio, 3 del rubro cueros, 3 industrias con productos químicos, 1 papeleria y 1 textilera, con 3 descargas indirectas de saneamiento básico o ARD respectivamente (figura 13).

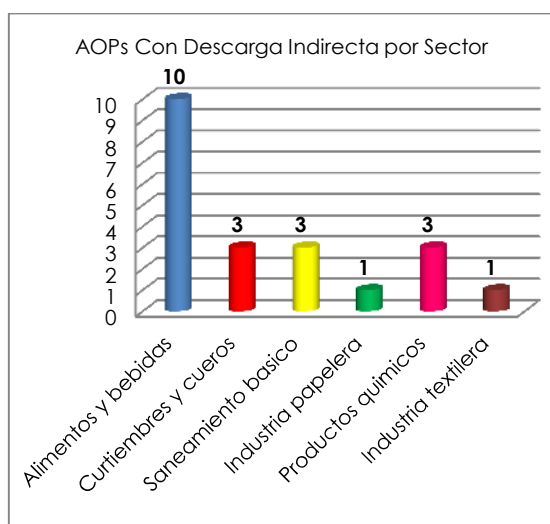


Fig. 13. Numero de descargas indirectas por sector - municipio de Cochabamba

8.1.4. Fuentes contaminantes en el municipio de Quillacollo

En el municipio de Quillacollo el tramo considerado cursa cerca de 3 km, hasta el margen jurisdiccional con el municipio de Vinto, ubicado cerca del puente Loma Linda. Luego de obtener la información secundaria necesaria de la instancia ambiental del Gobierno Autónomo Municipal de Quillacollo se procedió a validar dicha información en campo con la información proporcionada por el municipio.

En el municipio de Quillacollo se ha cuantificado y validado 17 puntos de descargas directas de aguas residuales al rio Rocha, de las cuales 15 corresponden a descargas directas liquidas domésticos (ARD) entre los cuales los más principales son los redes de alcantarillado administrado por la Empresa Municipal de Agua y Alcantarillado dependiente del municipio de Quillacollo que están ubicados en Cotapachi, calle final Bilbao Rioja, Calvario final calle Fructuoso Mercado, final Avenida Virgen de Urkupiña y Tomas Bata ubicada en la calle final Tomas Bata las mismas cuentan con tanques de imhoff y bomba de agua y en el Puente Abaroa que descarga por gravedad al rio Rocha. El rio Huayculi es un afluente con agua residual domestico que contamina al cuerpo de agua.

Al final de la zona de Calvario, existen 2 tubos de alcantarillado domésticos con descarga

directa por gravedad en el margen izquierdo del río Rocha que tiene su fuente de los servicios sanitarios familiares de la zona calvario sur. Asimismo, 2 descargas por tubos de alcantarillado de agua residual de orígenes domésticos por gravedad situado aguas arriba y la otra agua abajo del puente vehicular Abaroa.

También la presencia de 3 tubos de PVC colapsado sin descarga durante la época de estiaje y en la época de lluvia si efectúan las descargas de aguas residuales domésticas.

El afluente más importante es el río Chijlliwiri, tiene sus aportes de descargas de aguas residuales industriales que desembocan a través de alcantarillados de las industrias como: JEIS, FINO, PIL, UNILEVER, CORDILL. Industria de Cerámica, Embotelladoras de refrescos y Curtiembres, también recibe agua residuales domesticas de las poblaciones del Distrito 10, siendo las actividades principales la agropecuaria, otra descarga industrial es en la zona sur de Quillacollo la empresa industrial Manaco descarga su agua residual de manera directa al río Rocha con un volumen de caudal considerable.

Finalmente, el río Tacata que es afluente del río Rocha sin caudal en la época de estiaje y con efluente doméstico en la época de lluvia, se nota en su cauce la presencia de residuos sólidos.

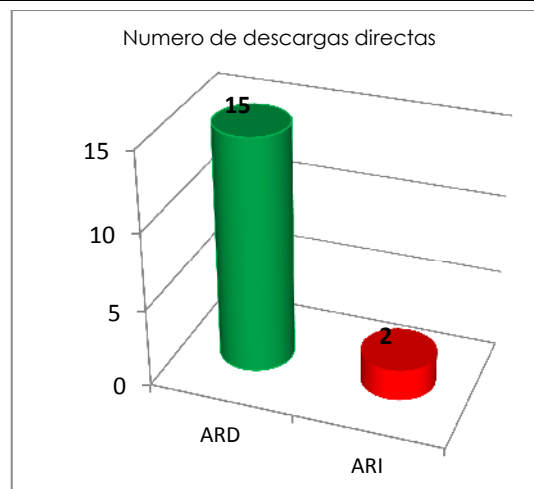


Fig. 14 Numero de descargas directas en el municipio de Quillacollo.

Como descargas indirectas al río Rocha, se tiene la mayor presencia de actividades del sector industrial manufacturero, seguido de actividades agropecuario y actividad de servicios de laboratorio químico, que se encuentran dispersas en la jurisdicción municipal de Quillacollo, descargando sus residuos líquidos en redes de alcantarillado, canales y torrenteras, entre otros.

Según la información proporcionada por el municipio de Quillacollo hay la existencia de 28 actividades económicas registradas en las inmediaciones de influencia indirecta sobre el río Rocha, la fig. 14 muestra que el sector industrial manufacturero con 9 industria de alimentos y bebidas, 6 curtiembres, 5 industrias de productos químicos, 1 industria de minerales no metálicos, 4 industrias con varios actividades, el sector de agropecuario con 2 granjas de crianza de aves y 1 actividad



de laboratorio químico de análisis químico. En las inmediaciones se observa bastante presencia de residuos sólidos domésticos que son también fuente de contaminación por el arrastre por las escorrentías desembocan al río Rocha.

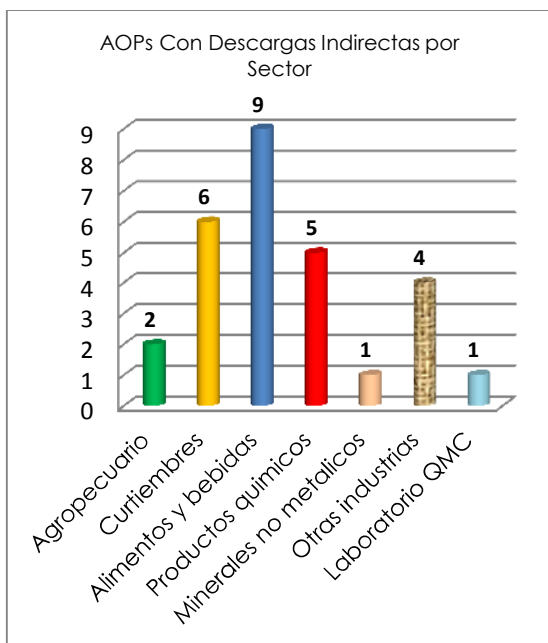


Fig. 15 Numero de descargas indirectas por sector - municipio de Quillacollo

8.1.5. Fuentes contaminantes en el municipio de Vinto.

En el municipio de Vinto, el tramo considerado cursa cerca de 3 km, hasta el margen jurisdiccional con el municipio de Sipe Sipe, ubicado cerca del puente Caramarca Otavi. Luego de obtener la información secundaria necesaria de la instancia ambiental del Gobierno Autónomo Municipal de Vinto se procedió a validar dicha información en campo, obteniéndose la información que se muestra en la fig. 16.

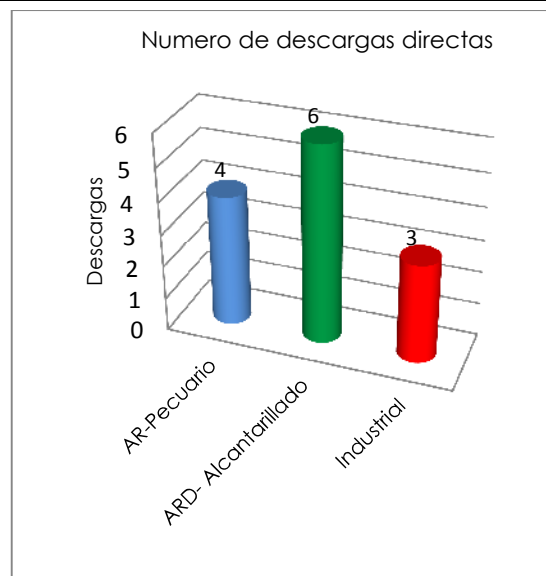


Fig. 16 Numero de descargas directas en el municipio de Vinto

De los 13 puntos de descarga de aguas residuales al río Rocha validados en el municipio de Vinto, 6 descargas corresponde a aguas residuales domesticas de afluentes de tuberías y/o canal de alcantarillado municipal, incluyendo a 3 ríos Chulla en la zona de Kuturipa que tiene caudal, mientras los 2 ríos Khora II y Chuamayu son con caudales temporales.

En el sector Agroindustrial de Vinto Chico (camino antiguo), existen 3 granjas de cerdos y 1 granja de ave que descargan aguas residuales pecuarias que contaminan de alguna manera aunque con caudales bajos y temporales y 3 industrias con actividades de proceso de alimentos de cereales, peladora de trigo y 1 la faenadora avícola "Carmen" que descarga sus aguas industriales al río Rocha.

Finalmente, al inicio de la jurisdicción municipal existe un botadero municipal ubicado en Kuturapi en el margen izquierdo del río Rocha, esta actividad no vierte en forma de líquido, pero se presume la infiltración de los lixiviados de los residuos sólidos y el arrastre de los residuos sólidos en la época de lluvia la cual es un fuente de contaminación.

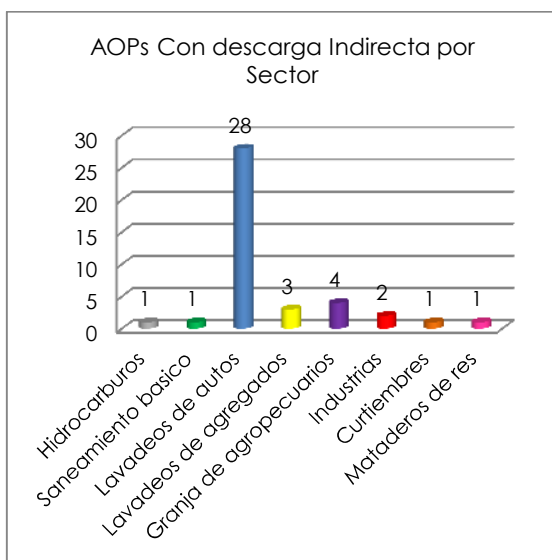


Fig. 17 Numero de descargas indirectas por sectores - municipio de Vinto

Según la información proporcionada por el municipio de Vinto hay la existencia de 41 actividades económicas registradas en las inmediaciones de influencia indirecta sobre el río Rocha, la fig. 16 muestra que la actividad de lavado de autos es que tiene mayor presencia con 28 unidades, seguido del sector de agropecuario con 3 granjas de porcinos, 3 lavaderos de agregados, 2 industrias, 1 matadero de res, 1 curtiembre, 1 servicio de saneamiento básico y finalmente 1 estación de

servicio de hidrocarburos venta de gasolinera asentada en zona alejada del río Rocha.

