



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR LAS ACTIVIDADES MINERO METALÚRGICAS EN EL CENTRO MINERO LA RINCONADA

EXAMEN DE SUFICIENCIA DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

Bach. CLEVER AYCACHI CCALAHUILLE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2019



DEDICATORIA

A mis padres Leonidas Nasser Aycachi Damián y Aurora Ccalahuille Ccalahuille por su amor y cariño, por su esfuerzo en concederme la oportunidad de poder estudiar y de haberme forjado con sus consejos para seguir adelante y a mis hermanos Yamel y Pamela por haberme apoyado siempre.

A mi profesora de primaria Jaqueline Gonzales Aliaga por impartir sus conocimientos y consejos en mi niñez para llegar a ser un profesional en la vida.

Con mucho amor y cariño a todos ustedes amigos, familiares, compañeros y docentes, que me apoyaron incondicionalmente en los malos y buenos momentos para cumplir una de mis metas y es una alegría profunda de poder dedicarles porque valió el esfuerzo y sacrificio invertida en este trabajo de investigación.

Clever.



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a mis queridos padres por haberme inculcado valores, por su sacrificio y por haberme apoyado incondicionalmente para poder culminar mis estudios superiores, por ese gran gesto de lucha por sus hijos, porque pusieron el esfuerzo de día a día con el objetivo de vernos a sus hijos siendo grandes personas en la sociedad.

Agradezco a mis docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas quienes impartieron sus valores, conocimientos y experiencias en mi formación académica para ser un exitoso Ingeniero de Minas y que siempre estuvieron dispuestos a absolver mis dudas e inquietudes.

A mi alma máter Universidad Nacional del Altiplano que me acogió en sus prestigiosas aulas durante mi formación académica y profesional, por brindarme conocimiento además de impulsarme a salir adelante.

Clever.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. MATERIALES Y MÉTODOS	12
2.1 Ubicación	12
2.2 Equipos, materiales e insumos.....	13
2.3 Metodología de la investigación	13
2.4 Procedimiento para la toma de muestra y su medición.	13
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
3.1 Análisis de resultados	16
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	19
4.1 Potencial de hidrogeniones (pH).....	19
4.2 Sólidos disueltos totales.....	20
4.3 Conductividad eléctrica	21
4.4 Temperatura	22
V. CONCLUSIONES.....	22
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

Área: Ingeniería de Minas.

Línea: Medio Ambiente.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 20 de noviembre del 2019.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del lugar de estudio.....	12
Figura 2. Toma de muestra con multiparamétrico HANNA 98130.	15
Figura 3. Potencial de hidrógeno.	17
Figura 4. Sólidos disueltos totales.	17
Figura 5. Conductividad eléctrica.....	18
Figura 6. Temperatura.	18
Figura 7. Potencial de hidrógeno (pH).	19
Figura 8. Tendencia de pH.....	19
Figura 9. Sólidos disueltos totales.	20
Figura 10. Conductividad eléctrica.....	21
Figura 11. Tendencia en conductividad eléctrica.	21
Figura 12. Temperatura.	22



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros físicos – glaciar.	16
Tabla 2. Parámetros físicos bocamina lago de oro.	16
Tabla 3. Parámetros físicos riachuelo Cerro Lunar.	16
Tabla 4. Parámetros físicos quebrada Cerro Lunar.....	16



Contaminación del agua por las actividades minero metalúrgicas en el centro minero la Rinconada

Water contamination from metallurgical mining activities in the Rinconada mining center

Bach. Clever Aycachi Ccalahuille

Facultad Ingeniería de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Av. Floral 1153,
Ciudad Universitaria, Puno, Perú

clever24minas@gmail.com; 986524460

RESUMEN

El centro poblado La Rinconada (Puno) se encuentra ubicado a 5200 msnm, la principal actividad que se desarrolla es la pequeña minería que en su mayor porcentaje no cumplen con los estándares de calidad ambiental principalmente del agua, existen plantas metalúrgicas artesanales que emanan relaves y bocaminas con drenaje ácido de roca. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo: determinar la calidad de agua comparando resultados actuales (octubre 2019) con investigaciones anteriores, la evaluación se realizó con cuatro parámetros físicos: pH, sólidos disueltos, conductividad eléctrica y temperatura. Los equipos que se utilizaron son: multiparamétrico portátil HANNA 98130 y GPS, materiales e insumos: vaso, agua destilada, lapicero, guantes y cuaderno de apuntes. Se obtuvo resultados promedios de 4.2 de pH, sólidos totales disueltos 709.mg/l, conductividad eléctrica 1396 us/cm y una temperatura promedio de 12.8 °C. Los cuales se compararon con investigaciones realizadas llegando a la conclusión de que el agua superficial del centro minero La Rinconada siguen siendo contaminadas con un pH promedio 4.26 que esta fuera de los límites máximos permisibles de lo que indica MINAM.

