

DETERMINACIÓN DE CONTAMINANTES EN LOS PASIVOS AMBIENTALES GENERADOS POR LA ACTIVIDAD HIDROCARBURÍFERA EN LOS CUERPOS DE AGUA DE LA QUEBRADA TUCÁN (COMUNIDAD DE SANANDITA).

DETERMINATION OF POLLUTANTS IN THE ENVIRONMENTAL PASSIVES GENERATED BY THE HYDROCARBON ACTIVITY IN THE WATER BODIES IN QUEBRADA TUCÁN (SANANDITA COMMUNITY).

Flores Merma Ruth Geneys - Ph. D. Artunduaga Eysin Neri

Licenciada en Ingeniería Sanitaria y Ambiental – Docente de la Facultad de Ciencias Integradas del Gran Chaco

Dirección de correspondencia: Av. San Martín esquina Tassakis.

Correo electrónico: ruthf4918@gmail.com

Celular: (+591) 74518533

RESUMEN

En este artículo se presenta los problemas que se fueron desarrollando en la región del Chaco, durante décadas, que en la actualidad existe contaminación en los cuerpos de agua de la Quebrada Tucán debido a pasivos ambientales, originados por las actividades petroleras, que afectan a los diferentes factores ambientales, entre ellos, calidad de agua para consumo humano o riego.

Sin embargo, los pasivos ambientales, pueden llegar a contaminar el agua, el suelo, el aire, afectar la salud de la población que viven cerca de ellos e incluso puede perjudicar la propiedad de terceros. Por ejemplo, puede incrementar la presencia de minerales en el organismo, o generar enfermedades respiratorias u otras (Castro Valera., 2007).

Entre los resultados de análisis físico-químico realizados, nos indica que la mayoría de los parámetros establecidos por la Norma Boliviana 512 calidad de agua potable para consumo humano, no cumple con lo establecido, como Turbiedad, Aluminio, Antimonio, Arsenio, Bario, Cadmio, Manganeso, Fenoles, Níquel, Plomo, Amonio, Bario, Benceno, Benzo Pireno. Por lo que se propone implementar medidas de mitigación basados en tratamientos convencionales.

los parámetros de acuerdo a Reglamento Ambiental para el Sector de Hidrocarburo (RASH) se encuentren dentro del límite permisible (metales pesados, PAH, constituyentes orgánicos e inorgánicos), sustancias químicas que, en organismos vivos, alcanzan concentraciones más elevadas que las concentraciones en su medio (Bioacumulación).

PALABRAS CLAVE

Calidad de agua, metales pesados, pasivos ambientales, contaminación de agua

ABSTRACT

This article presents the problems that were developing in the Chaco region, for decades, that there is currently contamination of the bodies of water in the Tucán brook due to environmental liabilities, caused by oil activities, which affect the different environmental factors, including water quality for human consumption or irrigation.

However, environmental liabilities can contaminate water, soil, air, affect the health of the population living near them and may even damage the property of third parties. For example, it can increase the presence of minerals in the body, or generate respiratory or other diseases (Castro Valera., 2007).

Among the results of the physical-chemical analysis carried out, it indicates that most of the parameters established by Bolivian Standard 512 quality of drinking water for human consumption, do not comply with what is established, such as Turbidity, Ph, Aluminum, Antimony, Arsenio, Barium, Cadmium, Manganese, Phenols, Nickel, Lead, Ammonium, Barium, Benzene, Benzo Pyrene. Therefore, it is proposed to implement mitigation measures based on conventional treatments.

The parameters according to the Environmental Regulation for the Hydrocarbon Sector (RASH) are within the permissible limit (heavy metals, PAH, non-organic and organic constituents), chemical substances that, in living organisms, reach higher concentrations than concentrations in its medium (Bioaccumulation).

KEY WORDS

Water quality, heavy metals, environmental passives, water contamination.

INTRODUCCIÓN

Los pasivos ambientales han existido en el país durante siglos, pero la falta de conciencia tanto de las autoridades como de la población en general no permitió un manejo sostenible de esta actividad. Por lo tanto,

las poblaciones cercanas a estas áreas han tenido que lidiar con sus consecuencias (Gine L, Andreucci, & Soto S, 2013).

Teniendo en cuenta que, en la actualidad la actividad hidrocarburífera es considerado como el motor del crecimiento económico del país, y es necesario establecer un mecanismo para prevenir, estimar y resolver sus daños colaterales a nivel ambiental.

Por lo que, en el Departamento de Tarija fueron construidos 56 pozos petroleros y se han identificado 36 pasivos ambientales dentro del área protegida. En el municipio de Yacuiba, comunidad de Sanandita existe 27 pozos perforados, de estos, solo se tiene registrado 22 pozos, por el cual se han identificado 12 pozos como pasivos ambientales (Mamani Q, Suarez R, & Garcia T, 2013).

En los últimos años la investigación en el tema, se ha enfocado en los impactos ambientales que están generando en toda el área de la serranía del Aguaragüe, puesto que se encuentra sometida a intensos trabajos de exploración y explotación dejando así, vulnerable y generando riesgo ambiental debido a los pasivos ambientales, una vez concluido la actividad de explotación.

Según Vacaflor, existen otros campos importantes que no se encuentra dentro del área protegida, es decir no pertenecen al mismo lineamiento estructural de la Serranía Aguaragüe, (campos Tahiguati, Villamontes y san Alberto). La importancia del estudio que se ha llevado a cabo en la Comunidad de Sanandita porque fue uno de los primeros Campos petrolíferos explorados y explotados de Bolivia, operado en un principio por la Empresa Norteamericana Standard Oil Company.

Algunas interrogantes en relación con el tema se centran, en la falta de entrenamiento para enfrentar una contingencia ambiental, se sugiere que se formule un plan de contingencia ambiental para enfrentar los riesgos que se tienen a causa de la filtración / emanación o derrames de hidrocarburo.