8.1.6. Fuentes contaminantes en el municipio de Sipe Sipe

En el municipio de Sipe Sipe, el tramo considerado cursa cerca de 22 km, que comprende desde el puente vehicular Caramarca Otaví hasta el margen del río Tapacari, luego de obtener la información secundaria necesaria de la instancia ambiental del Gobierno Autónomo Municipal de Sipe Sipe se procedió a validar dicha información en campo, obteniéndose la información que se muestra en la fig. 18.

Las descargas de aguas residuales directas al río Rocha en el municipio de Sipe Sipe fueron validados 32 puntos de descargas, de las cuales 26 corresponden a descargas de residuos líquidos pecuarios por las actividades de la crianza y faenado del ganado porcino ubicados una mayoría en la comunidad de Rancho Quiroz y menor proporción en la comunidad Sauche Rancho, que están asentadas una tras otra por algo más de 500 metros todas se ubican en las riberas del río, descargando directamente al río Rocha, sin embargo los caudales son bajos no continuos. En el mismo lugar se ubican las descargas de aguas residuales del proceso de la Empresa papelera Vinto y la Faenadora avícola ALG. Finalmente en la comunidad Sorata la existencia de la granja porcina López que descarga



directamente agua residual pecuaria de la crianza y faenado de cerdos.

El río Viloma tiene afluentes de aguas residuales industriales de las empresas y procesadoras de faenado de aves entre las cuales se encuentran avícolas López, Torrico, Viloma, Vega y Pío Rico, descargas domiciliarias clandestinas, y las actividades de las empresas dedicadas a la extracción de agregados también contribuyen la contaminación al cuerpo del río Viloma que desemboca más abajo con el río Rocha.

El río Camiraya es afluente de aguas residuales domésticas (ARD) de la población de Camiraya que descarga al río Rocha, el río Chaquimayu en la época de estiaje no tiene agua pero en la época de lluvia recoge las aguas pluviales y domésticas de las poblaciones de Suticollo y confluye con el río Rocha, se evidenció que en la parte arriba los comunarios desvían las aguas residuales para regar sus cultivos. Finalmente el río Tapacari no es considerado como descarga contaminante debido a su color del líquido transparente que es usado para la irrigación de los cultivos.

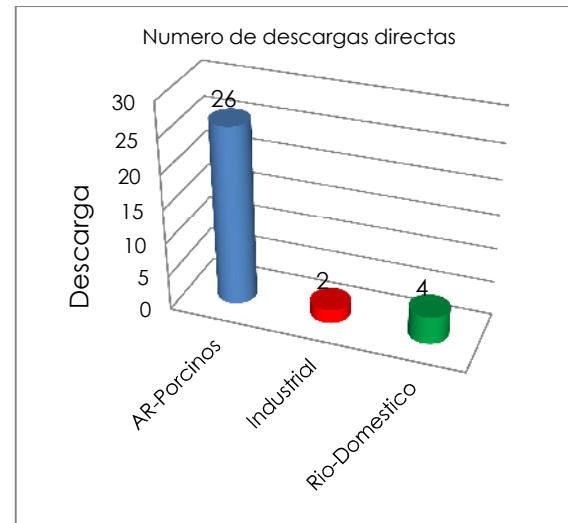


Fig. 18 Numero de descargas directas en el municipio de Sipe Sipe

Las descargas indirectas al río Rocha en el municipio de Sipe Sipe, se tiene una mayor presencia de las actividades del sector agropecuario con 22 granjas de cerdos, seguido con 22 actividades de lavaderos de agregados, 7 actividades de lavaderos de autos, 5 industrias de procesadoras y faenadoras de aves de corral, 4 de servicio de saneamiento básico de servicios de alcantarillado doméstico de las poblaciones urbanas de Sipe Sipe, Parotani y Pirque y finalmente se encuentra una actividad del sector turismo, estas actividades están asentadas lejos del río Rocha, sin embargo sus aguas residuales ya sea tratada o crudas desembocan a través de canales y/o alcantarillas al río Rocha, como se observa en la fig. 19.

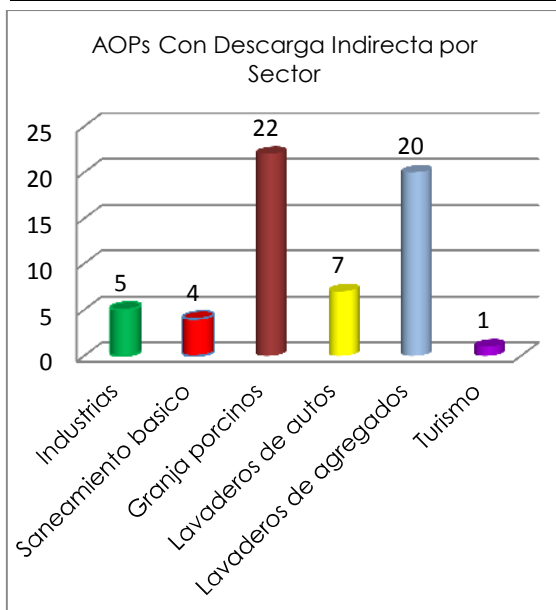


Fig. 19 Descargas indirectas por sectores en el municipio de Sipe Sipe

Se percibe que las aguas residuales domesticas descargadas por el servicio de red de alcantarillado de Sipe Sipe y Parotani, son utilizados para regadío de los cultivos en la

época seca por lo mismo no desemboca al rio Rocha.

8.2 Resultados de descargas liquidas directas al rio Rocha

La tabla 14 (anexo 5) muestra precisamente los resultados de laboratorio de los puntos de descarga a lo largo del rio Rocha, en la gestión 2016 se tomaron 10 muestras en la cuenca alta (municipio de Sacaba, Cochabamba y Colcapirhua), de las cuales 8 son de descargas directas y 2 de descargas indirectas al rio Rocha y en la gestión 2017 se tomaron 11 muestras directas en la cuenca baja (Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe) tomando en cuenta sus características y carga contaminante, donde se puede observar la contribución de carga orgánica al cauce del rio Rocha.

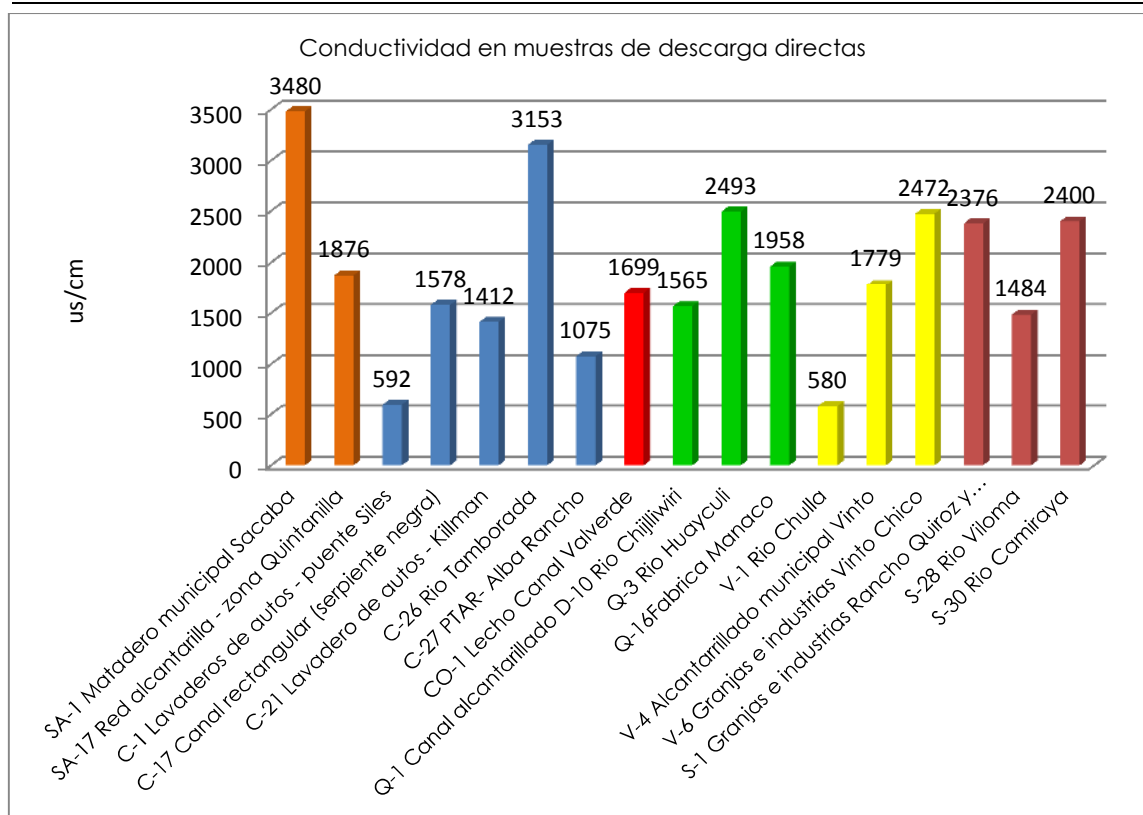


Fig. 20. Conductividad en las descargas directas al río Rocha – gestión 2016-17.

Como se puede apreciar en la figura 20, la conductibilidad en las descargas de aguas residuales se registra en el valor más alto el punto de descarga (SA-1) del matadero municipal de Sacaba con 3480 us/cm de conductividad, seguido de la descarga del punto C-26 del río Tamborada con 3153 us/cm de conductibilidad, la descarga del punto Q-3 del río Huayculi con 2493 us/cm de conductibilidad, el punto de descarga V-6 de las granjas e industrias de Vinto Chico con 2472 us/cm de conductividad en el municipio

de Vinto, la descarga del punto S-30 de río Camiraya en el municipio de Sipe Sipe con 2400 us/cm de conductividad, el punto S-1 de las granjas e industrias de Quiroz Rancho y Sauce Rancho del municipio de Sipe Sipe con 2376 us/cm y los valores más bajos corresponden a los puntos C-1 de lavaderos de auto del puente Siles con 592 us/cm de conductividad y el punto de descarga V-1 del río Chulla del municipio de Vinto con un valor de 580 us/cm de conductividad.