Palabras claves: Drenaje ácido, efectos, glaciario, metales pesados, relaves.



ABSTRACT

The town center the Rinconada (Puno) is located at 5,200 meters above sea level, the main activity that takes place is small mining that in its greater percentage does not comply with environmental quality standards, mainly water, there are artisanal metallurgical plants that emanate tailings and Mine openings with acid rock drainage. The present research work aims to: determine the quality of water by comparing current results (October 2019) with previous research, the evaluation was carried out with four physical parameters: pH, dissolved solids, electrical conductivity and temperature. The equipment used were: HANNA 98130 portable multiparameter and GPS, materials and supplies: glass, distilled water, pencil, gloves and notebook. Average results of 4.2 pH were obtained, total dissolved solids 709.mg / l, electrical conductivity 1396 us / cm and an average temperature of 12.8 ° C. Which were compared with investigations carried out reaching the conclusion that the surface water of the Rinconada mining center continues to be contaminated with an average pH of 4.26 that is outside the maximum permissible limits of what MINAM indicates.

Keywords: Acid drainage, effects, glacier, heavy metals, tailings.



I. INTRODUCCIÓN

El centro minero la Rinconada y Lunar de Oro, están ubicados a más de 5000 msnm. Este lugar es considerado como la ciudad más alta del mundo donde la principal actividad es pequeña minería y a causa de su altitud e informalidad se presentan muchos problemas ambientales y de salud lo que implica hacer un estudio de esta zona de la región de Puno. Desde los años 2009, 2010 con el alza del precio de los metales y principalmente del oro se inició una descontrolada extracción de minerales a causa de ello era necesario instalar plantas metalúrgicas artesanales (molinos, trapiches y quimbaletes), que empezaron a emanar relaves sin ninguna medida de control originándose la contaminación del agua paralelamente se tiene la contaminación por drenaje ácido de roca que emanan las bocaminas ubicadas principalmente en la zona baja (Lago de Oro).

La contaminación del agua es un problema latente, en la actualidad los metales pesados son los principales agentes contaminantes como es el mercurio, las investigaciones realizadas indican: que en La Rinconada el mercurio es utilizado ampliamente para la recuperación del oro, generalmente sin las precauciones necesarias, causando gran efecto contaminante en el agua, suelo, en los propios trabajadores que lo manipulan y en sus propias familias. El uso inadecuado del mercurio en la producción que conduce a altas pérdidas de mercurio que es elemental durante el proceso de amalgamación, como en forma de gas (vapor de Hg) y compuestos inorgánicos durante la separación oro – mercurio, (refogado). (Cuentas & Velarde, 2019).

El pH en el agua superficial de La Rinconada, fueron ácidos entre 3.4 a 3.47 unidades, la temperatura del agua varió de 5.9 a 6.4 °C debido a la altitud, los sólidos disueltos totales fueron de 693.3 a 713.3 mg/l con mayores valores en la zona alta del



efluente, la turbidez fue de 24.3 a 140.3 UNT, el oxígeno disuelto varió de 2.27 a 3.28 mg/l, la conductividad eléctrica de 1366.67 a 14.03.3 ms/cm (Ccancapa, 2015).

Asimismo, se realizaron otras investigaciones con resultados similares; En la tesis “Efectos de los relaves mineros en la calidad del agua del río Ananea – Puno” menciona que; Con los resultados obtenidos en laboratorio se puede afirmar que hay concentración de metales pesados en todos los puntos de medición realizados, obteniendo valores por encima de los ECAs para el agua de consumo humano, riego de plantas y bebida de ganados, los mismos que no son recomendables para su consumo en general. (Pari & Huaquisto, 2017).

El siguiente autor indica que la mayor parte de la población de la mina Rinconada consume agua del deshielo o de las lagunas aledañas con altos niveles de contaminación, (Goyzueta & Trigos, 2009).

De igual modo Palomino & Cerron (2012), indican que se utilizó la información de calidad de agua para hallar índices de riesgo de contaminación, los que resultan de la comparación entre la concentración del elemento y su valor máximo permitido según el estándar de calidad de agua (ECA).