Los objetivos de este artículo son: 1) Identificar los puntos de contaminación por hidrocarburo. 2) proceder a realizar análisis de laboratorio de los tipos de contaminantes existentes en la Quebrada Tucán. 3) identificar y clasificar las fuentes de contaminantes que inciden en la calidad en la Quebrada Tucán posteriormente proponer las medidas de mitigación para disminuir los contaminantes presentes en el agua.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Serranía Aguaragüe provee aproximadamente el 70 % del agua a los municipios de Yacuiba, Villamontes

y Carapari, como ya se ha mencionado anteriormente, los efectos ocasionados por la exploración y explotación que se fueron desarrollando durante décadas, han dado lugar, a los impactos ambientales tanto negativos como positivo, generando así, la contaminación del agua en la Quebrada Tucán debido a los pasivos ambientales por las actividades petroleras. cabe mencionar la presencia de emanación natural de forma directa hacia el cuerpo de agua superficial y posteriormente subterráneo. (Centeno Sanchez , 2004).

JUSTIFICACIÓN

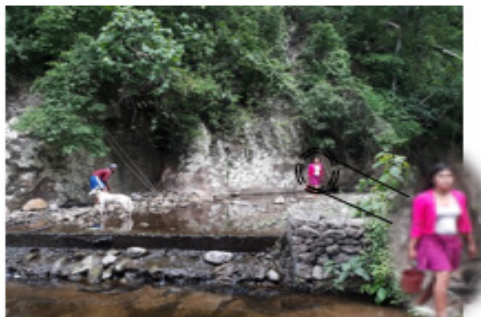
La calidad del agua en la Quebrada Tucán es un factor preocupante, debido a que dos comunidades se sustentan de este recurso líquido tanto, la comunidad campesina del chorro como la comunidad de Sachapera, carecen de un sistema de abastecimiento de agua potable y sistema de riego. Por lo cual, ambas poblaciones se abastecen de este líquido, tanto para consumo propio y sus ganados, ante la necesidad de este recurso líquido recurren a la búsqueda de este, fotografía N° 1, situación, que por todo un año sus animales (ganado, pollo, mascota, etc.) mueren sin explicación alguna.

Esta zona se encuentra en riesgo de contraer enfermedades a causa de la contaminación existente, aun así, presentan ciertos efectos secundarios que están ocasionando las aguas contaminadas, desde una alergia superficial hasta un dolor abdominal, diarrea, náuseas o entre las más conocidas IRAS (Infección Respiratoria Agudas).

Este riesgo aumenta en época de lluvia por el arrastre de desecho que proviene de las dos planchadas existentes en la zona. En términos generales, Ante esta situación, es necesario implementar medidas de prevención y control o donde se incluya métodos de prevención asociados con la población, (Gonzales Alonso, Hernandez, Valcarcel Rivera , Hernandez Barrera , & Gil de Miguel, 2010) sobre los recursos hídricos que está siendo afectados de forma directa o indirecta sobre el medio ambiente.

Razón por la cual, se ha realizado análisis Físico- Químico para determinar la calidad de las aguas en los cuerpos de agua superficiales y de acuerdo a los análisis realizados, se ha considerado la ley 1333 en el reglamento de materia de contaminación hídrica y la NB 512, ISO 17025 procedimiento de muestreo de agua superficial y NB496 agua potable- toma de muestras en base a los resultados obtenidos mediante los análisis se aplicará la propuesta de medidas de mitigación.

Fotografía N° 1 Recolectando Agua para Uso Domestico



Fuente: Elaboración Propia

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la comunidad de Sanandita ubicada al pie de las Serranías del Aguaragüe a 48 km al noroeste del Municipio de Yacui-ba, Provincia Gran Chaco.

El lugar de estudio está caracterizado por un clima cálido semihúmedo y húmedo, con lluvias anuales mayores a 1000 mm con frecuentes heladas en invierno, debido al lento descenso de aire frío. Los suelos muestran problemas de erosión hídrica, la textura de la zona es arcillo-arenosa.

Metodología

En el presente trabajo se desarrolló la siguiente metodología:

Para llevar adelante el trabajo de investigación se usó el método experimental ya que describe, la realidad de situaciones, con el fin de describir por qué causa se produce una situación o acontecimiento.

Ilustración 1 Resumen de la Metodología



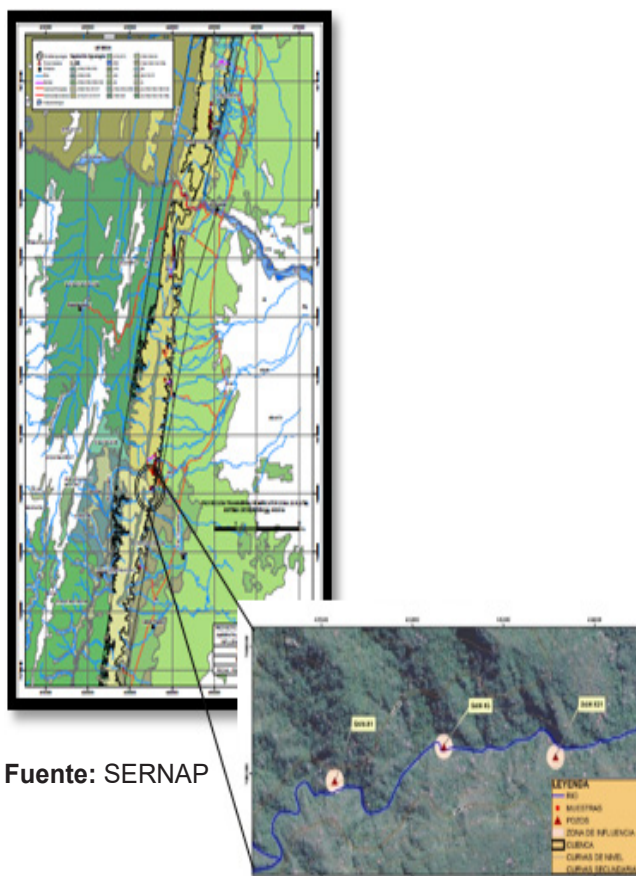
Fuente: Elaboración Propia

Esta Investigación se desarrolla para:

> Identificar los Puntos de Contaminación.

Es importante hacer notar, la existencia de otros puntos de contaminación de menor tamaño de las que se ha llegado seleccionar. Se ha identificado 3 punto de contaminación, entre ellos, el aporte de contaminantes de la serranía del Aguaragüe (naciente) hacia la Quebrada Tucán, SAN-X3 (filtración) y a 80 m (emanación natural) SAN-X1.