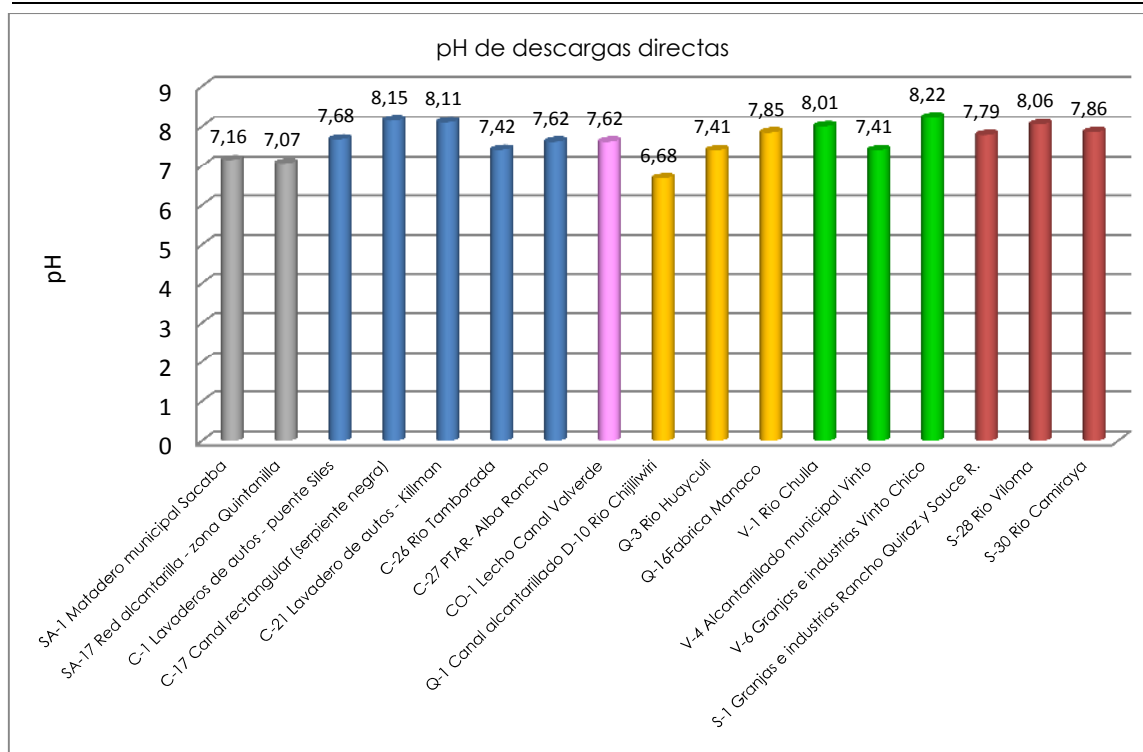


Fig. 21 pH en las descargas directas al rio Rocha – gestión 2016-17

Con respecto a la escala de valores del pH los resultados de las muestras de aguas residuales de descarga al rio Rocha se observan en la fig. 20, todas las descargas liquidas están dentro de los límites permisibles para descargas liquidas (pH 6-9) según el Anexo- 2 del Reglamento de Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333.

8.3 Calculo de las cargas contaminantes en las descargas directas.

Los valores del parámetro constituyentes orgánicos expresada como Demanda Química de Oxigeno (DQO) del punto de la descarga C-1 con (6 KgO₂/día) de lavadero de autos

puente Siles, la descarga de canal rectangular (serpiente negra) con (242 KgO₂/día), la descarga lavaderos de autos Killman C-21 con (45 KgO₂/día), la descarga Granjas e industrias de Vinto Chico V-1 con (72,6 KgO₂/día) y finalmente la descarga de granjas de cerdos e industrias de Rancho Quiroz S-1 con (82,1 KgO₂/día) están por debajo de los límites permisibles para descargas liquidas según el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica Anexo 2 de la Ley Medio Ambiente. Mientras las descargas directas que aportan con mayor cantidad de carga orgánica expresada como DQO la descarga del rio Camiraya (S-30) en el municipio de Sipe Sipe con una concentración 14666 KgO₂/día debido

a las actividades antrópicas, seguido de la descarga de PTAR de Alba Rancho (C-27) con un concentración de 10990 KgO₂/día por la ineficiencia del tratamiento de aguas residuales, el río Tamborada (C-26) por una concentración de 9055 KgO₂/día por las actividades de la población e industrias asentadas en el municipio de Cochabamba, la descarga del canal alcantarillado del Distrito 10- río Chijlliwiri (Q-1) con una concentración

de 3115 kgO₂/día en el municipio en Quillacollo y la descarga del matadero (S-1) en el municipio de Sacaba con un aporte de 2826 KgO₂/día, debido a que la descarga solo recibe un pre tratamiento, están por encima de los límites permisibles para descargas líquidas según Anexo 2 de Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley Medio Ambiente (Ley 1333).

Tabla 4. Datos de cargas contaminantes en las descargas directas al río Rocha.

| Código | Punto de muestreo | DQO (Kg O ₂ /día) | DBO5 (KgO ₂ /día) | Sulfuros (Kg/día) | N total (KgNorg/día) | P soluble (KgP/día) | Cd (Kg/día) | Pb (Kg/día) | Cr (kg/día) |
|--------|--|------------------------------|------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| SA-1 | Matadero Municipal Sacaba | 2826 | 0 | 6,70 | 194,23 | 89,16 | 0 | 0 | 0,00 |
| SA-17 | Red alcantarilla - zona Quintanilla | 1477 | 0 | 0,00 | 322,27 | 97,61 | 0 | 0 | 0,00 |
| C-1 | Lavaderos de autos - puente Siles | 6 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| C-17 | Canal rectangular (serpiente negra) | 242 | 0 | 0,00 | 40,02 | 15,12 | 0 | 0 | 0,00 |
| C-21 | Lavadero de autos - Killman | 45 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| C-26 | Río Tamborada | 9055 | 0 | 65,66 | 3977,86 | 1076,37 | 0 | 0 | 0,00 |
| C-27 | Alba Rancho | 10990 | 0 | 1238,98 | 3758,40 | 1962,66 | 0 | 0 | 0,00 |
| CO-1 | Lecho Canal Valverde | 1769 | 0 | 85,71 | 321,75 | 173,25 | 0 | 0 | 0,00 |
| Q-1 | Canal alcantarillado Dist. 10 Río Chijlliwiri | 3115 | 1421,3 | 17,51 | 130,06 | 22,65 | 0,06 | 0,3 | 0,12 |
| Q-3 | Río Huayculi | 1404 | 447,12 | 16,85 | 136,02 | 25,16 | 0,30 | 4,10 | 44,06 |
| Q-16 | Descarga de Fabrica Manaco | 687 | 528,18 | 0,19 | 280,56 | 35,42 | 0,06 | 0,06 | 1,21 |
| V-1 | Río Chulla | 624 | 98,50 | 0,98 | 44,98 | 20,19 | 0,33 | 0,33 | 0,33 |
| V-4 | Alcantarillado Municipal | 1414 | 790,02 | 0,18 | 182,46 | 31,48 | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| V-6 | Granjas e industrias Vinto Chico | 72,6 | 57,0 | 72,5 | 4,50 | 11,10 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| S-1 | Granjas e industrias Rancho Quiroz- Sauce Rancho | 82,10 | 76,9 | 0,47 | 41,35 | 2,2 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| S-28 | Río Viloma | 661 | 116,64 | 0,78 | 74,91 | 1,04 | 0,26 | 7,78 | 1,56 |
| S-30 | Río Camiraya | 14666 | 3398,11 | 153,41 | 78,49 | 236,87 | 0,40 | 2,19 | 2,98 |

Fuente: Laboratorio CASA 2017

En la Tabla 4 se observa los valores expresados en (Kg/día) generados por cada uno de los parámetros de cargas contaminantes en los puntos de muestreos de las descargas líquidas directas en la cuenca del río Rocha.

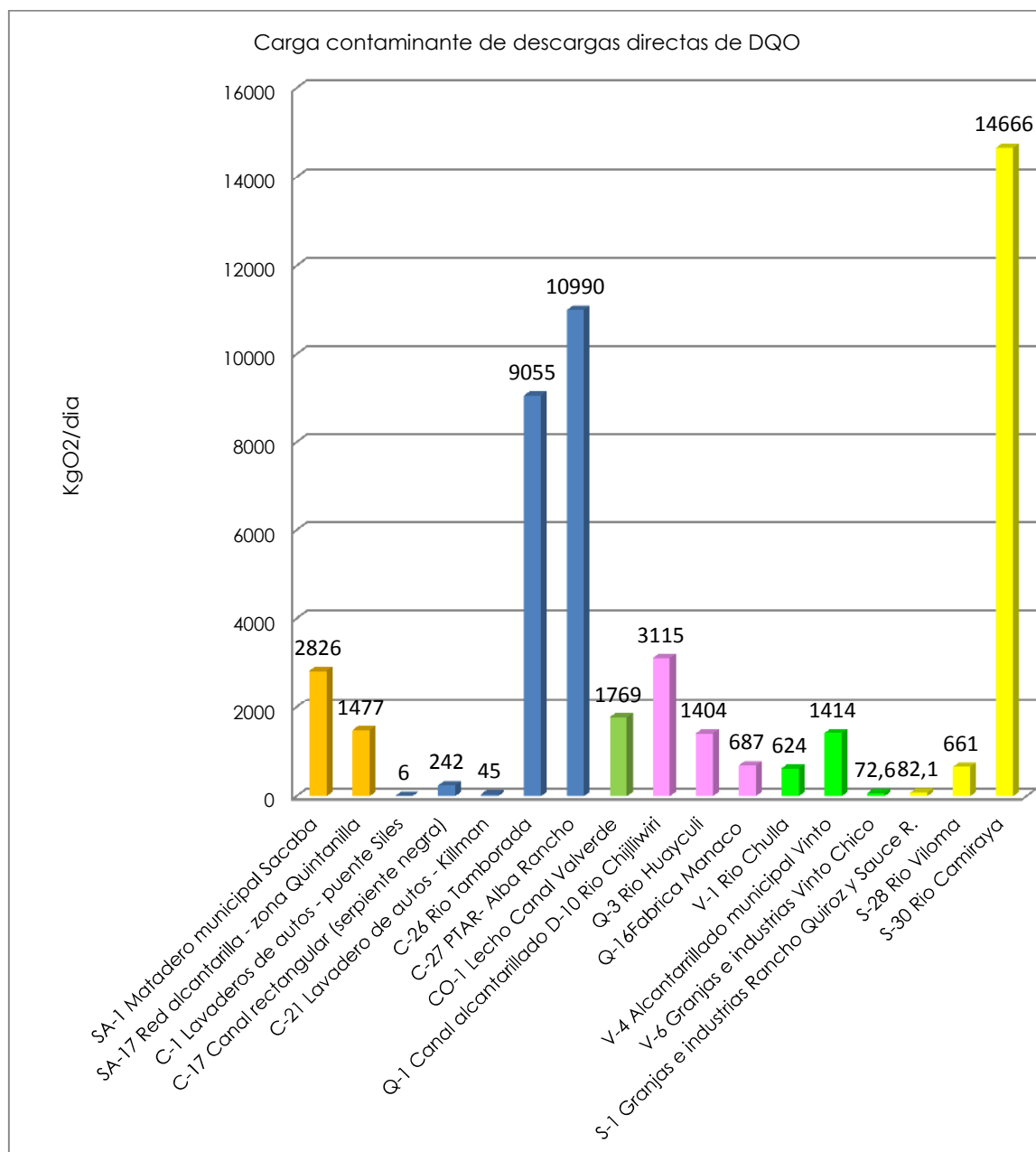


Fig. 22. Carga contaminante expresada como DQO de las descargas directas al río Rocha – gestión 2016-17.