La actividad minera, en el proceso de extracción del oro, implica la generación de gran cantidad de sólidos en suspensión, lo cual conlleva a una elevada turbidez del agua, estando por encima de los límites permisibles, y ocasiona la contaminación del agua, suelo y biodiversidad. (Mina Aycaya, 2017).

El pH resultante es conforme en las (06) muestras que cumplen con los Niveles Máximos permisibles (> a 6 y < que 9); lo que indica la cantidad total de solidos disueltos (TOS), sedimento total suspendido (TSS), redox y conductividad eléctrica, cumplen con



los valores de calidad establecidos en la Ley General del agua, Clase 11. (De La Cruz & Montalvan , 2014).

Huanca & Apaza (2018). Mencionan que la minería de pequeña escala que comprende al artesanal y la pequeña minería que se desarrolla sin las condiciones básicas necesarias, el 100% de los trabajadores no cuentan con agua potable, solo el 8% de operadores de Ollachea tiene servicios higiénicos y el 37% de los servicios no se cubre en La Rinconada. Los impactos en el agua son significativos llegando al 100% en La Rinconada y al 44% en Ollachea; esto se repite en el caso de aire por emisiones de mercurio y en el suelo debido a la ubicación de los desmontes y desorden, estas condiciones dejan expuestos a los trabajadores a contraer cualquier tipo de enfermedad ocupacional. Asimismo, el 55% de La Rinconada y el 44% de Ollachea de los operadores reconocen que no cuentan con un programa de manejo ambiental y los residuos sólidos no tienen una adecuada disposición; por lo que los impactos ambientales en el agua, suelo y aire son evidentes debido a que no se cuenta con los estudios ambientales y la autoridad correspondiente no ejerce una fiscalización.

Los siguientes autores afirman que la minería informal e ilegal no repara en lo más mínimo en el cuidado del ser humano, en la aplicación de normativas de seguridad ocupacional, en el pago de impuestos para sostener una adecuada infraestructura sanitaria, ni en la aplicación de tecnologías óptimas de extracción, mitigación y biorremediación. (Osores -Plenge, Rojas -Jaimes, & Manrique- Lara Estrada, 2012).

Ante el incremento en la rentabilidad del oro en el tiempo productivo de la política monetaria mundial, es necesario impulsar la pequeña minería artesanal más eficiente en términos ambientales, económicos y sociales en el que agregue estos costos ambientales y sociales “externalidades” al precio de venta final de ellos (Espinoza & Padilla, 2018).

El presente estudio se basa en la comparación de parámetros físicos como pH, conductividad, temperatura y presencia de sólidos disueltos, con el objetivo de determinar la calidad de agua que se tiene en la actualidad en base a los estándares de calidad ambiental para el agua, D.S. N° 004-2017-MINAM, y los límites máximos permisibles de efluentes minero metalúrgicos, D.S. N° 010 – 2010 – MINAM.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación

El área de estudio es en centro poblado La Rinconada (5200 msnm) y Cerro Lunar (4800 msnm), que se ubican en el distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina y Región de Puno, específicamente en los lugares: glaciar, bocamina lago de oro, riachuelo Cerro Lunar y quebrada Cerro Lunar.



Figura 1. Localización del lugar de estudio.
Fuente: Gobierno Regional Puno.



2.2 Equipos, materiales e insumos

Muestras

- ✓ Muestra de agua

Equipos

- ✓ Multiparamétrico portátil HANNA 98130 (Facultad de Ingeniería de Minas – laboratorio de ing. ambiental)
- ✓ GPS (Garmin) (Facultad de Ingeniería de Minas – gabinete de topografía)
- ✓ Cámara digital

Materiales

- ✓ Vaso 500 ml
- ✓ Guantes quirúrgicos
- ✓ Lapicero
- ✓ Cuaderno de apuntes

Insumos

- ✓ Agua destilada

2.3 Metodología de la investigación

La metodología de la presente investigación es comparativa, y es un procedimiento sistemático de contrastación de uno o más fenómenos a través del cual se busca establecer similitudes y diferencias entre ellas, ya que se analizará resultados de investigaciones realizadas y comparar con resultados recientes.

2.4 Procedimiento para la toma de muestra y su medición.

- Primeramente, se identifica lugares estratégicos para realizar la medición de los parámetros físicos, en este caso se eligió 4 puntos de medición, con el GPS se realiza la determinación de cada punto de las coordenadas norte y sur también la altitud.
- Seguidamente con los equipos de protección personal debidamente completos se procede a realizar la medición.