Fotografía N° 2 Ubicación de los Pasivos Ambientales



Fuente: SERNAP

Fuente: Elaboración Propia

Antes de recolectar las muestras se ha realizado una planificación (protocolo) basados en las condiciones del estado del área y toma de muestras (envases, procedimientos y precauciones, condiciones de traslado y conservación) lo importante, cada muestra sea representativa (AIC, 2015), con el fin de asegurar la fiabilidad de los resultados obtenidos, que permite realizar una buena interpretación los datos de campo obtenidos, ya que la calidad de los resultados depende de la integridad de las muestras.

> **Realizar análisis de laboratorio de los tipos de contaminantes existentes en la Quebrada Tucán.**

Se realizó la recolección de muestra de cada punto **Cuadro N° 5**, tomando en cuenta normas como:

NB 496 agua potable- toma de muestras cuyo objetivo es establecer las condiciones necesarias para llevar a cabo el muestreo, y determinar la calidad de agua.

Reglamento en materia de contaminación hídrica (RMCH) prevenir y controlar la contaminación hídrica, en el marco del desarrollo. Por lo que se declara regulación de la prevención de la contaminación de control de la calidad de los recursos hídricos.

D.S. 2400 Reglamento ambiental para el sector hidrocarburífero (RASH) regular y establece los límites y procedimientos para las actividades del sector hidrocarburos que se lleven a cabo en todo el territorio nacional, cuyas operaciones produzcan impactos ambientales y/o sociales en el medio ambiente.

NB 512 calidad de agua potable para consumo humano, tienden a garantizar los valores máximos aceptable de calidad de agua a la salud de los consumidores; especifica los parámetros y sus niveles, que representan un peligro para la salud.

ISO 17025 Procedimiento de muestreo de agua superficial Garantiza que las muestras de agua tomadas en campo, se realicen de forma correcta para obtener resultados óptimos y confiables de nuestros análisis.

y posteriormente la realización de laboratorio físico-químico y organoléptico, en los laboratorios de Quebracho y Yaculab tomando en cuenta los parámetros de acuerdo a la NB 512 calidad de agua potable para consumo humano, siendo estos: pH, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Temperatura, Turbidez, Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Calcio, Cadmio, Cianuro, Cobre, cloruros, Cromo, fluoruro, Hierro, Manganeso, Mercurio, nitratos, nitritos, Níquel, sulfatos, Plomo, Zinc, Amonio-N, Fenoles, benceno, Benzo Pireno. omadas en campo, se realicen de forma correcta para obtener resultados óptimos y confiables de nuestros análisis.

Reglamento Ambiental para el Sector Hidrocarburo (**RASH**) se ha considerado la tabla 7.1. Límites Máximos Permisibles para descargas líquidas en cuerpos de agua para el sector de Hidrocarburos.

Fotografía N° 3 Aplicando Conservantes de Acuerdo ISO 17025



Fuente: Elaboración Propia

> **Identificar y clasificar las fuentes de contaminantes que inciden en la calidad de agua en la Quebrada Tucán.**

Se llegó a identificar 2 tipos de contaminación que influyen o inciden la calidad de agua como:

» **Contaminación Natural**

Se debe a la presencia de partículas sólidas claramente la existencia de la inestabilidad de los taludes de las planchadas, el área de estudio se encuentra en estado de erosión (caídas de detritos) y partículas orgánicas, procedentes de restos vegetales o de cadáveres o excrementos de animales, que al descomponerse fermentan y causan contaminación.

Fotografía N° 4 contaminación natural en la Quebrada Tucán.



Fuente: Elaboración Propia

» Contaminación Antrópica

- Actividad Agrícola y ganadera: tanto la Comunidad del Chorro como la Comunidad de Sachapera tienen su área de cultivo ubicada por arriba de los pasivos, los contaminantes más frecuentes del agua, se debe al uso de fertilizantes, herbicidas y plaguicidas u otras sustancias químicas (Quebracho, 2007), que son aplicados a los campos de cultivo convirtiéndose en portadores de contaminantes, los componentes de dichos productos incorporado por riego (filtración), a cuerpo de agua superficial y subterráneo.

La actividad ganadera realiza un aporte importante

en la contaminación del agua fundamentalmente por la producción de grandes cantidades de residuos orgánicos en forma de purinas que producen la contaminación del cuerpo de agua (Alberto Vasconez E & Wilmer Santiago, 2015).

- Ambas comunidades recurren a esta quebrada al consumo de agua, aseo personal, lavado de ropa usando productos de limpieza, jabones, detergentes, etc. de acuerdo a las encuestas realizadas para este estudio de investigación, sustancia química que influyen en la calidad de agua.

Fotografía N° 5 Contaminación Antrópica (Filtración de los Pasivos, Emanación Natural y Tubería hasta 4,2 km)



Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS

A continuación, se presentan los siguientes resultados obtenidos en la presente investigación, mismos que se explican de acuerdo a los siguientes aspectos:

Las aguas superficiales que son de uso para riego o consumo humano deben encontrarse dentro de lo establecido por la NB 512 calidad de agua potable para consumo humano y reglamento ambiental para el sector de hidrocarburo (RASH), en los siguientes cuadros, muestra los resultados obtenidos de las 4 muestras por parámetro físico-químico. De acuerdo a los objetivos trazados en el trabajo de investigación, se llegó a los siguientes resultados:

Cuadro N° 1 Valores máximos aceptados en el cuerpo de agua para el consumo humano de cada uno de los contaminantes analizados en el presente estudio, según las normas boliviana RASH Y NB 512 calidad de agua potable para consumo humano.