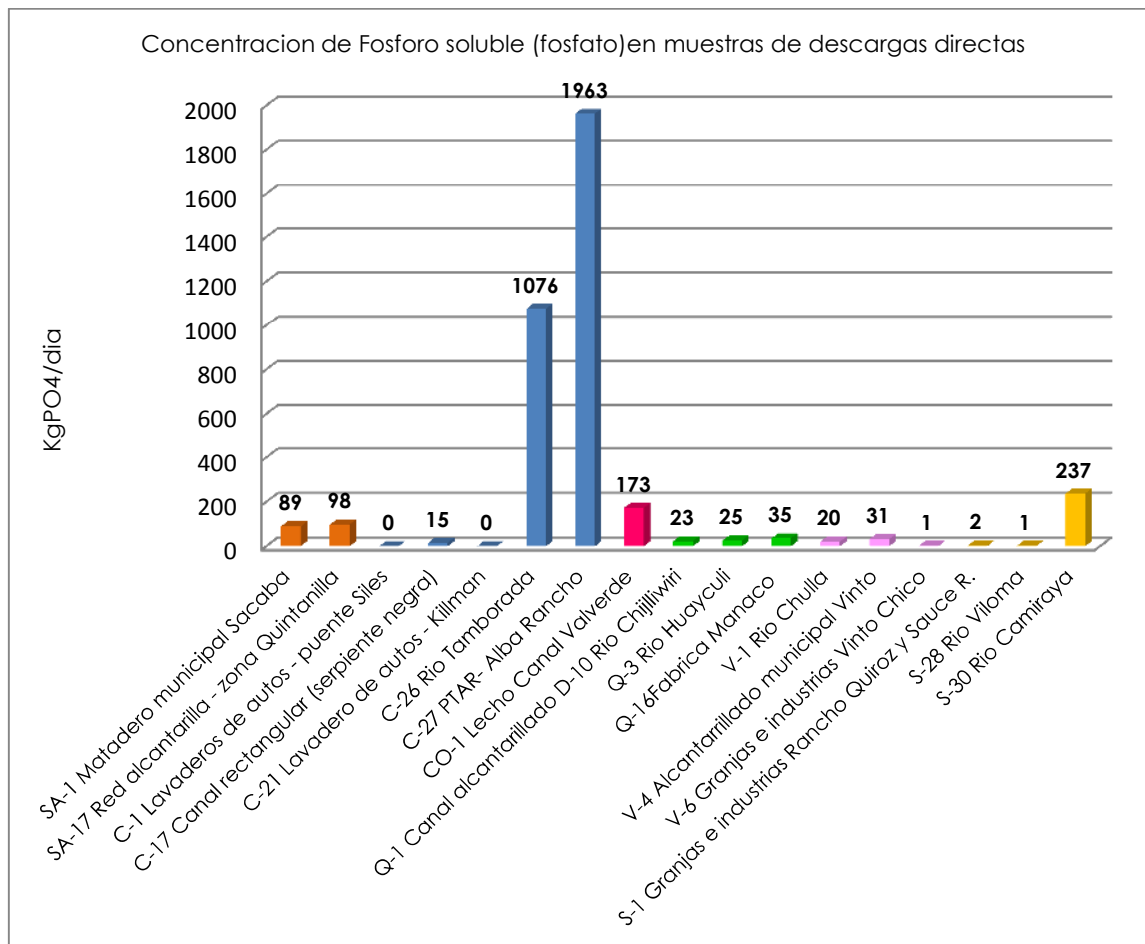


Fig., 23. Concentración de fosforo soluble (fosfato) en las descargas directas al rio Rocha – gestión 2016-17.

Con respecto al parámetro de concentración de fosforo soluble (fosfato) en las aguas residuales descargadas (C-27) Alba Rancho del municipio de Cochabamba aporta una mayor carga de fosforo soluble por día 1963 KgPO₄/día, seguido del (C-26) rio Tamborada con una carga de 1076 Kg PO₄/día, el punto de descarga (S-30) rio Camiraya del municipio de Sipe Sipe con 237 Kg PO₄/día, el (CO-01) canal de lecho Valverde con aporte de 173 KgPO₄/día en el

municipio de Colcapirhua debido a la presencia de conexiones y descargas directas de residuos líquidos domésticos al rio Rocha y la ineficiencia de la planta de tratamiento, en los otros puntos de descarga los aportes son con concentraciones bajas y finalmente en los puntos descargas (C-1) y (C-21) de municipio de Cochabamba la presencia de fosforo con valor cero.

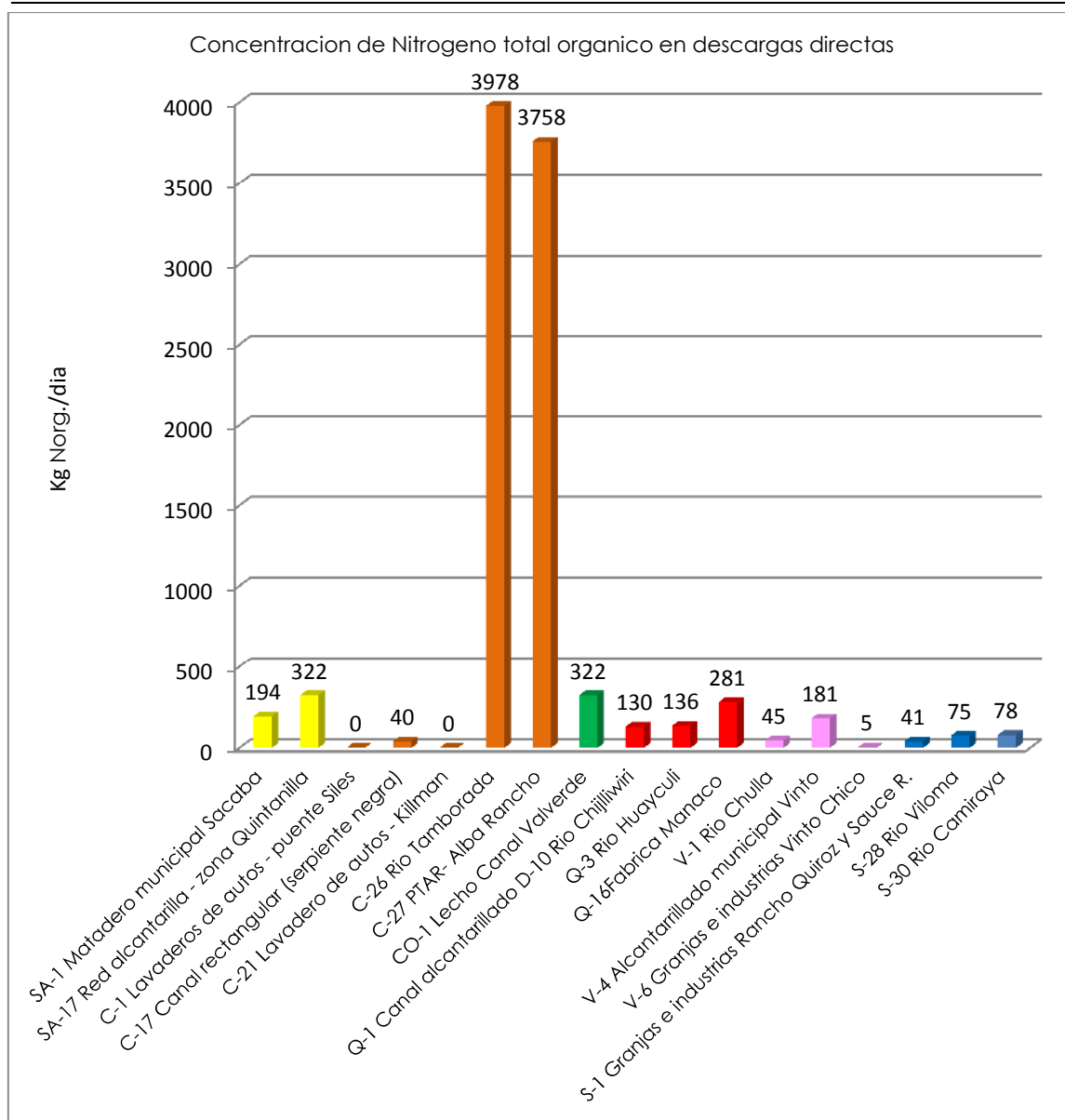


Fig. 24. Concentración de Nitrógeno orgánico total en las descargas directas al rio Rocha – gestión 2016-17

En cuanto a los parámetros constituyentes inorgánicos no metálicos el Nitrógeno Orgánico total en el punto de descarga (CE-26) rio Tamborada de municipio de Cercado es la que tiene mayor aporte con (3977,6 Kg N Org t/día), seguido del punto de descarga (CE -27) de Alba Rancho con aporte (3758,40 Kg N Org

t/día) en el municipio de Cercado, el punto de descarga (SA-17) del alcantarillado de zona Quintanilla del municipio de Sacaba con aporte 322,37 Kg NOrg/día, el punto de descarga (CO-01) lecho de canal Valverde aporta con 321,75 Kg NOrgt/día en el municipio de Colcapirhua, el punto de

descarga (Q-16) de la fábrica Manaco aporta con 280,56 Kg N Org. t/día en el municipio de Quillacollo, la presencia de nitrógeno orgánico

total por la presencia de las heces fecales que contribuye al alto contenido de este elemento.