- c) Se recoge la muestra de agua en un vaso de 100 ml y se introduce el multiparamétrico hasta que se estabilice los valores que aparecen en la pantalla para su registro.

2.5 Parámetros muestreados

Temperatura (°C)

Es el grado o nivel térmico de un cuerpo o de la atmósfera.

La lectura de la temperatura se realizó en el mismo lugar de medición, con el equipo Multiparamétrico portátil HANNA 98130.

Conductividad eléctrica

Es la medida de la capacidad de un material o sustancia para dejar pasar la corriente eléctrica a través de él. La conductividad depende de la estructura atómica y molecular del material, la conductividad electrolítica en medios líquidos está relacionada con la presencia de sales en disoluciones cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico. Estos conductores iónicos se denominan electrolitos o conductores electrolíticos. La lectura de conductividad se realizó en el mismo lugar de medición, con el equipo multiparamétrico portátil HANNA 98130.

Potencial de hidrogeniones “pH”

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución, el rango varía de 0 a 14, siendo 7 el rango promedio (rango neutral). Un pH menor indica acidez, mientras que un pH mayor a 7, indica que el agua es básica. En realidad, el pH es una medición de la cantidad relativa de iones de hidrógeno e hidróxido en el agua. Si el agua contiene más iones de hidrógeno tiene una mayor acidez, mientras que agua que contiene más iones de hidróxido indica un rango básico. El pH se pudo haber afectado por la sedimentación

atmosférica (o lluvia ácida) provenientes de industrias y transporte, de los vertidos de aguas residuales, los drenajes de las minas y el tipo de rocas que forman el lecho de la masa de agua estudiada. La medición se realizó con el equipo multiparamétrico portátil HANNA 98130.

Sólidos disueltos totales

Los sólidos en suspensión son productos de erosión de los suelos, detritus orgánico, plancton y los sólidos suspendidos, tales como limo, arena y virus, son generalmente responsables de impurezas visibles. La materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición. Todo aquello puede ser identificado con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbidez y claridad, gusto, color y olor del agua. La medición se realizó con el equipo multiparamétrico portátil HANNA 98130.



Figura 2. Toma de muestra con multiparamétrico HANNA 98130.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de resultados

Con los datos obtenidos se procedió a elaborar los resultados y su análisis e interpretación de acuerdo al objetivo de los parámetros físicos y químicos en aguas superficiales.

Tabla 1. Parámetros físicos – glaciar.

Punto de medición N° 01			
pH	8.1		Coordenadas
temperatura (°C)	3.8	X	452304
sólidos disueltos (mg/l)	325	Y	8383803
conductividad (ms/l)	40	Z	5100

Tabla 2. Parámetros físicos bocamina lago de oro.

Punto de medición N° 02			
pH	4.0		Coordenadas
temperatura (°C)	13.7	X	451733
sólidos disueltos (mg/l)	705	Y	8383460
conductividad (ms/l)	1340	Z	4839

Tabla 3. Parámetros físicos riachuelo Cerro Lunar.

Punto de medición N° 03			
pH	4.2		Coordenadas
temperatura (°C)	11.9	X	451632
sólidos disueltos (mg/l)	713	Y	8383773
conductividad (ms/l)	1440	Z	4819

Tabla 4. Parámetros físicos quebrada Cerro Lunar.

Punto de medición N° 04			
pH	4.5		Coordenadas
temperatura (°C)	12.8	X	451191
sólidos disueltos (mg/l)	711	Y	8383057
conductividad (ms/l)	1410	Z	4770

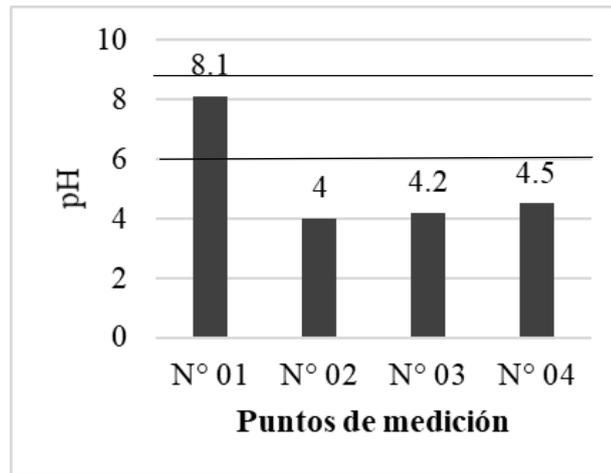


Figura 3. Potencial de hidrógeno.