PARAMETRO	UND	L.M RASH	RESULTADO	LM- NB 512	CUMPLE / NO CUMPLE
SP-01					
ANÁLISIS BÁSICO					
Ph	-	6.5- 9	7.8	6.5- 9	Cumple
Sólidos disueltos totales	mg/l	1500	263.0	1000	Cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/l	60	5	-	Cumple
Temperatura	°C	-5	23.6	-	-
Turbidez	NTU	<200	0.38	5	Cumple
CONSTITUYENTES INORGÁNICOS METÁLICOS					
Aluminio	mg/l	1	0.2	0.2	No Cumple
Antimonio total	mg/l	1	0.03	0.005	No Cumple
Arsénico total	mg/l	0.1	0.05	0.05	No Cumple
Bario	mg/l	5	0.15	0.7	No Cumple
Calcio	mg/l	400	150	200	Cumple
Cadmio total	mg/l	0.3	0.02	0.005	No Cumple
Cobre total	mg/l	1	0.034	1	Cumple
Cobalto total	mg/l	0.2	0.001	No corresponde a Nb512	
Cromo total	mg/l	0.05	0.002	0.05	Cumple
Estaño total	mg/l	2	0.0015	-	
Hierro total	mg/l	1	0.001	0.3	Cumple
Manganeso total	mg/l	1	0.43	0.1	No Cumple
Mercurio total	mg/l	0.001	0.0005	0.001	Cumple
Molibdeno total	mg/l	7.3	3.25	-	-
Níquel total	mg/l	0.5	0.1	0.05	No Cumple

Plomo total	mg/l	0.05	0.02	0.01	No Cumple
Sodio	mg/l	200	83	No corresponde en NB 512	
Zinc	mg/l	3	0.06	5	Cumple
CONSTITUYENTES INORGÁNICOS NO METÁLICOS					
Amonio-N	mg/l	4	1.2	0.5	No Cumple
Cianuro libre	mg/l	0.5	0.001	0.07	Cumple
Cloruro	mg/l	300	9.87	250	Cumple
Sulfatos	mg/l	400	61	400	Cumple
Sulfuros	mg/l	0.01	0.005	-	-
Fenoles	mg/l	0.05	0.004	0.002	No Cumple
TPH	mg/l	1	0.005	-	
Benceno	mg/l	0.01	0.0087	0.005	No Cumple
Tolueno	mg/l	1.2	0.017	No corresponde en NB 512	
Etil benceno	mg/l	0.8	0.0012	No corresponde en NB 512	
PHA					
Naftaleno	mg/l	5.9	0.0023	No corresponde a la NB 521 CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO	
Acenaftileno	mg/l	2	0.0004		
Acenafteno	mg/l	1.7	0.0003		
Fluoreno	mg/l	0.29	0.0012		
Fenantreno	mg/l	0.063	0.0042		
Antraceno	mg/l	0.29	0.0042		
Fluoranteno	mg/l	0.13	0.0042		
Pireno	mg/l	0.04	0.0037		
Criseno	mg/l	0.003	0.0004		
Benzo(b) fluoranteno	mg/l	0.007	0.0005		
Benzo(k) fluoranteno	mg/l	0.004	0.0001		
Benzo(a)pireno	mg/l	0.0019	0.0006	0.0002	No Cumple
Dibenzo(ah) antraceno	mg/l	0.00025	0.00008	No corresponde en NB 512	
Benzo(ghi) perileno	mg/l	0.0002	0.00001		
Indeno(123cd) Pireno	mg/l	0.00027	0.000013		
CONSTITUYENTES ORGÁNICOS AGREGADOS					
Aceites y grasas	mg/l	20	15	No corresponde en NB 512	
DBOS	mg/l	80	64		
DQO	mg/l	300	71		

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de contaminación en este acápite que corresponde al **Cuadro N°1** se observa claramente que los **Parámetros Físico –Químico como: Aluminio, Antimonio total, Arsénico total, Bario, Cadmio total, Manganeso total, Níquel total, Plomo total, Amonio, Fenoles, Benceno, Benzo(a)Pireno** se encuentran fuera del límite permisible de acuerdo a la NB 512. calidad de agua potable para consumo humano, en este punto existe la toma de agua por parte de los comunarios del chorro, por lo cual no es apta para el consumo humano.

Cuadro N° 2 Resultados de Análisis Físico -Químico del Agua

PARAMETRO	UND	L.M RASH	RESULTADO	LM- NB 512	CUMPLE / NO CUMPLE
SP-02					
ANÁLISIS BÁSICO					
Ph	-	6- 9	7.6	6.5- 9	Cumple
Sólidos disueltos totales	mg/l	1500	346	1000	Cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/l	60	5	No corresponde a la NB 521 CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO	
Temperatura	°C	-5	11		
Turbidez	NTU	<200	0.54	5	Cumple
CONSTITUYENTES INORGÁNICOS METÁLICOS					
Aluminio	mg/l	1	0.2	0.2	No Cumple
Antimonio total	mg/l	1	0.03	0.005	No Cumple
Arsénico total	mg/l	0.1	0.05	0.05	No Cumple
Bario	mg/l	5	0.15	0.7	No Cumple
Calcio	mg/l	400	150	200	Cumple
Cadmio total	mg/l	0.3	0.02	0.005	No Cumple
Cobre total	mg/l	1	0.034	1	Cumple
Cobalto total	mg/l	0.2	0.001	-	Cumple
Cromo total	mg/l	0.05	0.002	0.05	Cumple
Estaño total	mg/l	2	0.0017	-	
Hierro total	mg/l	1	0.001	0.3	Cumple
Manganeso total	mg/l	1	0.57	0.1	No Cumple
Mercurio total	mg/l	0.001	0.0005	0.001	Cumple
Molibdeno total	mg/l	7.3	3.25	-	Cumple
Níquel total	mg/l	0.5	0.1	0.05	No Cumple
Plomo total	mg/l	0.05	0.02	0.01	No Cumple
Sodio	mg/l	200	98	-	Cumple
Zinc	mg/l	3	0.06	5	Cumple
CONSTITUYENTES INORGÁNICOS NO METÁLICOS					
Amonio-N	mg/l	4	1.2	0.5	No Cumple
Cianuro libre	mg/l	0.5	0.001	0.07	Cumple