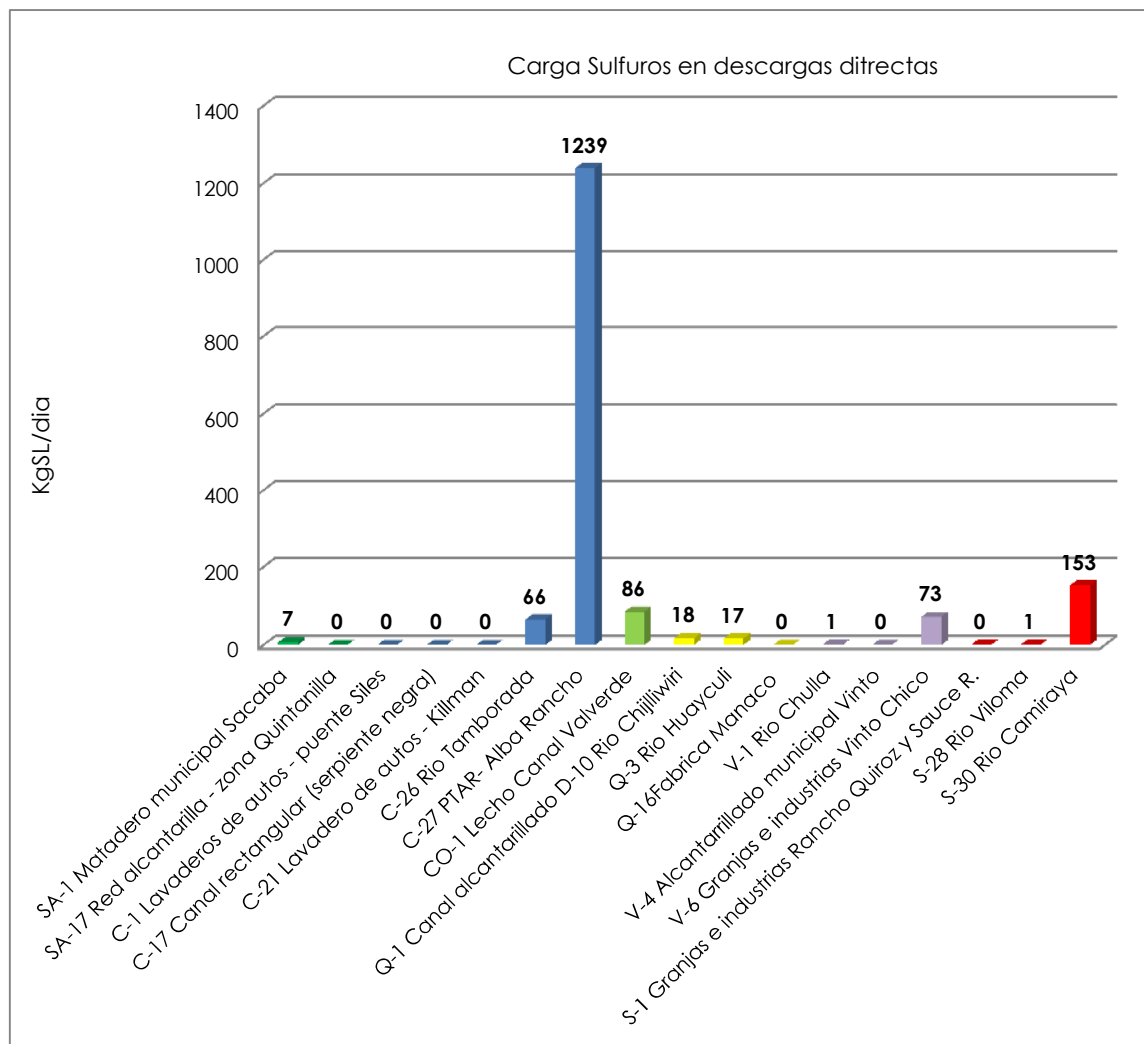


Fig. 25 Concentración de Sulfuro en las descargas directas al rio Rocha – gestión 2016-17

Con respecto al parámetro Sulfuro en el punto de descarga (C-27) de Alba Rancho con aporte (1238,9 Kg Sl/día) en el municipio de Cochabamba es el más alto, seguido de la descarga (S-30) de rio Camiraya del municipio de Sipe Sipe con aporte 153,4 Kg Sl/día, el punto de descarga (CO-01) lecho de canal

Valverde con una concentración de 86 Kg Sl/día en el municipio de Colcapirhua, la descarga de las granjas e industrias de Vinto chico (V-6) con 73 KgSl/día) y el rio Tamborada (C-26) con una concentración de 66 KgSl/día en municipio de Cochabamba, la descarga de canal alcantarillado D-10 rio

Chijlliwiri (Q-1) con concentración de 18 KgSl/día, la descarga del rio Huayculi (Q-1) con concentración de 17 KgSl/día en municipio de Quillacollo y la descarga del matadero del

municipio de Sacaba con 7 kgSl/día y los demás puntos están por debajo de los límites permisibles

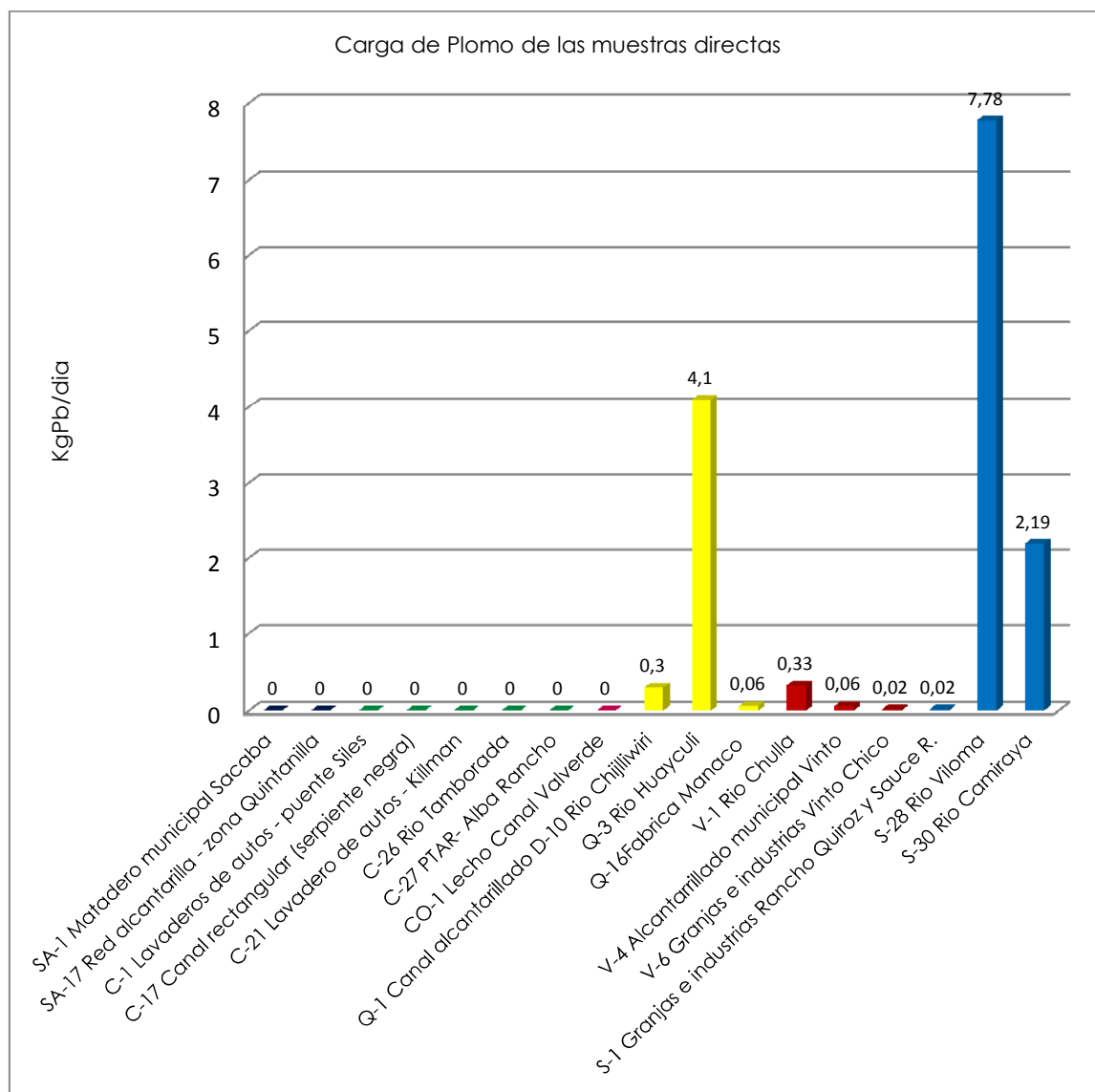


Fig. 26 Concentración de Plomo en las descargas directas al rio Rocha – gestión 2016-17.

Con respecto a los parámetros constituyentes inorgánicos metálicos la concentración de plomo en el punto de descarga (S-28) del rio Viloma aporta con valor de concentración más

alto de 7,78 Kg Pb/día en el municipio de Sipe Sipe, seguido del punto de descarga (Q-03) rio Huayculi con 4,1 Kg Pb/día y el punto de descarga (S-30) rio Camiraya aporta con 2,19



Kg Pb/día, esto debido a que se vierten residuos peligrosos a las descargas, en los puntos de descarga (Q-1), (Q-16), (V-1), (V-4), (V-6) y (S-1) la concentración de plomo están por debajo de los límites permisibles de

descargas líquidas, en las descargas directas en los municipios de Sacaba, Cochabamba y Colcapirhua no se registraron valores para este parámetro.