En la figura 3, se observa el valor más alto en el punto de medición N° 01, debido a que es la zona de glaciario y son fuentes de agua para consumo de la población, donde se observa una mínima contaminación, y se encuentra dentro de los estándares. Sin embargo, los puntos de medición N° 02, 03 y 04 indican valores fuera de los límites máximos permisibles; el valor mínimo es 6 y valor máximo 9 según D.S. 010 – 2010 MINAM.

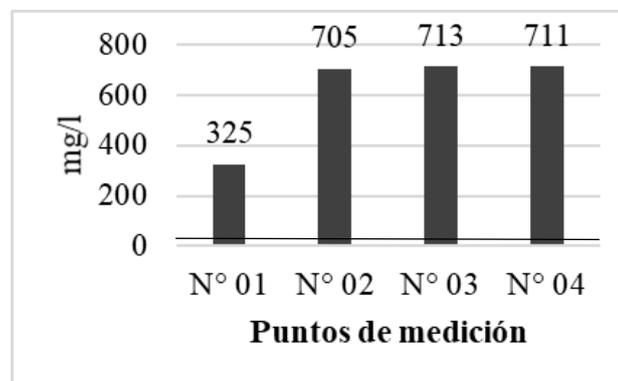


Figura 4. Sólidos disueltos totales.

En la figura 4, se observa que el punto de medición N° 01 presenta un valor inferior, los puntos de medición N° 02, 03 y 04 presentan valores altos. Que están fuera de ECAs, que es 50 mg/l para efluentes Mineros según D.S. 010 – 2010 MINAM.

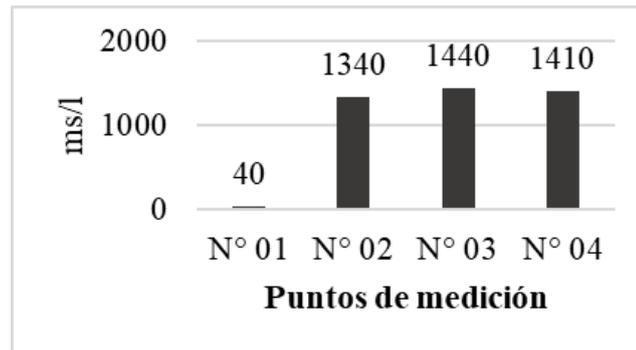


Figura 5. Conductividad eléctrica.

La conductividad va relacionada con la concentración de sólidos totales disueltos, en la figura 5, se tiene valores muy cercanos a los LMP. En los puntos de medición N° 02, N° 03, y N° 04, en el punto de medición N° 01 se tiene un valor mínimo que nos indica que está dentro de los ECA.

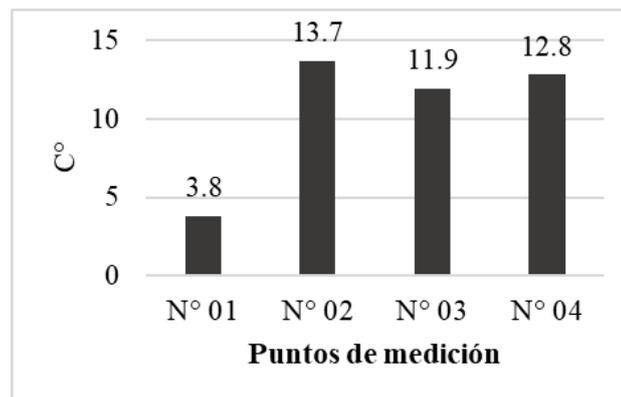


Figura 6. Temperatura.

En la figura 6, la temperatura varía según las estaciones del año y al lugar, el punto de medición N° 01 indica un valor menor debido al glaciar, los puntos N° 02, 03, y 04 tienen valores similares.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Potencial de hidrogeniones (pH)

Se muestran dos figuras de investigaciones distintas con valores promedios obtenidos.