Cloruro	mg/l	300	11.5	250	Cumple
Sulfatos	mg/l	400	74	400	Cumple
Sulfuros	mg/l	0.01	0.005	-	-
Fenoles	mg/l	0.05	0.004	0.002	No Cumple
TPH	mg/l	1	0.005	-	Cumple
Benceno	mg/l	0.01	0.007	0.005	No Cumple
Tolueno	mg/l	1.2	0.0017		Cumple
Etil benceno	mg/l	0.8	0.0012		Cumple
PHA					
Naftaleno	mg/l	5.9	0.0023		No corresponde a la NB 521 CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO
Acenaftileno	mg/l	2	0.0004		
Acenafteno	mg/l	1.7	0.0003		
Fluoreno	mg/l	0.29	0.0012		
Fenantreno	mg/l	0.063	0.0042		
Antraceno	mg/l	0.29	0.0012		
Fluoranteno	mg/l	0.13	0.0042		
Pireno	mg/l	0.040	0.0037		
Criseno	mg/l	0.003	0.0004		
Benzo(b) fluoranteno	mg/l	0.007	0.0005		
Benzo(k) fluoranteno	mg/l	0.004	0.0001		
Benzo(a)pireno	mg/l	0.0019	0.0006	0.0002	Cumple
Dibenzo(ah) antraceno	mg/l	0.00025	0.00008		No corresponde a la NB 521 CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO
Benzo(ghi) perileno	mg/l	0.0002	0.00001		
Indeno(123cd) Pireno	mg/l	0.00027	0.000013		
CONSTITUYENTES ORGÁNICOS AGREGADOS					
Aceites y grasas	mg/l	20	15		No corresponde a la NB 521 CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO
DBO5	mg/l	80	68		
DQO	mg/l	300	73		

Fuente: Elaboración Propia

Los valores obtenidos para los diferentes parámetros analizados corresponden al **Cuadro N°2** se observa claramente que los **Parámetros Físico –Químico como: Aluminio, Antimonio total, Arsénico total, Bario, Cadmio total, Manganeso total, Níquel total, Plomo total, Amonio-N, Fenoles, Benceno,** se encuentran fuera de los límites permisibles de acuerdo a la NB 512. calidad de agua potable para consumo humano, en este punto es del **SAN-X3** (productor petrolífero) y el **SAN-X1** (productor gasífero-petrolífero) y la existencia de una construcción para riego.

Cuadro N° 3 Resultados de Análisis Físico - Químico de Agua

PARAMETRO	UND	L.M RASH	RESULTADO	LM- NB 512	CUMPLE / NO CUMPLE
ANÁLISIS BÁSICO					
Ph	-	6,5- 9	7.8	6.5- 9	Cumple
Sólidos disueltos totales	mg/l	1500	247	1000	Cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/l	60	<5	No corresponde a la NB 521 CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO	
Temperatura	°C	-5	8		
Turbidez	NTU	<200	0.4	5	Cumple
CONSTITUYENTES INORGÁNICOS METÁLICOS					
Aluminio	mg/l	1	0.17	0.2	No Cumple
Antimonio total	mg/l	1	0.03	0.005	No Cumple
Arsénico total	mg/l	0.1	0.005	0.05	Cumple
Bario	mg/l	5	1.75	0.7	No Cumple
Calcio, ca++	mg/l	400	49,54	200	Cumple
Cadmio total	mg/l	0.3	0.01	0.005	Cumple
Cobre total	mg/l	1	0.01	1	Cumple
Cobalto total	mg/l	0.2	0.001	-	Cumple
Cromo total	mg/l	0.05	0.01	0.05	Cumple
Estaño total	mg/l	2	0.5	-	Cumple
Hierro total	mg/l	1	0.19	0.3	Cumple
Manganeso total	mg/l	1	0.03	0.1	Cumple
Mercurio total	mg/l	0.001	<0.001	0.001	Cumple
Molibdeno total	mg/l	7.3	<0,02	-	No corresponde a la NB 521 CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO
Níquel total	mg/l	0.5	<0.02	0.05	Cumple
Plomo total	mg/l	0.05	<0.05	0.01	Cumple
Sodio	mg/l	200	40	No corresponde a la NB 521 CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO	
Zinc	mg/l	3	0.05	5	Cumple
CONSTITUYENTES INORGÁNICOS NO METÁLICOS					
Amonio-N	mg/l	4	0.2	0.5	No Cumple
Cianuro libre	mg/l	0.5	<0.002	0.07	Cumple
Cloruro	mg/l	300	10,73	250	Cumple
Sulfatos	mg/l	400	69	400	Cumple
Sulfuros	mg/l	0.01	<0.005	No corresponde a la NB 521 CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO	
CONSTITUYENTES ORGÁNICOS					
Fenoles	mg/l	0.05	0.021	0.002	No Cumple

TPH	mg/l	1	0.038	-	Cumple
CONSTITUYENTES ORGÁNICOS AGREGADOS					
Aceites y grasas	mg/l	20	0,1	No corresponde a la NB 521 CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO	
DBOS	mg/l	80	8		
DQO	mg/l	300	31		

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de contaminación en este acápite que corresponde al **Cuadro N°3 Los Parámetros Físico – Químico como: Aluminio, Antimonio total, Fenoles, Bario**, se encuentran fuera del límite permisible de acuerdo a la NB 512 calidad de agua potable para consumo humano, este punto corresponde a la nacimiento de la Quebrada Tucán, estamos viendo el aporte de contaminante por parte de la serranía del Aguaraagüe hacia la fuente.

Los primeros 3 cuadros fueron realizados el 5 de agosto de 2018 y el último cuadro N° 4 se realizó el 10 de septiembre del mismo año.

Cuadro N° 4 Resultados de Análisis Físico- Químico de Agua

PARAMETRO	UND	L.M RASH	VALOR OBTENIDO	CUMPLE / NO CUMPLE
SP-01				
NITRATOS	mg/l	45	1.8	Cumple
NITRATOS	mg/l	1.0	0.03	Cumple
SULFATOS	mg/l	400	207	Cumple
MANGANESO	mg/l	0.1	1.2	No Cumple
COBRE	mg/l	1	0.24	Cumple
HIERRO TOTAL	mg/l	0.3	0.01	Cumple
TURBIDAD	N.T.U	5	42.4	No Cumple
FLUORUROS	mg/l	0.6 - 0.8	0.58	Cumple
COLOR	Pt-Co	15	13.7	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

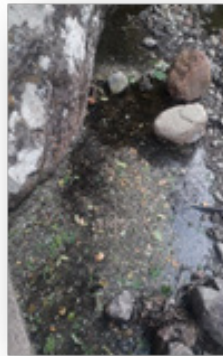
De los 3 puntos crítico se finalizó con la última muestra realizada el 10 de septiembre de 2018 este resultado de laboratorio corresponde al **Cuadro N°4** se observa claramente que los **Parámetros Físico –Químico como: Manganeso, Turbiedad**, se encuentran fuera del límite permisible de acuerdo a la NB 512. calidad de agua potable para consumo humano, es evidente la contaminación que persiste en esta zona punto de muestreo en la toma de agua.