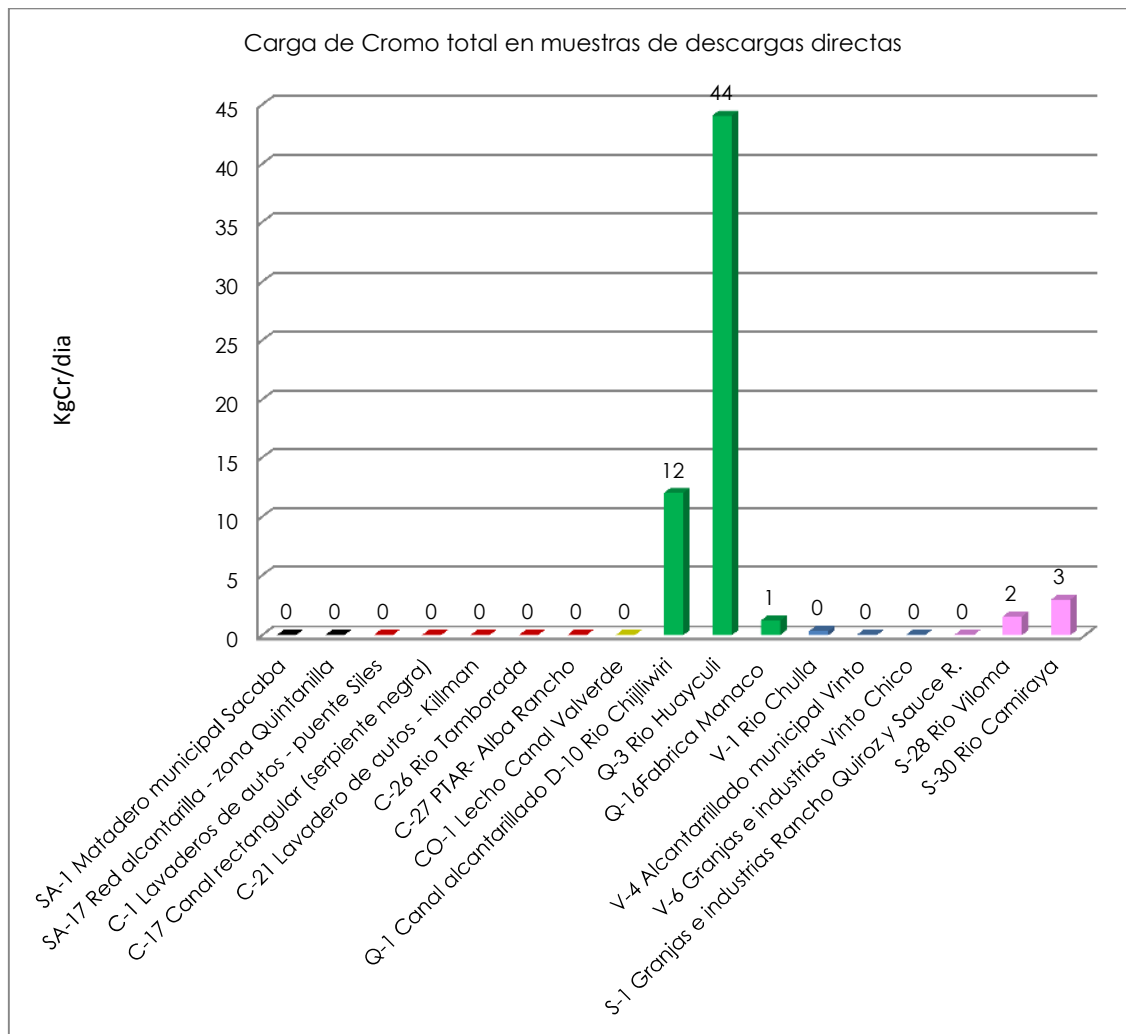


Fig. 27 Concentración de Cromo total en las descargas directas al rio Rocha – gestión 2016-17.

Como muestra la fig. 26 la descarga del rio Huayculi (Q-3) aporta con 44,06 Kg Cr/día en el municipio de Quillacollo, seguido de la descarga del punto (Q-1) rio Chijlliwiri-alcantarillado D-10 con aporte de 12 Kg Cr/día, el punto descarga S-30 rio Camiraya aporta con

3 Kg Cr/día, la descarga (S-28) rio Viloma con aporte de 2 Kg Cr/día en el municipio de Sipe Sipe, la presencia de cromo se debe a las actividades de procesos químicos de las industrias de curtiembres asentadas en estos municipios, los puntos de descarga (Q-16), (V-

1), (V-4), (V-6) y (S-1) está por debajo de los límites permisibles para descargas líquidas, en los municipios de Sacaba, Cochabamba y

Colcapirhua no registraron los valores para este parámetro.

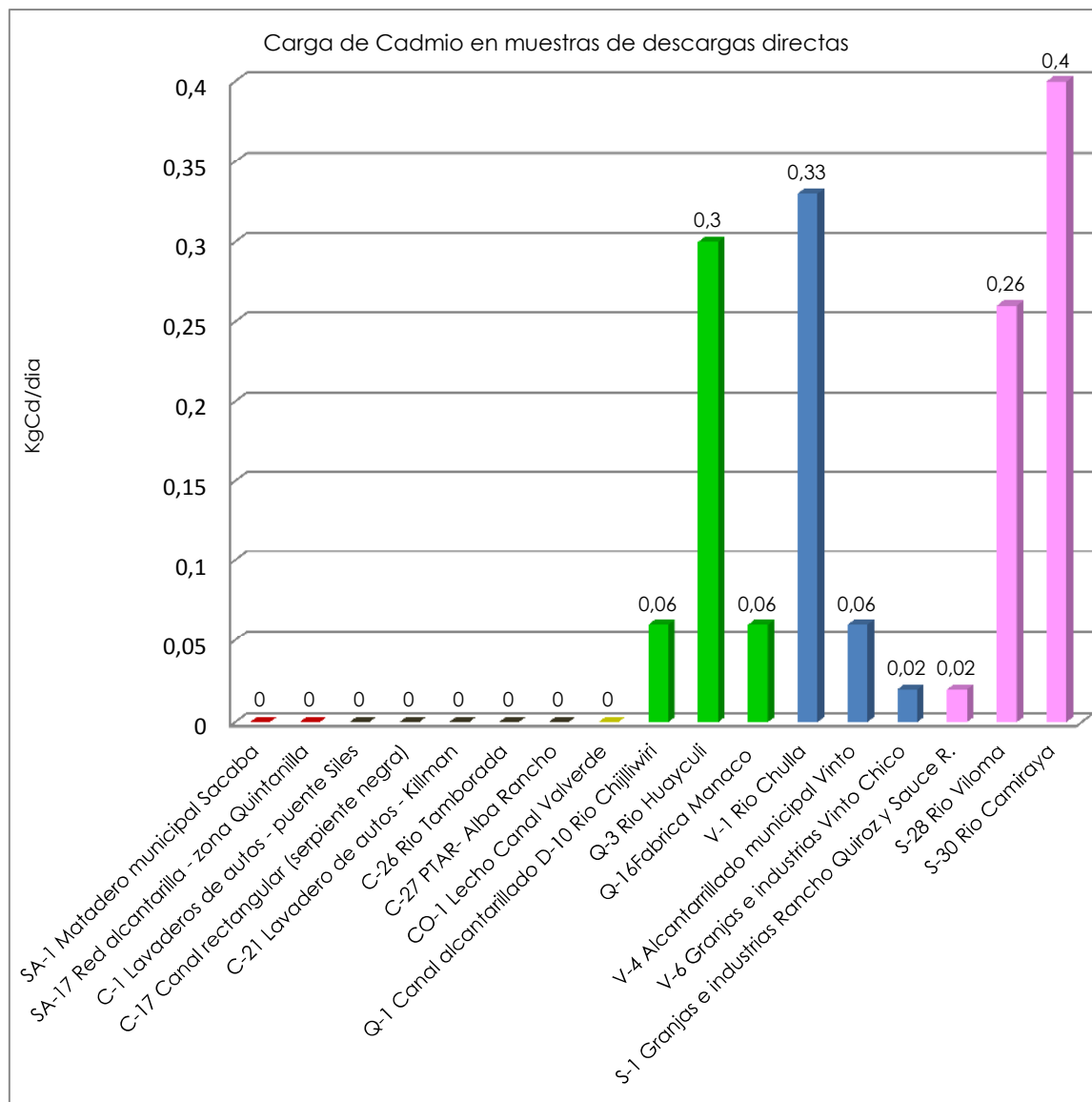


Fig. 28. Concentración de Cadmio en las descargas directas al rio Rocha – gestión 2016-17.

Como se puede notar en la fig. 27 la descarga del punto (S-30) el rio Camiraya que aporta con (0,40 Kg Cd/día), seguido de punto (V-1) de rio Chulla que aporta con (0,33 Kg Cd/día), la presencia se debe a las actividades de las

industrias, los punto de descarga(Q-1) (Q-3), (Q-16) de Quillacollo, (V-1), (V-4), (V-6) de municipio de Vinto, (S-1) y (S-28) del municipio de Sipe Sipe están por debajo de los límites permisibles para descargas líquidas, en



los puntos de descargas en los municipios de Sacaba, Cochabamba y Colcapirhua no se

registraron los valores para este parámetro.

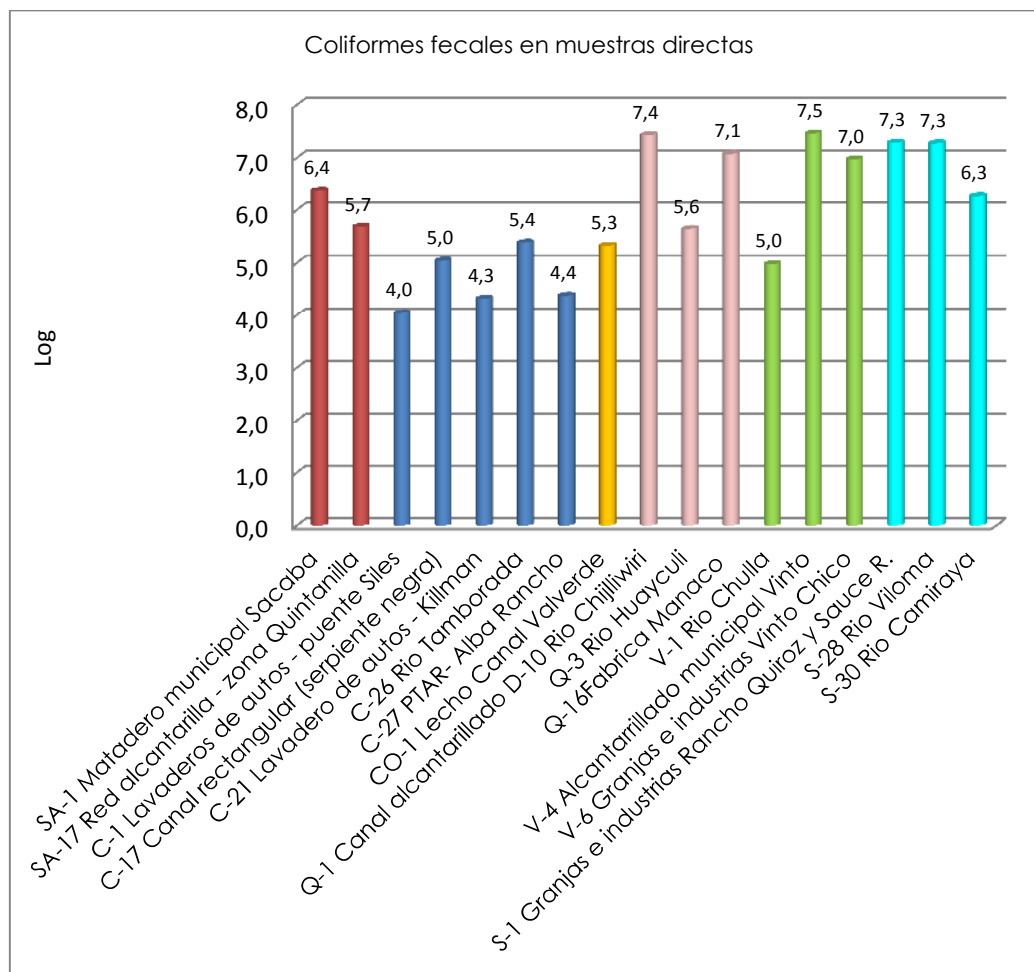


Fig. 29 Concentración de Coliformes fecales en las descargas directas al río Rocha – gestión 2016-17.