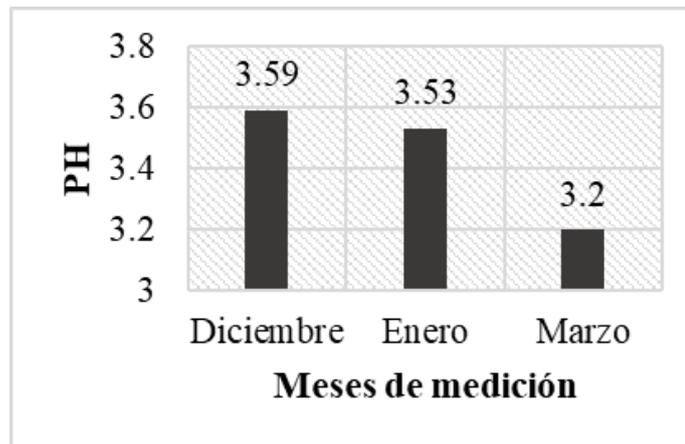


Figura 7. Potencial de hidrógeno (pH).
Fuente: (Ccancapa, 2015).

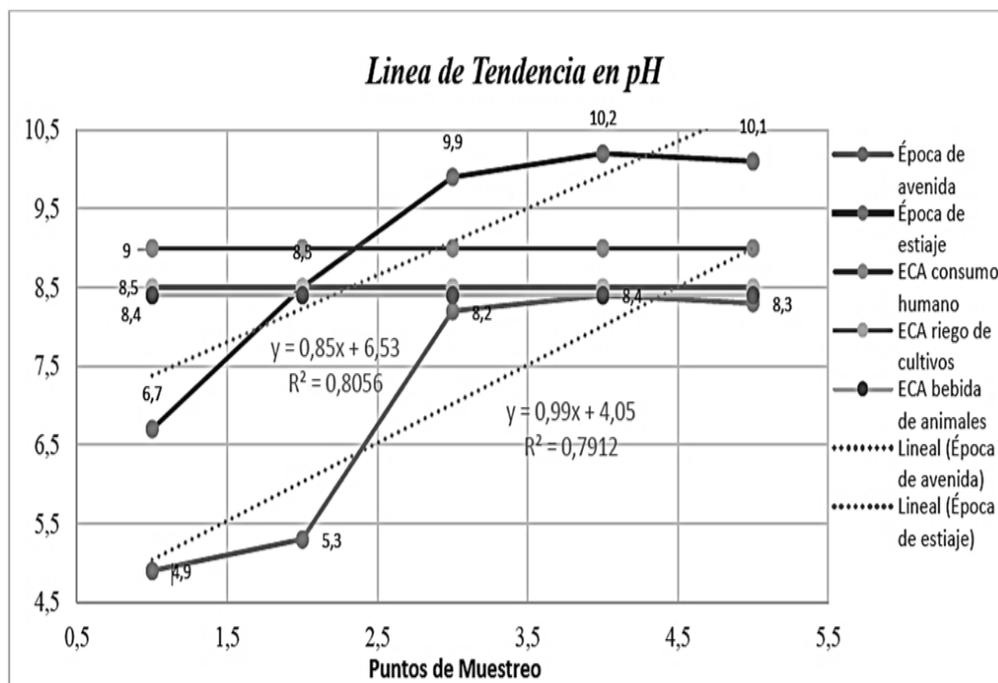


Figura 8. Tendencia de pH.
Fuente: (Pari & Huaquisto, 2017).

En la figura 7, en promedio se tiene un pH promedio 3.44, y en la figura 8, nos basamos en el punto de medición N° 01 donde nos indica un valor de pH 4.9, comparando con nuestros resultados de la figura 3 que tiene en promedio pH 4.2, se resume que los valores son similares. Sin embargo, todos los valores no están dentro ECA, establecidos por el MINAM.

4.2 Sólidos disueltos totales

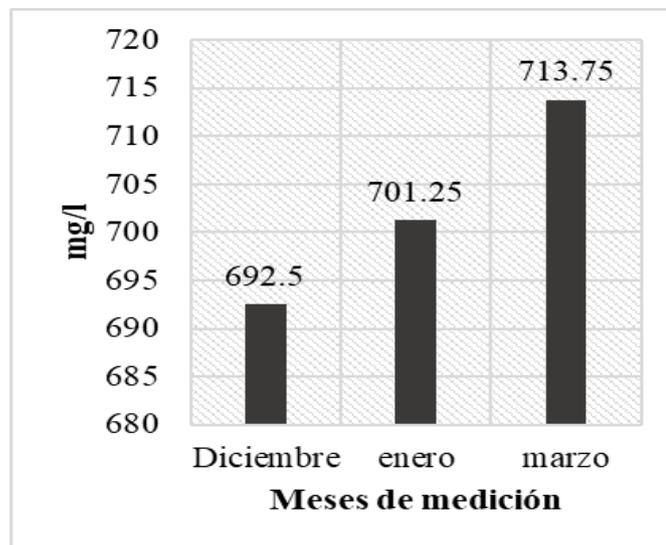


Figura 9. Sólidos disueltos totales.
Fuente: (Ccancapa, 2015).