Fotografía N° 6 toma de agua por los comunarios del chorro.

15/08/2018



18/09/2018



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 5 resultados luego de la remediación del 2005

Parámetro	Un	Norma	Fecha de Muestreo	Pozo		Valor obs.
TPH	mg/L	RAS H	29/11/2011	SAN - X31	1	2
				SAN - X3		4
Total hidrocarburo de petróleo, TPH, aceites y grasas	µg/l	EPA 8015	15/03/2012	SAN - 31	1000	< 100
				SAN - X3 aguas abajo		1989
Total hidrocarburo de petróleo, TPH	µg/l	EPA 8015	15/03/2012	SAN - X3 frente al pozo	1000	1750
				SAN - 31		< 100
				SAN - 31		1288,66
				SAN - 31		< 100
			26/11/2012	SAN - 31		120

Fuente: YPFB

Toma de muestras representativas, realizadas Cuando se concluyó la remediación dada por la empresa SE-SIGA BÚHOS, (SAN-X3 Y SAN-X31).

Cuadro N° 6 Medición de Caudal Época de Frio

Punto de muestreo	Velocidad (m/seg)	Área total (m²)	Caudal (m³ (m³/seg))
SP-01	0,249	95,1623	10,82
SP-02	0,08	54,1116	6,0146
SP-03	0,2072	39,156	4,0012

Fuente: Elaboración Propia

Medición de caudal realizado en época de frio la primera semana de agosto de 2018.

Cuadro N° 7 Medición de Caudal Época de Estiaje

Punto de muestreo	Velocidad (m/seg)	Área total (m²)	Caudal (m³/seg)
SP-01	0,249	47,8127	5,95
SP-02	0,08	26,1029	3,0441
SP-03	0,2072	16,082	2,015

Fuente: Elaboración Propia

Medición de caudal realizado en época de estiaje del 10 de septiembre de 2018.

Método aplicado para la medición de caudal, flotador, procedimiento muy sencillo para medir aproximadamente el caudal de agua en quebradas o arroyos muy pequeños. Para ello no necesita emplear ningún equipo especial.

Fotografía N° 8 medición de caudal.



Fuente: Elaboración Propia

El área de estudio constituye una longitud de 6,30 km. Los análisis realizados en las fuentes de agua, representadas en los cuadros anteriores de análisis fisi-

co-químico. “comunidad de Sanandita”, revelaron altas concentraciones de Turbiedad, Aluminio, Antimonio, Arsenio, Bario, Cadmio, Manganeso, Fenoles, Níquel, Plomo, Amonio, Bario, Benceno, Benzo Pireno. No obstante, la normativa boliviana 512 calidad del agua potable para consumo humano. Las concentraciones de BTEX en las muestras analizadas estuvieron por debajo de los límites establecidos en las normativas aplicadas en el estudio (**RASH**) cumple con los límites permisibles de descarga. Hasta el momento existen muy pocos estudios que hayan realizado análisis de compuestos químicos derivados de petróleo en muestras de agua para consumo humano y no se encontró ninguno que haya analizado varios compuestos simultáneamente.

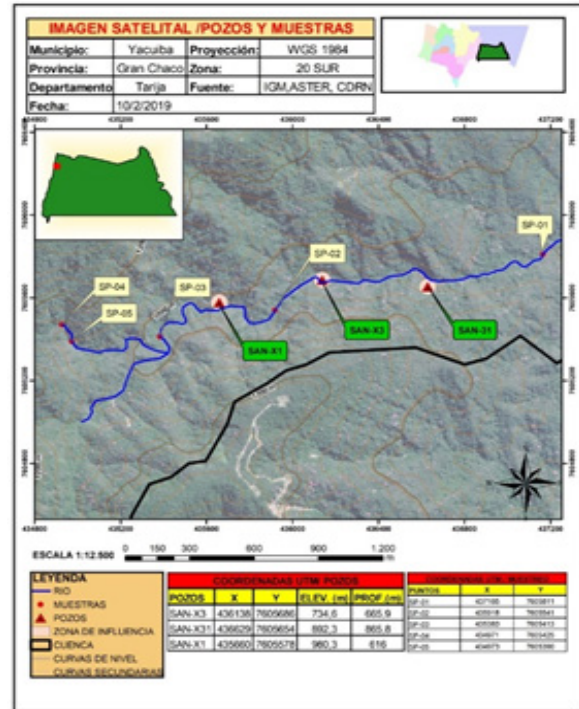
Tal es el caso, de los estudios realizados para la remediación de los pozos SAN- X3 y SAN-X31, Estos pozos fue intervenido el año 2005 por YPFB, con la finalidad de cortar el flujo de petróleo hacia la superficie, un área de 20 X 12 m, y un total de suelo contaminado con petróleo en ese entonces era de 3000 m3 (SAN-X3), Este pozo está localizado a 136 m al Suroeste del anterior, cuya dimensión es de 15m X 7m, suelo contaminado de 16 m3 **Cuadro N°5.**

La principal limitación del presente estudio ha sido la utilización de un muestreo puntual y discreto para analizar la calidad de las fuentes de agua (Sierra Ramirez, 2011), se decidió realizar el muestreo durante la estación fría y seca, cuando se esperan las mayores concentraciones de los diferentes contaminantes, este período se alcanzarían las máximas concentraciones a las que podrían estar expuestos los potenciales consumidores.

Cabe mencionar que si la toma de la muestra ocurre tras la desaparición de los compuestos pueden no detectarse elevaciones de la concentración debidas a vertidos puntuales, así como las exposiciones agudas e intensas asociadas, bien por desplazamiento del vertido aguas abajo o por dilución del compuesto con los nuevos aportes de agua por parte de la Serranía del Aguara-güe. Esta limitación solamente es salvable con redes de control de calidad de las aguas que permitan tomar muestras compuestas y diarias, un escenario deseable pero difícilmente alcanzable en el área de estudio.