Como muestra la fig. 28 los constituyentes microbiológicos de la presencia de Coliformes fecales de *Escherichia coli* tienen su presencia en todos los puntos de descarga directos al río Rocha, registrándose los valores más altos en el punto de descarga (V-4) de alcantarillado de municipal de Vinto, seguido de (Q-1) del Alcantarillado Distrito-10 río Chijlliwiri del municipio de Quillacollo, seguido de las descargas de (S-1) de las granjas e industrias de

Rancho Quiroz en municipio de Sipe Sipe, la descarga (S-28) del río Viloma, los valores bajos se presentaron en los descargas (C-1) de puente Siles y la descarga (S-21) de lavaderos de autos de los puentes Killman del municipio de Cochabamba, todos los puntos de descargas no cumple con el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica Anexo 2. La presencia de grandes altos cantidades de colonias es por las cargas orgánicas vertidos de alcantarillas

domiciliarios y de la procedencia de las aguas residuales de la crianza de ganados.

Los resultados de muestras de las descargas líquidas directas al río Rocha, los parámetros constituyentes orgánicos (DQO), los parámetros constituyentes inorgánicos metálicos (plomo, cadmio y cromo) en los puntos de descargas directas en los municipios de Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe, los parámetro constituyentes inorgánicos no metálicos (nitrógeno total, fosfato, sulfuro) y el

8.4 Resultados de contaminantes Sólidos (lodos) en el río Rocha

La tabla 5 muestra precisamente los resultados de laboratorio de los puntos de muestreo en los lechos del río Rocha en los municipios de

parámetro constituyente microbiológico están por encima de los límites permisibles de descarga líquidas del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica Anexo 2 de la Ley 1333, que son riesgo para la salud de la población que vive en las riberas del río Rocha. Las aguas residuales de las descargas al río Rocha son utilizadas por los agricultores para regar sus cultivos de forrajes en la época de estiaje que podría ocasionar problemas en los suelos con la salinización.

Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe, en la gestión 2017 se tomaron 4 muestras sólidas a profundidades de 15 cm, por el personal del laboratorio de Centro Aguas Saneamiento Ambiental.

Tabla 5 Resultado de contaminantes Sólidos (lodo) en lecho del río Rocha

| Código | Punto de muestreo | Pb mgPb/Kg | Cr mgCr/Kg | Cd mg/Cd/kg |
|--------|--|------------|------------|-------------|
| QU-1 | Cotapachi – Quillacollo | 6,30 | 0,12 | 49,00 |
| QU-2 | Sector Tomas Bata – Quillacollo | 11,58 | 0,28 | 17,80 |
| V-1 | Después de las Granjas de Vinto Chico- Vinto | 1,9 | 0,02 | 3,85 |
| SS-1 | Parotani -Sipe Sipe | 1,68 | 0,02 | 4,15 |

Fuente: Laboratorio CASA 2017

Como se puede notar en la tabla 7, la presencia del metal pesado Plomo en las muestras de suelo en el lecho del río Rocha, con un valor alto en el sector de Tomas Bata con (11,58 mgPb/Kg) y Cotapachi con (6,30 mgPb/Kg) en

municipio de Quillacollo, seguidos en el sector final de las granjas en Vinto Chico con (1,9 mgPb/Kg) y finalmente en Parotoni con presencia de (1,68 mgPb/Kg).

En cuanto al Cromo total se observa el valor más alto en el sector de muestreo de Tomas Bata con (0,28 mgCr/Kg), seguido del sector de Cotapachi con (0,12 mgCr/Kg) en municipio de Quillacollo, las muestras de sector de las

granjas de Vinto Chico y Parotani de Sipe Sipe se registraron valores bajos de (0,02 mgCr/Kg).

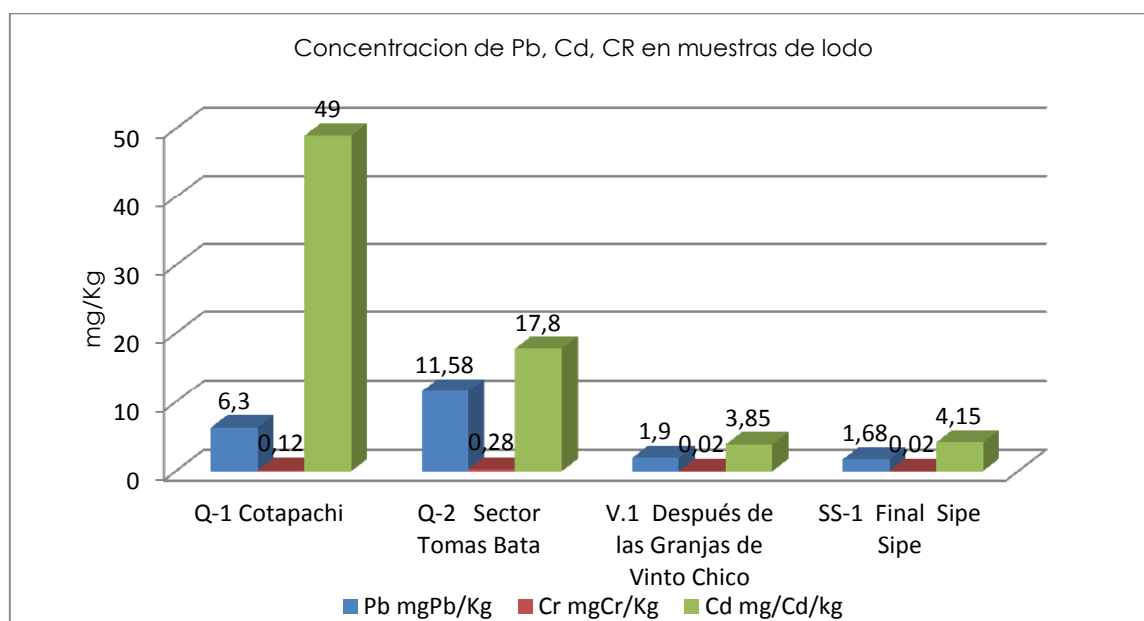


Fig. 30. Concentración de metales pesados en las muestras de lodos en río Rocha – gestión 2017.

Al respecto de metal Cadmio total se registró un alto valor en el sector de Cotapachi con (49,0 mgCd/Kg), seguido de muestra del sector de Tomas Bata con (17,8 mgCd/Kg) en el municipio de Quillacollo, la muestra de Parotani con (4,15 mg Cd/kg) en el municipio

de Sipe Sipe y la muestra al final de las granjas de cerdos e industrias en sector de Vinto Chico con (3,85 mgCd/Kg), por las descargas de aguas residuales industriales que proceden de aguas arriba del río Rocha.

9. CONCLUSIONES

- Las fuentes contaminantes identificados en la cuenca del río Rocha son 116 descargas directas correspondientes a los municipios de Sacaba, Cochabamba, Colcapirhua,

Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe, de los cuales 83 descargas directas son aguas residuales domesticas que incluye canales, tubos de alcantarillados, ríos y 30 descargas directas de aguas residuales pecuarias de las actividades de crianza y faenado de ganado porcinos, 9 descargas directas de las

- aguas residuales industriales y 4 de las actividades corresponden al sector multisectorial (descargas comerciales) de lavado de autos.
- El volumen total aforado de las aguas residuales de las descargas al río Rocha en los seis municipios es 2.734 l/s (2,7 m3/s).
 - Las descargas directas son: el municipio de Sacaba con 29 descargas de las cuales 25 son domésticas y 2 industrial, el municipio de Cochabamba con 29 descargas de las cuales 25 son domésticas y 2 multisector(comercial) de actividades de lavado de autos, el municipio de Colcapirhua con 2 descargas domésticas, el municipio de Quillacollo con 17 descargas de las cuales 15 corresponde a doméstico y 2 industriales, el municipio de Vinto con 13 descargas de las cuales 6 son domésticas, 3 industriales y 4 aguas residuales pecuarias y el municipio de Sipe Sipe con 32 descargas de las cuales 26 son aguas residuales pecuarias, 4 domésticas y 2 industriales.
 - Los caudales son: el municipio de Sacaba con un caudal de 213 l/s, Cochabamba con un caudal 1241 l/s y Colcapirhua con un caudal 100 l/s fueron aforados en la época de lluvia, mientras el municipio de Quillacollo con un caudal de 184 l/s, Vinto con un caudal 237,6 l/s y Sipe Sipe con un caudal 758 l/s que fueron aforados en la época de estiaje.
 - Hay 341 Actividades, Obras y Proyectos (AOPs) asentadas en la cuenca del río Rocha, de manera indirecta o directa descargan sus aguas residuales al río Rocha.
 - En el área de influencia de la cuenca del río Rocha existen 169 industrias con actividades diferentes (industrias alimenticias, bebidas, curtiembres, mataderos, no metálicos y etc.) que descargan sus aguas residuales industriales crudas o tratadas al río Rocha de manera indirecta o directa.
 - En los municipios involucrados según la clasificación de industrias de riesgos de contaminación la división las industrias que mayor número se registraron son la fabricación de productos textiles con 45 actividades, seguido de elaboración de productos alimentos y bebidas con 42 actividades, la fabricación de sustancias y productos químicos con 18 actividades, la fabricación de otros