En la figura 9, se tiene un valor promedio de sólidos disueltos 701.6 mg/l en comparación con el resultado obtenido en la actualidad en la figura 4 se tiene en promedio 709.6 mg/l, los valores exceden los límites máximos permisibles de los ECAs para el agua que es 50 mg/l (MINAM, 2010).

4.3 Conductividad eléctrica

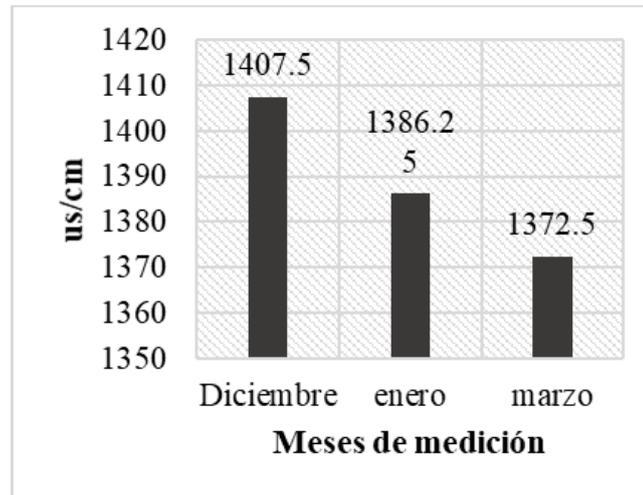


Figura 10. Conductividad eléctrica.
Fuente: (Ccancapa, 2015).

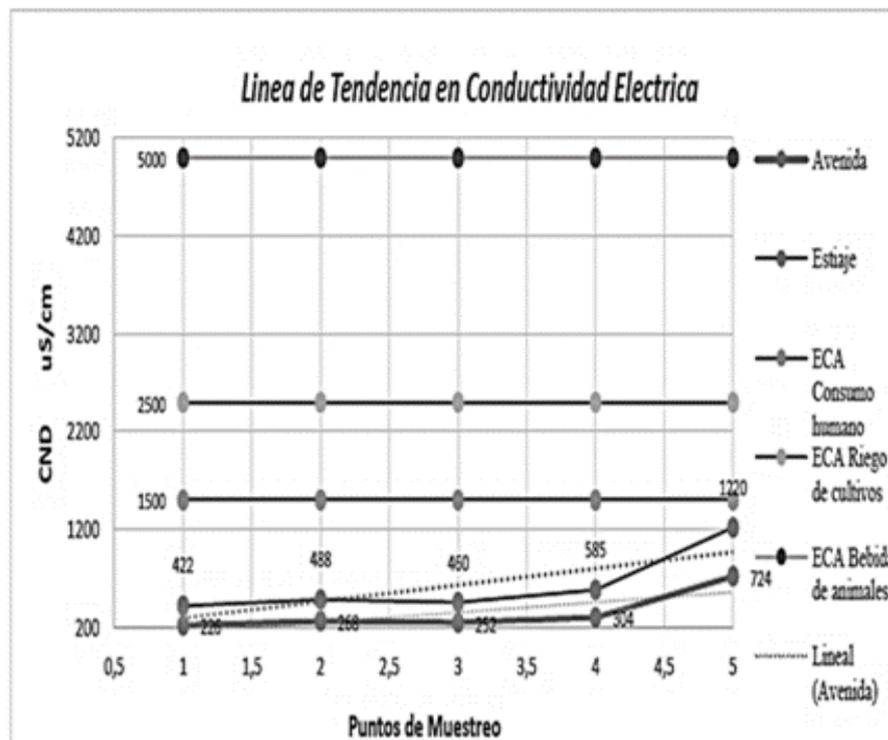


Figura 11. Tendencia en conductividad eléctrica.
Fuente: (Pari & Huaquisto, 2017).

En la figura 10, se tiene en promedio 1388 us/cm y en la figura 11, tenemos un valor máximo de 1220 us/cm, en los datos obtenidos recientemente de la figura 5, se tiene

en promedio 1396 us/cm, y se observa que tenemos valores similares, que están por debajo de ECAs.