Es de anotar que los estudios, analizados en los laboratorio nos ayudan a tomar la mejor radiografía de la situación y evidenciar si los proyectos petroleros que ejercen actividad (Bravo, 2007), cerca de la población de estudio están afectando las fuentes superficiales y generando impactos negativos sobre este ecosistema. Se ha realizado la clasificación de calidad del agua, de acuerdo a la ley del medio ambiente, Reglamento de materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de acuerdo al cuadro N° 1 clasificación de los cuerpos de agua según su aptitud de uso, se ha determinado que la calidad de agua es mínima (Clase D) fotografía N° 5.

Fotografía N° 8 imagen satelital (pozos y muestras)



Fuente: Elaboración Propia

Propuesta de Medidas de mitigación Para reducir los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles que establece la NB 512

Elementos tales como hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), cobre (Cu) y zinc (Zn) son considerados como esenciales para el correcto crecimiento y funcionamiento de plantas, animales y humanos, mientras que elementos como mercurio (Hg), cadmio (Cd), plomo (Pb), y arsénico (As), etc. no son considerados esenciales para ningún organismo.

Existe elevadas concentraciones de algunos de estos elementos en el ambiente que pueden desencadenar una serie de problemas que van desde la degradación y pérdida de la fertilidad de suelos hasta afectar los mantos acuíferos y poner en riesgo la disponibilidad de agua segura para el consumo de los seres humanos.

Existen diferentes tecnologías convencionales para la remoción de metales pesados presentes en el agua, pero estas requieren un alto costo de inversión, operación y mantenimiento, por lo que no son accesibles para todos, es por esto que en los últimos años se está trabajando en el desarrollo de metodologías no convencionales a las cuales se pueda acceder.

Una de las propuestas que resultan más viables desde el punto de vista económico y de eficiencia en la remoción de metales se encuentra el proceso de coagula-

ción-floculación y posterior sedimentación, en el cual se utilizan sustancias coagulantes (adsorbentes) como el hierro y el aluminio para provocar la floculación de los metales pesados y por sedimentación-decantación se separa el líquido (agua) sobrenadante ya libre de metales pesados.

- **Metodologías utilizadas para la remoción de metales pesados**

Los métodos convencionales para remover metales pesados provenientes de efluentes industriales como precipitación, oxidación y reducción química, intercambio iónico, osmosis inversa, separación por membranas, tratamiento electroquímico y evaporación, son frecuentemente inefectivos y costosos cuando son aplicados en efluentes diluidos con concentraciones de metales pesados menores a 100 mg/l. Entre las más utilizadas se encuentran:

- **Intercambio iónico**

El intercambio iónico es un proceso donde un ion es sustituido o intercambiado por otro de la misma carga, este proceso es utilizado para la extracción de disolventes sólidos en el agua hasta para tratar la dureza de la misma, al reemplazar el calcio y el magnesio contenidos en el agua por otro ión, usualmente sodio. Para ese tratamiento el agua debe estar esencialmente libre de turbidez o la resina podría funcionar como un filtro y llegar a taparse.

- **Osmosis Inversa**

Es el proceso por el cual el agua atraviesa una membrana ultra fina, semipermeable. Esta membrana solo es permeable para las moléculas más finas es decir el solvente (agua) es transferido a través de una membrana densa diseñada para retener sales y solutos de bajo peso molecular. Se considera una eliminación prácticamente total de las sales disueltas y total de los sólidos en suspensión, debido a esto este proceso es la elección cuando se necesita agua muy pura o de bebida (Lopez Ramirez , 2004).

Este proceso no almacena los contaminantes, Se llama proceso inverso porque necesita una presión suficiente para forzar al agua pura a pasar a través de la membrana. Este proceso tiene muy buenos resultados porque elimina el 98% a 99% de las partículas sólidas disueltas y el 99% de los micro-organismos.

El problema más crítico a enfrentar en la operación de un sistema de ósmosis inversa es la posibilidad de ensuciamiento, por eso es necesario un pretratamiento previo.

El empleo del osmosis inversa para la regeneración del agua residual ha tenido un gran éxito en los proyectos donde se ha utilizado, consiguiéndose agua de elevada calidad (López-Ramírez et al, 2004).

- **Coagulación - Floculación**

La coagulación/floculación es un proceso químico unitario empleado en el tratamiento de aguas que persigue alterar el estado de los sólidos filtrables y en suspensión para facilitar su separación mediante sedimentación. Una suspensión coloidal es un conjunto de partículas de pequeña dimensión (del orden de mili- y decena de micras) que soportan cargas eléctricas del mismo signo repartidas en su superficie. Estas partículas en suspensión forman parte de las impurezas del agua causantes de turbidez y color (por ejemplo: arenas, arcillas, cienos, partículas orgánicas, otros), y se caracterizan por su gran estabilidad ya que las repulsiones electrostáticas entre los coloides impiden su agregación en partículas mayores sedimentables (SEDEPAL 2000).

La coagulación es una operación consistente en neutralizar las cargas eléctricas de una suspensión coloidal. De esta forma dejan de actuar las fuerzas de repulsión y las partículas coloidales comienzan a agregarse. Los productos químicos que suelen utilizarse para favorecer la coagulación de las partículas coloidales suelen ser sales de hierro y aluminio.

La floculación es una operación basada en la agregación de las partículas coloidales previamente desestabilizadas en la etapa de coagulación, formando partículas de mayor tamaño (flóculos) que permitan su sedimentación. La formación de estos flóculos favorece con la adición de los polielectrolitos que se caracterizan por moléculas orgánicas poliméricas que son ionizables. Estos compuestos forman puentes entre las partículas dando lugar al fenómeno de floculación con partículas de mayor tamaño que resultan sedimentables (Andia Cardenas , 2000).

CONCLUSIÓN

- Como resultado general de las 3 muestras; los resultados obtenidos de acuerdo al reglamento ambiental del sector hidrocarburo (RASH) todos se encuentran dentro del límite permisible, ante la existencia de filtración e emanación aun tienen a aportan contaminación.

EN CUANTO A LA NB 512 (calidad de agua para consumo humano), ciertos parámetros (metales pesados y otros como el benceno, el Benzo Pireno) no se encuentran dentro del límite permisible. Estos elementos son los de mayor interés debido a su alta toxicidad.