- productos minerales no metálicos con 17 industrias, curtido de cueros, fabricación de artículos marroquinería, talabartería y calzados con 14 actividades, la fabricación de metales comunes con 7 actividades, fabricación de artículos de paja y de materiales transables con 6 actividades, fabricación de muebles, industrias manufactureras con 6 actividades, fabricación de maquinaria y equipos con 2 actividades, fabricación de papel y de productos de papel 1 actividad y las actividades de producción e impresión y reproducción de placas con 1 unidad.
- En los municipios de Cochabamba y Colcapirhua no se han identificado descargas directas al río Rocha, provenientes del sector industrial u otras actividades similares.
 - El valor del parámetro básico de pH en las descargas líquidas residuales al río Rocha está dentro de los límites permisibles para descargas líquidas Anexo- 2 del Reglamento de Materia de Contaminación Hídrica de la Ley 1333.
 - El parámetro básico de conductibilidad en las descargas líquidas directas al río Rocha los valores altos se registraron en el punto de descarga (SA-1) del matadero municipal de Sacaba, seguido de la descarga del punto C-26 del río Tamborada de municipio de Cochabamba, la descarga del punto Q-3 del río Huayculi en Quillacollo. el punto de descarga V-6 de las granjas e industrias de Vinto Chico, la descarga del punto S-30 de río Camiraya en el municipio de Sipe Sipe el punto S-1 de las granjas e industrias de Quiroz Rancho y Sauce Rancho del municipio de Sipe Sipe.
 - El valor del parámetro constituyente orgánico Demanda Química de oxígeno (DQO) en los puntos de descargas (C-1 de lavadero de autos puente Siles, la descarga (C-17) de canal rectangular (serpiente negra), la descarga de lavaderos de autos Killman (C-21), las granjas e industrias de Vinto Chico (V-1) y finalmente la descarga de granjas de cerdos e industrias de Rancho Quiroz (S-1) están por debajo de los límites permisibles. Mientras los puntos de descargas directas que aportan con mayor cantidad de carga orgánica expresada como DQO, son el Río Camiraya (S-30) en el municipio de Sipe Sipe, la descarga de PTAR de Alba Rancho (C-27), el río Tamborada (C-26) del municipio de Cochabamba, la descarga del canal alcantarillado del Distrito 10- río Chijlliwiri (Q-1), en el



- municipio en Quillacollo y la descarga del matadero (S-1) en el municipio de Sacaba, canal Valverde (CO-1) municipio de Colcapirhua, el canal de alcantarillado Zona Quintanilla (SA-17), el río Huayculi (Q-3) del municipio de Quillacollo, el alcantarillado municipal de Vinto (V-4), la fábrica de Manaco en Quillacollo, todas estas descargas no cumplen con los límites permisibles para descargas líquidas Anexo 2 de la RMCH de la Ley 1333.
- El parámetro constituyente inorgánico metálico Plomo en el punto de descarga (S-28) del río Viloma en el municipio de Sipe Sipe, la descarga (Q-3) río Huayculi y el punto de descarga (S-30) río Camiraya están por encima de los límites permisibles a las descargas líquidas Anexo 2 de la RMCH de la Ley 1333, los demás puntos de descargas (Q-1), (Q-16), (V-1), (V-4), (V-6) y (S-1) la concentración de plomo están por debajo de los límites permisibles de descargas líquidas, en las descargas directas en los municipios de Sacaba, Cochabamba y Colcapirhua no se registraron valores para este parámetro.
 - El parámetro constituyente inorgánico metálico Cromo total en el punto de descarga (Q-3) río Huayculi en municipio de Quillacollo, río Chijlliwiri- alcantarillado D-10 (Q-1), el punto de descarga (S-30) río Camiraya, (S-28) río Viloma en municipio de Sipe Sipe, están por encima de los límites permisibles a las descargas líquidas Anexo 2 de la RMCH de la Ley 1333, los puntos de descarga (Q-16), (V-1), (V-4), (V-6) y (S-1) está por debajo de los límites permisibles de descargas líquidas, en los municipios de Sacaba, Cochabamba y Colcapirhua no registraron los valores para este parámetro.
 - El parámetro constituyente inorgánico metálico Cadmio en el punto de descarga del punto (S-30) el río Camiraya, la descarga (V-1) río Chulla del municipio de Vinto están por encima de los límites permisibles a las descargas líquidas Anexo 2 de la RMCH de la Ley 1333, los puntos de descargas (Q-1) (Q-3), (Q-16) de Quillacollo, las descargas (V-1), (V-4) y (V-6) de municipio de Vinto, las descargas (S-1) y (S-28) en municipio de Sipe Sipe están por debajo de los valores permisibles de las descargas líquidas y en los puntos de descargas de los municipios de Sacaba,



- Cochabamba y Colcapirhua no se registraron los valores para este parámetro.
- El parámetro constituyente inorgánico no metálicos sulfuro el punto de descarga (C-27) de Alba Rancho en el municipio de Cochabamba, (S-30) río Camiraya del municipio de Sipe Sipe, el punto de descarga (CO-01) lecho de canal Valverde en municipio de Colcapirhua, la descarga de las granjas e industrias de Vinto chico (V-6) y el río Tamborada (C-26) de municipio de Cochabamba, la descarga de canal alcantarillado D-10 río Chijlliwiri (Q-1), río Huayculi (Q-1) en municipio de Quillacollo y la descarga del matadero del municipio de Sacaba, están por encima de los límites permisibles a las descargas líquidas Anexo 2 de la RMCH de la Ley 1333 y los otros puntos de descarga están por debajo de los límites permisibles de descarga líquida.
 - El parámetro constituyente inorgánico no metálicos nitrógeno total en las descargas directas al río Rocha los valores más altos son la descarga (CE-26) río Tamborada de municipio de Cercado, seguido del punto de descarga (CE -27) de Alba Rancho en el municipio de Cercado, el punto de descarga (SA-17) del alcantarillado de zona Quintanilla en municipio de Sacaba, el punto de descarga (CO-01) lecho de canal Valverde en municipio de Colcapirhua, el punto de descarga (Q-16) de la fábrica Manaco en Quillacollo.
 - El parámetro constituyente inorgánico no metálicos fósforo soluble (fosfato) en las descargas directas al río Rocha los valores más altos son la descarga (C-27) Alba Rancho del municipio de Cochabamba, seguido del (C-26) río Tamborada de municipio de Cochabamba, la descarga (S-30) río Camiraya del municipio de Sipe Sipe, el canal de lecho Valverde (CO-1) de Colcapirhua.
 - El parámetro constituyente microbiológico de Coliformes fecales de Escherichia coli en las descargas directas de aguas residuales al río Rocha los valores no cumple con el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica Anexo 2 de la Ley 1333.
 - De acuerdo a los resultados de análisis de laboratorio de las descargas directas al río Rocha los parámetros constituyentes orgánicos (DQO), los parámetros constituyentes inorgánicos

- metálicos (plomo, cadmio y cromo) en los puntos de descargas directas en los municipio de Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe, los parámetro constituyentes inorgánicos no metálicos (nitrógeno total, fosforo soluble, sulfuro) están por encima de los límites máximos permisibles de descarga liquidas del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica Anexo 2 de la Ley 1333, son descargas de afluentes de aguas servidas domesticas urbanas y efluentes de origen industrial crudos o deficientemente tratados, que son riesgo para la salud de la población que vive en las riberas del rio Rocha
- Las aguas residuales de las descargas al rio Rocha son utilizadas por los agricultores para regar sus cultivos de forrajes en la época de estiaje que podría ocasionar problemas en los suelos con la salinización.
 - Los valores de los contaminantes solidos (lodos) del metal Plomo muestreadas en el lecho del rio Rocha, registra un valor alto en el sector de Tomas Bata, seguido en el sector de Cotapachi en municipio de Quillacollo, el sector final de las granjas en Vinto Chico y finalmente en Parotoni en municipio de Sipe Sipe.
 - Los valores de los contaminantes solidos (lodos) del metal Cromo total muestreados en el lecho del rio Rocha, registra el valor más alto en el sector de Tomas Bata, seguido del sector de Cotapachi de municipio de Quillacollo y en las muestras de Granja de Vinto Chico y Parotani de Sipe Sipe se registraron valores bajos.
 - Los valores de los contaminantes solidos (lodos) del metal Cadmio total muestreadas en el lecho del rio Rocha, se registra el valor más alto en el sector de Cotapachi, seguido del sector de Tomas Bata en el municipio de Quillacollo, la muestra de Parotani en municipio de Sipe Sipe y la muestra al final de las granjas de cerdos e industrias en Vinto Chico en ambos casos se registró un bajo valor de este metal pesado en el lodo.

10. RECOMENDACIONES

- Fortalecimiento de las capacidades institucional de las Unidades Ambientales de los municipios en el personal, equipos y recurso financieros, en el control y monitoreo de las descargas de las aguas residuales de las AOPs de cumplimiento al Anexo 2 del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley 1333.

- Información y concientización ambiental a las poblaciones en los municipios involucrados de la situación de contaminación al río Rocha.
- Implementación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales PTARs en cada uno de los municipios involucrados y el número PTRAs deberá ser de acuerdo a la población equivalente, de remover los parámetros contaminantes más importantes y significativos, cumpliendo con la el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.
- Mejoramiento hidráulico en el encause del curso del río Rocha para prevenir desbordes e inundaciones con las aguas residuales que podrían causar impactos negativos en los suelos agrícolas de las poblaciones de los municipios de Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe.
- Las aguas residuales pueden cubrir la demanda de riego de las comunidades aledañas, siempre cuando deberán cumplir con las características de salubridad para el uso en la agricultura.
- Las plantas de tratamiento de aguas residuales deberán diseñarse de acuerdo a su complejidad, particularidad y a la población equivalente por la contribución percapita de agua residual.
- Implementar las campañas de prevención y limpieza de los residuos sólidos del encause del río Rocha por parte de los municipios involucrados.
- Los municipios involucrados deberán realizar más eficiente la gestión de los residuos sólidos en las vías y canales abiertos cercanos al río Rocha por ser un potencial contaminación.
- Implementación del Plan de Reubicación de las actividades de lavado de autos en las orillas del río Rocha.
- Zonificación del área industrial en los municipios involucrados, gestionando la viabilización de zonas que reúnan las condiciones de ambiente apropiado y servicios básicos que requieran semejante a las características de un Parque Industrial como una alternativa.
- Por las dimensiones del impacto ambiental de los resultados, se



recomienda desarrollar el inventario de fuentes de descarga directas contaminación de los ríos Tamborada y Camiraya

- El municipio de Tiquipaya no es afluente directa al río Rocha, indirectamente desemboca sus aguas en la época de lluvia, es necesario realizar el inventario de sus fuentes contaminantes en la época húmeda para complementar a la inventariación de las fuentes contaminantes del río Rocha.

II REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

- 1.-Análisis de la Situación Ambiental del río Rocha 2005, Plan de Manejo Integral de la Cuenca del río Rocha, Gregory Paz B. 46 p.
2. Plan de Manejo Integral de la Cuenca del río Rocha 2007, Reingeniería Total ,238 P
3. Informe de Auditoría sobre el desempeño Ambiental 2011, respecto de los impactos negativos generados en el río Rocha, Informe de Auditoría Ambiental K2/Ap06/M11, 167 p.
4. Informes de monitoreo 2016 Gobierno departamental de Cochabamba – Secretaria de Derechos de la Madre Tierra, 36 p.