4.4 Temperatura

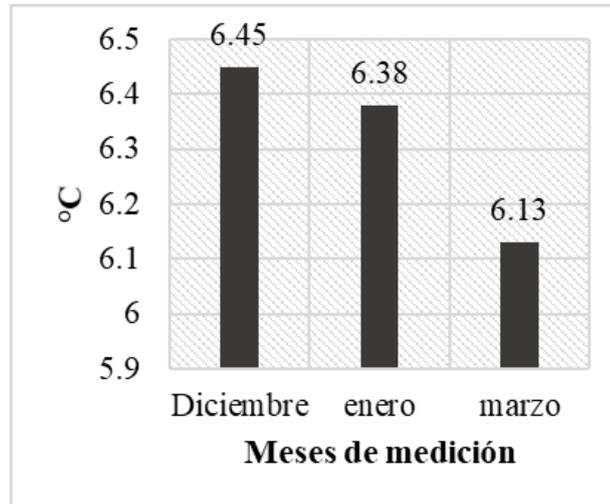


Figura 12. Temperatura.
Fuente: (Ccancapa, 2015).

En la figura 12 se tiene en promedio 6.32 °C de temperatura, en la figura 6, tenemos en promedio 12.8 °C, se observa una diferencia, esto debido a que fueron tomados en distintos momentos (hora, día, estaciones).

V. CONCLUSIONES

El agua superficial del centro minero la Rinconada tienen un pH promedio 4.2 que esta fuera de los límites máximos permisibles según MINAM lo que nos indica que son contaminadas.

El resultado de las investigaciones anteriores y los resultados actuales son casi similares, lo que nos indica que no se adoptó ninguna medida de control para minimizar los impactos.

Las bocaminas ubicadas en la zona lago de oro que emanan drenaje ácido de roca, representan un inminente peligro ambiental y para la salud de los pobladores del centro poblado Cerro Lunar.



El agua de deshielo del glaciar presenta un pH de 8.1, siendo el único punto de medición que está entre los estándares de calidad.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ccancapa Salcedo, Y. R. (2015). *Contaminación del agua superficial y sedimentos por mercurio en la Rinconada, originado por la minería informal (Ananea-Puno)*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Cuentas-Alvarado, M., & Velard -Ochoa, J. (2019). Uso de mercurio en la rinconada -puno. *Facultad de Ingeniería de Minas, Universidad Nacional Del Altiplano, Puno*, 27–34. Retrieved from http://www.scielo.org.bo/pdf/mamym/v4n1/v4n1_a03.pdf
- De La Cruz Orihuela, O., & Montalvan Mendoza, R. (2014). Los drenajes de la mina pampamali s.a. en la contaminación de riachuelo Ccochatay en el Distrito de Secclla - Huancavelica -Universidad Nacional De Huancavelica. Retrieved from <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/598>
- Espinoza-Padilla, D. P. (2018). *Escalas de contaminación por mercurio y su impacto ambiental por la minería, Provincias de Maynas - 2014*. Universidad Nacional Federico Villareal.
- Goyzueta, G., & Trigos, C. (2009). *Riesgos de la salud pública en el centro poblado minero artesanal la Rinconada (5200 msnm) en Puno, Perú*. 26(1), 41–44.
- Huanca-Apaza, P. R. (2018). *Impactos ambientales y sociales en la minería subterránea a pequeña escala en la Rinonada y Ollachea región Puno*. Universidad Nacional Del Altiplano. Retrieved from http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9150/Huanca_Apaza_Percy_Rene.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mina-Aycaya, O. R. (2017). *Propuesta de mitigación de la contaminación por el uso del mercurio de la laguna la Rinconada* Universidad Nacional Jorge Basadre Grohoman-Tacna. Retrieved from http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/2482/1019_2017_mina_aycaya_or_fain_ingenieria_minas.pdf?sequence=1&isAllowed=y



- Osores -Plenge, F., Rojas -Jaimes, J., & Manrique- Lara Estrada, C. (2012). Minería informal e ilegal y contaminación con mercurio en Madre de Dios: un problema de salud pública. *Acta Médica Peruana*, 29(1), 38–42. Retrieved from <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v29n1/a12v29n1.pdf>
- Palomino Ore, S. B., & Cerron palomino, M. A. (2012). *Analisis de riesgo de contaminación de las aguas subterráneas del acuífero Aguascocha*. Universidad Nacional De Ingeniería.
- Pari-Huaquisto, D. C. (2017). Efectos de los relaves mineros en la calidad del agua del Río Ananea – Puno. Universidad Nacional Del Altiplano - Puno. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7074>