- Con los resultados obtenidos se observa que la contaminación se puede dar por escorrentías; las concentraciones superiores a los valores que sobrepasan los límites permisibles, actúan como contaminantes, si su uso fuera para el consumo humano, esta no es apta para consumo humano, debido a que sobrepasan los valores límites establecidos por el RMCH, clasificada como CLASE D y los valores referenciales sugeridos por la NB 512, siendo necesario su tratamiento.
- Cabe señalar que ciertos componentes del petróleo son considerados carcinogénicos (Cáncer) potenciales. Es más, dado que los riesgos asociados con la exposición a concentraciones superiores o incluso inferiores a las encontradas en este trabajo han sido ampliamente documentados en investigaciones, las comunidades estudiadas ya están sufriendo tales efectos en su salud desde un dolor o infección estomacal hasta una alergia superficial en la piel.
- Una de las principales fuentes de contaminación, que inciden en la calidad de agua en la Quebrada Tucán es contaminación antrópica (erosión y partículas orgánicas, procedentes de restos vegetales o excrementos de animales, etc.) y antropogénica debido a las actividades agrícolas y ganaderas, uso de fertilizantes, herbicidas y plaguicidas u otras sustancias químicas, que son aplicados a los campos de cultivo convirtiéndose en portadores de contaminantes, mientras que el ganado genera la producción de purinas (residuos orgánicos).
- En cuanto a la propuesta de medidas de mitigación se ha optado por el tratamiento de osmosis inversa, pero antes se ha seleccionado desbaste como reja y/o rejilla, sedimentación (pre-tratamiento), filtración (tratamiento primario) permite eliminar los sólidos en suspensión (en un 60%, aproximadamente) presentes en las aguas y la materia orgánica (en un 30%, aproximadamente), y la mezcla de lana de acero y arena como materia prima para la eliminación de arsénico del agua (Zapana Quispe, 2016).

Filtros con carbón activado tienden a reducir materia orgánica, olor, color y sabor, además de químicos orgánicos sintéticos, aceites disueltos, benceno, clorofenoles, fenoles, gasolina, detergente, etc. como tratamiento secundario (retiene compuestos volátiles) y para culminar la osmosis inversa.

RECOMENDACIÓN

- Debido a la presencia del BTEX, MTEB en los cuerpos de agua en la Quebrada Tucán es recomendable realizar monitoreo de hidrocarburo en aguas, realizándolo en la misma época con el fin de mantener un estricto control de la calidad del agua en la zona.
- Realizar estudios prospectivos que permitan analizar la evolución de la concentración en el tiempo y, por tanto, detectar las fluctuaciones asociadas a fugas puntuales y variaciones estacionales.
- Es fundamental durante el procedimiento de muestreo, transporte, extracción y análisis de las muestras tomar en cuenta las medidas de seguridad que estipulan cada uno estos parámetros para evitar la pérdida de los compuestos (datos erróneos en el laboratorio). Seguir rigurosamente en los procedimientos de las condiciones de almacenamiento, envase y conservante para las diferentes determinaciones (NTP ISO/IEC 17025), para prevenir la pérdida de las muestras al ser transportadas, deben ser refrigeradas a 4 °C, y la utilización de conservantes para mantener la calidad, compuestos y así evitar el deterioro de dichos componentes.
- Se debe de tomar ciertas precauciones con presentar mayor cantidad de metales pesados como el Sb, As, Cr y Cd, Be, fenoles, y componentes del hidrocarburo, ya que existen cada vez más filtración del SAN-X3 y emanación a 80 m. Son severamente tóxico y dañino para los organismos y para los humanos.
- Las medidas conducentes para lograr un mejoramiento de las condiciones de la calidad del agua en la Quebrada Tucán de la comunidad de Sanandita, deben orientarse hacia la implementación de medidas y/o prácticas de conservación de suelos y aguas en las áreas críticas identificadas, debido al uso inadecuado del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(RMCH). (2014). Reglamento en Materia de Contaminación Hidrica. La paz- Bolivia.

17025), a. (. (s.f.). Procedimiento del Muestreo de Agua Superficial (ISO 17025). Santiago.

2400, R. D. (2015). Reglamento Ambiental para el Sector de Hidrocarburo.

496., N. (2005). Agua Potable- Toma de Muestras. La Paz - Bolivia.

AIC. (2015). Protocolo General de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua para Programas Específicos. Argentina: Cipolleti.

Alberto Vasconez E, L., & Wilmer Santiago, D. D. (2015). Evaluación Ambiental de la Cuenca del Río Gala del Canto ponce Enrique. Ecuador.

Andia Cardenas , I. (2000). Evaluación de Plantas y desarrollo Tecnológico. En Tratamiento de Agua : Coagulación Floculación. SEDAPAL.

Bravo, E. (2007). Los Impactos de la Explotación Petrolera en Ecosistemas Tropicales y la Biodiversidad.

Castro Valera., I. (2007). Monitoreo Frente a Derrame de Hidrocarburo. Informe Final. Quillote.

Centeno Sanchez , D. (2004). Tarija Gas y Petróleo. Tarija.

Gine L, J., Andreucci, D., & Soto S, A. (2013). Estado de la Gestión Socio- Ambiental del Sector Hidrocarburo en Pueblos Indígenas del Chaco y Norte de La Paz. Cochabamba.

Gonzales Alonso, S., Hernandez, J. E., Valcarcel Rivera , Y., Hernandez Barrera , V., & Gil de Miguel, A. (2010). Contaminación del Agua en Fuentes Cercanas a Campo Petrolíferos de Bolivia.

IBNORCA, N. 5. (s.f.). Calidad de Agua Potable Para Consumo Humano.

Lopez Ramirez , E. (2004). Uso de la Osmosis Inversa para la Regeneración de Agua Residuales Urbanas.

Mamani Q, W., Suarez R, N., & Garcia T, C. (2013). Contaminación del Agua e Impacto por Actividad Hidrocarbúrica en Aguaraque. En Investigaciones Regionales Tarija: Tarija.

Quebracho, S. D. (2007). Estudio de Pasivos Ambientales Hidrocarbúricos. Tarija: Quebracho.

Sierra Ramirez, C. A. (2011). Calidad Del Agua;Evaluación y Diagnóstico. Medellín.

Zapana Quispe, R. N. (2016). Estudio de Remoción de Arsénico del Agua del Río Sama- Tacna: tacna- peru.